

MUSIQUE PRIM
CHANT CHORAL

Les Mille Tours d'Edison

Livret scientifique de la Fondation
La main à la pâte

Commande de l'Académie musicale de Villecroze

<i>Les mille tours d'Edison</i>	Cycles 3 et 4
Le livret scientifique	

S'approprier le livret scientifique

Dans cet ouvrage numérique « clés en main », vous trouverez les activités scientifiques s'appuyant sur l'œuvre musicale *Les mille tours d'Edison*. Tout le contenu de cet ouvrage peut être téléchargé à l'adresse suivante www.fondation-lamap.org/edison

Toutes les séances ont été validées par des scientifiques et testées dans des classes de cycle 3. Le projet a été développé à destination d'élèves de cycle 3 principalement mais de nombreuses propositions sont également pertinentes à mettre en œuvre au cycle 4. La description des séances est suffisamment précise pour permettre à un enseignant même peu familiarisé avec la démarche scientifique de dérouler les activités proposées. Ainsi, il est indiqué la durée approximative de l'activité, le matériel nécessaire, le questionnement initial, les difficultés potentielles, le type de conclusion visé, les éclairages scientifiques et historiques pour compléter ses connaissances... Les éléments de bibliographie et les crédits photographiques sont consignés à la fin de chaque séquence.

Ce livret scientifique est composé de 4 séquences pédagogiques : « Le sorcier de Menlo Park », « Le télégraphe », « Le phonographe » et « L'ampoule ». Elles peuvent être menées indépendamment les unes des autres. Nous encourageons le professeur à faire sa propre progression adaptée à ses élèves et au temps disponible. Pour l'aider à choisir parmi toutes les activités, voici quelques parcours possibles :

Parcours A	Parcours B	Parcours C
Le sorcier de Menlo Park en intégrant l'étape 1 « Les boîtes à sons » de phonographe	Le sorcier de Menlo Park	Le sorcier de Menlo Park en intégrant l'étape 1 « Les boîtes à sons » de phonographe
Le télégraphe	Le phonographe	L'ampoule
L'ampoule : Etape 2 « Récit de l'invention de l'ampoule »	L'ampoule : Etape 1 « Le filament » OU 3 « L'incandescence » OU 4 « Histoire de l'éclairage électrique » OU 5 « Est-ce de la magie ? »	

Résumé des activités

Séquence : Le sorcier de Menlo Park			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Dessine-moi une personne « qui fait des sciences ».	1h10	Recueillir les idées que se font les élèves sur les scientifiques.	Le professeur interroge les élèves sur l'image qu'ils se font des scientifiques et sur la manière dont la science se fait en utilisant un questionnaire.
Analyse des chansons de l'opéra Les mille tours d'Edison	40 min	Confronter les représentations des élèves avec celles des auteurs de l'opéra.	Le professeur demande aux élèves de confronter les images qu'ils se font des scientifiques avec celles contenues dans les chansons de l'opéra <i>Les mille tours d'Edison</i> .
Mais d'où nous viennent tous ces stéréotypes ?	1h15	Développer un œil critique face aux stéréotypes qui nous entourent. Effectuer une recherche documentaire simple et ciblée.	Les élèves confrontent les images de scientifiques d'aujourd'hui et de lieux de science avec leur imaginaire et ce qu'ils entendent ou lisent dans les médias.

Séquence : Le télégraphe			
Etape 1 : Transmettre une information, oui, mais comment ?			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Brainstorming sur les moyens de communication à distance	25 min	Introduire la notion de signal et d'information.	Le professeur demande aux élèves de réfléchir à des solutions techniques permettant de transmettre une information à distance.
Expérimentations sur des dispositifs de communication à distance	35 min	Introduire la notion de signal et d'information.	Le professeur demande aux élèves de réfléchir à des solutions techniques permettant de transmettre une information à distance.
Histoire des télécommunications	1h10	S'approprier la chronologie des inventions permettant de communiquer à distance.	A l'aide d'un jeu de cartes, les élèves retracent l'histoire des télécommunications et la comparent aux idées recueillies lors de l'activité 1. En étudiant une chanson de l'opéra <i>Les mille tours d'Edison</i> , ils découvrent l'importance du télégraphe dans la carrière de Thomas Edison.
Etape 2 : Encoder une information.			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Encoder une information.	1h	S'approprier l'encodage et le décodage d'une information.	Le professeur propose aux élèves d'encoder différentes informations à l'aide de lampes de poche.
Etape 3 : Construire un télégraphe simplifié.			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Construire un télégraphe simplifié.	1h20	S'approprier l'encodage et le décodage d'une information. Comprendre le fonctionnement d'un objet technique.	Les élèves conçoivent et construisent un télégraphe électrique simplifié.
Etape 4 : Consolidation et entraînement			
Consolidation et entraînement	45 min	S'approprier les notions scientifiques travaillées aux étapes précédentes.	Les élèves s'entraînent pour mieux maîtriser l'ensemble des notions travaillées lors des étapes 1, 2 et 3.

Séquence : Le phonographe			
Etape 1 : Les « boîtes à sons »			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Mener l'enquête	1h	Apprendre à mener une démarche scientifique sur un phénomène qui échappe à l'observation directe.	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.
Etape 2 : Qu'est-ce que le son ?			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
« Voir » le son	30 min	Tâtonner pour mieux définir ce qu'est le son.	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.
Produire des sons différents avec une même matière	30 min	Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.	Les élèves expérimentent le « touillettophone » et produisent des sons de hauteurs différentes.
Etape 3 : De quoi dépendent les sons que nous produisons ?			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Hauteur du son et tension de la corde	45 min	Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.	Les élèves expérimentent une « guitare maison » et produisent des sons de hauteurs différentes en modifiant la tension de la corde de l'instrument.
Hauteur du son et matériau de la « corde »	30 min	Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.	Les élèves expérimentent une « guitare maison » et produisent des sons de hauteurs différentes en jouant sur le matériau qui la constitue.
Le timbre	20 à 50 min	Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.	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 de différents instruments.
Etape 4 : Des inventions liées au son			
Le son pour communiquer à distance	45 min	Concevoir un protocole expérimental qui ne fait varier qu'un paramètre à la fois.	Les élèves découvrent les objets techniques liés au son mentionnés dans l'opéra pour enfants. Ils s'intéressent dans un premier temps au téléphone.
Amplifier le son	40 min	Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.	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.
Ecrire et lire le son	1h10	Comprendre le fonctionnement d'un objet technique.	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 n'utilisant qu'une épingle et un gobelet en plastique.
Etape 5 : Histoire de l'invention du phonographe			
A qui doit-on le phonographe ?	1h15 à 1h30	Multiplier les observations pour construire une connaissance (ici, il s'agit « d'observer des preuves historiques »). Faire la différence entre histoire et mémoire.	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.

Séquence : L'ampoule			
Etape 1 : Le filament			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
Les 6000 tests d'Edison	1h	Remobiliser les acquis des séances relatives aux circuits électriques et à la notion de circuit fermé.	Les élèves travaillent sur les chansons 6 et 7 de l'opéra pour enfants Les 1000 tours d'Edison et remobilisent leurs acquis sur les circuits électriques.
Isolant ou conducteur ?	1h20	Mettre en œuvre des observations et des expériences pour caractériser un échantillon de matière.	Les élèves testent la conductivité de différents types de matières et de matériaux.
Etape 2 : Récit de l'invention de « l'ampoule »			
Activité	Durée	Objectifs	Résumé
A qui doit-on « l'ampoule » ?	1h15 à 1h30	Multiplier les observations pour construire une connaissance (ici, il s'agit « d'observer des preuves historiques »). Faire la différence entre l'histoire et la mémoire.	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 de « l'ampoule ». 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.
Etape 3 : L'incandescence			
Comment produire de la lumière ?	1h	Comprendre le fonctionnement d'un objet technique.	Les élèves sont amenés à comparer deux phénomènes que les humains ont exploités pour produire de la lumière : la combustion (brûler une matière) et l'incandescence (monter une matière à haute température pour qu'elle émette sa propre lumière).
Etape 4 : Histoire de l'éclairage public			
Et la lumière fut !	3h	Effectuer une recherche bibliographique. En extraire des informations pertinentes. S'appropriier les informations. Citer ses sources.	Le professeur propose aux élèves d'effectuer une recherche documentaire sur l'histoire de l'éclairage public en reprenant les grandes étapes proposées dans la chanson 7 (Fiche 1A). Les données collectées pertinentes sont présentées sous la forme d'une frise collective qui pourra servir à la scénographie de l'opéra ou d'affiches à présenter aux parents avant ou après le spectacle.
Etape 5 : Est-ce de la magie ?			
Comment expliquer un drôle de phénomène ?	1h15	Multiplier les observations pour construire des connaissances.	Les élèves essaient de trouver des explications rationnelles à un phénomène qui semble surnaturel (des lampes claquent en masse, en même temps et à distance). Puis le professeur leur « fait vivre » une expérience de pensée pour les aider à trancher sur l'explication du phénomène observé.
Durée de vie des ampoules	1h	Effectuer une recherche bibliographique. En extraire des informations pertinentes. S'appropriier les informations. Citer ses sources.	Les élèves recherchent des informations sur les performances énergétiques des différentes technologies de lampes et sur leur durée de vie.

Les mille tours d'Edison	Cycles 3 et 4
Le sorcier de Menlo Park	3 activités
Thématiques traitées : histoire des sciences et des techniques, méthodes scientifiques	
Résumé et objectifs : Dans cette séquence, les élèves sont confrontés aux nombreux stéréotypes qui circulent sur les chercheurs et s'approprient les « étapes » de la démarche scientifique.	
Disciplines engagées : SVT et/ou Physique-Chimie et/ou Technologie	
Auteure : Fatima Rahmoun	
Partenaires : Académie Musicale de Villecroze, Ministère de l'Éducation Nationale, Radio France, Canopé	
Remerciements : Didier Roux, Charlotte Marin, Yassamin Behzadi, Clémence Edou, Nathalie Pasquet, Gabrielle Zimmermann, Mathieu Farina, Elena Pasquinelli, Anne Lejeune, Marie-Lise Roux, Stevens Guyon	

Activité 1 : Dessine-moi une personne « qui fait des sciences » (1h10 min)

Objectif général : Recueillir les idées que se font les élèves sur les scientifiques.

Résumé	
Disciplines	SVT et/ou Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur interroge les élèves sur l'image qu'ils se font des scientifiques et sur la manière dont la science se fait en utilisant un questionnaire.
Durée	1h10 répartie sur 2 séances
Matériel	Pour chaque élève : une photocopie de la Fiche 1
Message à emporter	
Nous avons tous des images qui nous viennent à l'esprit quand nous pensons aux scientifiques.	

Déroulé possible

Phase 1 : Questionnaire sur les scientifiques et la nature de la science (30 min)

Le professeur distribue aux élèves le questionnaire de la Fiche 1 sur lequel ils sont invités à dessiner une personne dont le métier est de faire de la science et à identifier puis proposer des mots qui se rapportent au monde scientifique. Il leur demande de compléter la Fiche 1 individuellement. A la fin du temps imparti, il relève les questionnaires pour pouvoir en prendre connaissance. Les autres phases de l'activité seront mises en œuvre lors de la séance suivante.

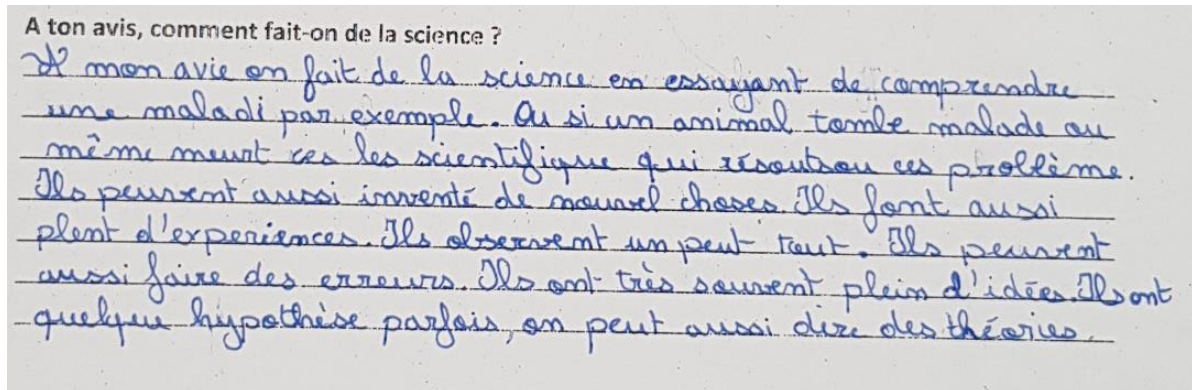


Élève de CM1 – classe de Clémence Edou et Nathalie Pasquet (enseignantes à Paris)

Notes pédagogiques :

- Pour les élèves qui en ont besoin, il est possible de proposer des images d'accessoires ou éléments à entourer ou découper (par exemple, des lunettes de soleil, des lunettes « sérieuses », plusieurs coupes de cheveux, des vêtements particuliers, etc.). Ces propositions peuvent cependant influencer les productions des élèves.
- Si le questionnaire est rempli en fin de journée, les élèves qui souhaitent peaufiner leur dessin peuvent le faire sur leur temps personnel et rapporter leur production finalisée le lendemain.

Phase 2 : Mise en commun des productions (20 min)



Élève de CM1 – classe de Clémence Edou et de Nathalie Pasquet

Variante 1 :

Avant l'arrivée des élèves dans la salle de classe, le professeur a affiché sur les murs de la classe (à différents endroits) les questionnaires remplis. Faire un agrandissement des dessins peut permettre de faciliter la mise en commun. A leur arrivée en classe, l'enseignant propose aux élèves de faire le tour de toutes les productions en portant leur attention sur les points communs et les différences notables entre les dessins.

Variante 2 :

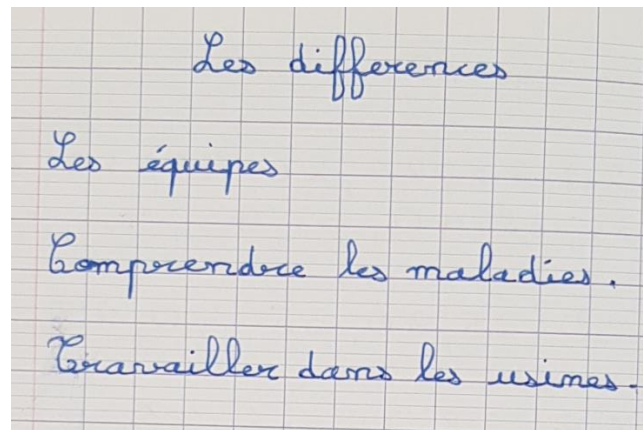
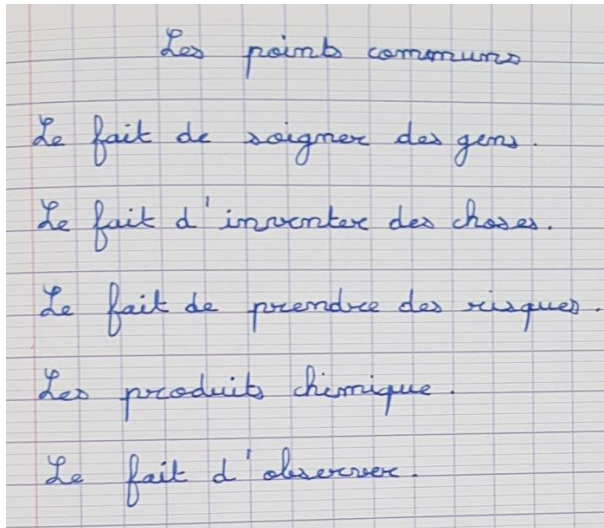
L'enseignant accueille la classe. Il demande aux élèves d'intégrer leur groupe de travail (de trois à quatre élèves) et distribue quatre dessins à chaque groupe (en vérifiant que les dessins distribués n'ont pas été produits par des élèves du groupe). Le professeur donne alors la consigne : « observer les dessins et les comparer ». Si la classe en a besoin, l'enseignant explicite le mot « comparer ». Il s'agit ici de noter les points communs et les différences entre les dessins. Le professeur peut également aider les groupes d'élèves à consigner leur analyse dans un tableau à deux colonnes.



Elèves de CM1 analysant les dessins de leurs camarades – classe de Clémence Edou et Nathalie Pasquet

Note pédagogique :

- D'une classe à l'autre, les représentations diffèrent. Il n'est pas possible de tirer de conclusions sur les dessins recueillis lors des tests en classe de cette séquence. Il est à noter, tout de même, que de plus en plus de femmes sont dessinées par les enfants et que la chimie pleine de danger est régulièrement mentionnée. Les scientifiques imaginés travaillent assez souvent en équipe et ont très souvent le sourire !



Pareil	différents
- 3 sur 4 ont fait un laboratoire	- tous le monde n'a pas de lunettes.
- tous le monde a entouré le mot expérience	- Ne sont pas habiller pareil.

Analyse de deux groupes d'élèves de CM1 – classe de Clémence Edou et de Nathalie Pasquet

Conclusion (20 min)

Un échange avec la classe permet au professeur de lister les caractéristiques des différentes personnes qui font des sciences, représentées par les élèves. Il peut poser les questions suivantes si la classe en a besoin : « les personnes représentées sont-elles toutes des hommes ? », « dans quel lieu se trouvent-elles ? », « ressemblent-elles à des « savants excentriques » (port de lunettes, cheveux ébouriffés, barbe touffue, type de vêtements, comportements en société, accessoires...) ? ». Puis, le professeur peut proposer une conclusion qui peut prendre la forme suivante : « *Nous avons tous des images qui nous viennent à l'esprit quand nous pensons aux scientifiques. Dans notre imaginaire, ils peuvent ressembler à des personnes excentriques comme, par exemple, le Professeur Tournesol dans les albums de Tintin* ».

Note pédagogique :

- Si les élèves qualifient les scientifiques dessinés de « savants fous », le professeur prend le temps d'échanger avec la classe sur cette expression pour éviter qu'elle ne soit utilisée jusqu'à la fin de la séquence. Nous avons choisi de préférer à cette expression caricaturale le terme « excentrique » qu'il faut expliciter, bien évidemment, auprès des élèves.

Activité 2 : Analyse des chansons de l'opéra *Les mille tours d'Edison* (40 min)

Objectif général : Confronter les représentations des élèves avec celles des auteurs de l'opéra.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur demande aux élèves de confronter les images qu'ils se font des scientifiques avec celles contenues dans les chansons de l'opéra <i>Les mille tours d'Edison</i> .
Durée	40 min
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : une photocopie des Fiches 1, 2, 3, 4 et de la Fiche 5 (si le professeur ne souhaite pas la projeter). Pour l'ensemble de la classe : de quoi écouter de la musique, les fichiers musicaux de l'opéra (à télécharger sur le site Musique prim), un vidéoprojecteur et un ordinateur.
Message à emporter	
Les auteurs de l'opéra ont utilisé dans leurs chansons des images de scientifiques qui ressemblent pour beaucoup à celles que nous avons dessinées.	

Déroulé possible

Phase 1 : Ecoute de la chanson *De tous temps* (10 min)

L'enseignant explique aux élèves que le projet de science et d'éducation musicale de l'année va tourner autour du personnage de Thomas Edison. Il leur annonce qu'ils vont écouter la chanson *De tous temps* (Fiche 2) qui ouvre l'opéra *Les mille tours d'Edison*. L'enseignant donne la consigne d'écoute suivante : « est-ce que les personnages que vous avez imaginés ressemblent à ceux décrits dans la chanson ? ». Pour aider les élèves, il projette ou distribue la Fiche 5 qui présente des illustrations des scientifiques mentionnés dans la chanson de l'opéra.

Variante :

- Il est possible de ne pas fournir la Fiche 5 aux élèves et de leur demander de rechercher dans des ouvrages ou sur Internet des illustrations représentant les scientifiques mentionnés dans la chanson.

Phase 2 : Analyse de l'image du scientifique dans les chansons de l'opéra *Les mille tours d'Edison* (20 min)

Après un bref échange avec la classe sur les points communs et les points de divergence entre l'extrait du livret de l'opéra et leurs productions, l'enseignant distribue ou fait distribuer à une partie des élèves les paroles de la chanson *De tous temps* (Fiche 2), puis, à une autre partie de la classe, les paroles de la chanson *Le sorcier de Menlo Park* (Fiche 3). Enfin, au reste des élèves, il distribue les paroles de la chanson *Mille inventions* (Fiche 4). Il leur demande alors de surligner ou de prendre en note les mots qui décrivent les scientifiques dans les chansons. Il propose aux élèves de rechercher la définition des mots qu'ils ne connaissent pas dans le dictionnaire.



Elèves de CM1 analysant les paroles des chansons – classe de Clémence Edou et de Nathalie Pasquet

Conclusion (10 min)

L'enseignant organise une mise en commun rapide en dialoguant avec l'ensemble de la classe. Chacun leur tour, des élèves volontaires prennent la parole et proposent un mot qui décrit les personnes qui font des sciences dans les chansons (leurs traits de caractère, leur métier, leurs outils de travail, leurs inventions...). Dans les chansons, les scientifiques sont présentés avec des expressions très proches de ce qu'ils sont en réalité mais, également, avec des expressions qui correspondent aux stéréotypes qui peuplent notre imaginaire collectif comme par exemple : des « *inventeurs farfelus* », « *des scientifiques barbus* », « *des alchimistes inquiétants* », des « *magiciens* », etc. La classe arrive à une conclusion qui peut prendre la forme suivante : « *Les auteurs de l'opéra ont utilisé dans leurs chansons des images de scientifiques qui ressemblent pour beaucoup à celles que nous avons dessinées.* ».

Note pédagogique :

- Pour ne pas frustrer les élèves qui ont travaillé sur les chansons *Le sorcier de Menlo Park* et *Mille inventions*, il est possible de conclure l'activité en écoutant les enregistrements. Les élèves qui ont les paroles sous les yeux se mettent alors à chanter assez spontanément.

Activité 3 : Mais d'où nous viennent tous ces stéréotypes ? (1h15)

Objectif général : Développer un œil critique face aux stéréotypes qui nous entourent. Effectuer une recherche documentaire simple et ciblée.

Résumé	
Disciplines	SVT et/ou Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves confrontent les images de scientifiques d'aujourd'hui et de lieux de science avec leur imaginaire et ce qu'ils entendent ou lisent dans les médias.
Durée	1h + 15 min d'entraînement
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : une photocopie des Fiches 6 et 7 (si l'enseignant ne souhaite pas les projeter), une photocopie de la Fiche 8 et une de la Fiche 9 (pour l'exercice d'entraînement). Pour l'ensemble de la classe : des ordinateurs avec un accès à Internet, un vidéoprojecteur relié à un ordinateur, de quoi écouter de la musique et les fichiers musicaux de l'opéra (à télécharger sur le site Musique prim).
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La télévision, les films, les dessins animés, les publicités, etc. influencent notre imaginaire et les images que nous retenons sont des simplifications ou des caricatures de la réalité. Or, tout le monde peut faire de la science (filles comme garçons). 2. Les scientifiques ne se reconnaissent pas à la manière dont ils s'habillent mais à la démarche qu'ils utilisent. 	

Déroulé possible

Phase 1 : Mais d'où nous viennent toutes ces images ? (10 min)

Le professeur projette les Fiches 6 et 7 (ou en distribue des photocopies). Ces fiches présentent quelques scientifiques d'aujourd'hui et quelques lieux de science d'hier et d'aujourd'hui. L'enseignant demande aux élèves d'observer les photographies. Un échange bref avec la classe permet de conclure que les scientifiques ressemblent à « Monsieur et Madame Tout-le-monde » et non systématiquement à des savants excentriques.

Note pédagogique :

- Concernant la place respective des hommes et des femmes dans le monde scientifique, il peut être intéressant de faire remarquer qu'une seule femme (Marie Curie) est citée dans la chanson *De tous temps* et qu'il y a plus d'hommes que de femmes présents dans les Fiches 6 et 7. Il est possible de montrer aux élèves que, tout au long de l'histoire, certaines femmes ont été moins célèbres que certains hommes alors que leur travail a été indispensable aux découvertes des hommes célèbres et à l'avancée de la science. Pour travailler sur cette problématique, consulter les ressources qui se trouvent à l'adresse suivante : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/36839/males-et-femelles-qui-dit-la-science>.

Il est important, tout de même, de traiter ce sujet avec beaucoup de précautions. Si de nombreuses femmes ont été dessinées par les élèves lors de l'activité 1, mettre trop l'accent sur la place respective des hommes et des femmes pourrait s'avérer contre-productif !

Le professeur pose alors la question : « Mais d'où peuvent venir ces images que nous avons en tête quand on nous parle de scientifiques ? ». Certains élèves expliquent que l'image du scientifique farfêlé vient des images que nous pouvons trouver sur Internet ou des personnages scientifiques présents dans les BD, les dessins animés ou les films. D'autres élèves pensent que les scientifiques mentionnés dans la chanson *De*

tous temps ont l'air de savants excentriques à cause de leur coupe de cheveux ou de leur barbe (notamment De Vinci, Newton, Galilée, Pythagore). Ils émettent l'hypothèse que c'est à cause des modes vestimentaires et capillaires des époques auxquelles ils vivaient qu'ils sont un peu étranges à nos yeux. Edison est vu par les élèves, soit comme un jeune homme élégant, soit comme un être inquiétant (à cause de son regard sur la photographie de la Fiche 5). Enfin, les élèves précisent que certains scientifiques cultivent eux-mêmes cette image. Il peut être intéressant d'aller rechercher la photographie d'Albert Einstein tirant la langue, les cheveux en bataille (ou d'autres photographies de ce type) pour illustrer cette piste si les élèves ne la mentionnent pas.

Phase 2 : Recherche d'images de scientifiques (15 min)

Le professeur propose alors aux élèves de vérifier leurs hypothèses en allant travailler en salle informatique. Les élèves sont invités à rechercher les images de scientifiques que l'on trouve sur Internet et les images de scientifiques dans des films, BD ou dessins animés qu'ils connaissent.

Note pédagogique :

- Il est très important d'aider les élèves à bien distinguer réalité et imaginaire. Certains élèves proposent des œuvres fantastiques ou de *Fantasy* lors de la recherche sur Internet. Il est important alors de prendre le temps de différencier magie et science. L'activité « Dinosaur et dragon » du projet *Esprit scientifique, esprit critique* permet d'apprendre à distinguer ce qui relève d'éléments réels et fictifs. Il est possible de la consulter à cette adresse : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/62527/dinosaure-et-dragon>

En plus de rechercher des publicités qui vantent, par exemple, les bienfaits d'un matelas, à grand renfort de scientifiques ennuyeux ou des crèmes à l'ADN végétal, les élèves peuvent faire des recherches ciblées sur les scientifiques présents dans des films ou des séries comme *The big bang theory*, *Le jour d'après*, *Avatar*, *Metropolis*, *Retour vers le futur*, *Les experts*, *Pacific Rim*, *Chérie, j'ai rétréci les gosses...* Ils peuvent également s'intéresser aux albums de Tintin, aux films de supers héros en tout genre et aux dessins animés comme *Minus et Cortex*, *Avril et le monde truqué* ou *les Shadoks*.

Notes pédagogiques :

- Si c'est la première fois que les élèves effectuent une recherche documentaire, un échange préliminaire entre le professeur et la classe permet d'expliquer ce qu'est un mot-clé. Ainsi, les élèves sont sensibilisés au fait que taper une phrase entière dans un moteur de recherche est peu efficace.



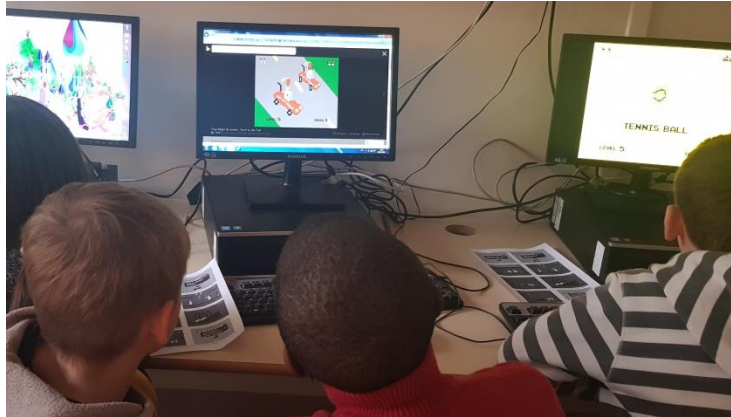
Des élèves de CM1 prenant connaissance des résultats de la recherche utilisant le mot-clé « scientifique » - classe de Clémence Edou et Nathalie Pasquet

Un échange entre le professeur et la classe permet d'enrichir la conclusion précédente : « *La télévision, les films, les dessins animés, les publicités... influencent notre imaginaire et les images que nous retenons sont*

des simplifications ou des caricatures de la réalité. Or, tout le monde peut faire de la science (filles comme garçons). »

Phase 3 : Put it to the test ! (20 min)

L'enseignant propose ensuite aux élèves de travailler sur le clip de la chanson « Put it to the test » du groupe *They Might Be Giants* que l'on peut retrouver à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=9kf51FpBuXQ> . Les élèves regardent le clip une première fois. Puis, le professeur leur demande d'extraire du clip les différentes étapes de la démarche scientifique. Il leur distribue la Fiche 8 où figurent les paroles de la chanson et leur traduction.



Des élèves de CM1 analysant le clip - classe de Clémence Edou et Nathalie Pasquet

Notes pédagogiques :

- Le clip plait énormément aux élèves. Il leur faut quelques minutes pour l'admirer avant de se concentrer sur la consigne du professeur.
- Pour aider les élèves à bien comprendre la consigne, le professeur peut choisir de trouver la première étape de la démarche scientifique en dialoguant avec la classe.

Variante :

- A la place de la diffusion du clip, le professeur peut mettre en œuvre l'étape 1 de la séquence « phonographe » au cours de laquelle les élèves sont amenés à déterminer le contenu de « boîtes à sons » sans pouvoir les ouvrir.

Conclusion (15 min)

Le professeur explique que l'objectif des scientifiques est de mieux comprendre le monde qui nous entoure. Le sorcier a le même objectif. Pour y répondre, les scientifiques, eux, s'appuient sur une méthode de travail. Cette méthode a été affinée au cours de l'histoire car elle fournissait les meilleures garanties pour obtenir la compréhension la plus juste possible de notre monde. Cette démarche consiste à ne pas considérer comme vraie n'importe quelle intuition (comme l'existence de fantômes) ou n'importe quelle « image » mais à émettre des hypothèses et à les confronter à la réalité pour évaluer leur validité. Seules les hypothèses qui passent les tests participent à construire la connaissance scientifique.

Une conclusion est ensuite notée dans le cahier des élèves. Elle peut prendre la forme suivante : « *Les scientifiques ne se reconnaissent pas à la manière dont ils s'habillent mais à la démarche qu'ils utilisent. En effet, ils se posent des questions sur le monde qui les entoure, émettent des hypothèses pour y répondre et*

testent ces hypothèses. Ils n'oublient pas de mettre en œuvre une expérience témoin dans leurs protocoles expérimentaux (comme le font les personnages du clip). Enfin, ils observent les résultats de leurs tests et répondent à la question scientifique qu'ils se sont posée. On les appelle aussi des « chercheurs ».

Entraînement (15 min)

Pour réinvestir ce qui a été vu concernant les méthodes utilisées par les scientifiques, l'enseignant fait écouter et/ou lire la chanson *Chaque fois* (Fiche 9). Le professeur demande alors aux élèves de relever ce que faisait Thomas Edison « comme un scientifique », durant son enfance. Il organise une mise en commun rapide afin de consolider les acquis des élèves.

Prolongements possibles :

- Le professeur peut faire intervenir un scientifique en classe au cours de l'année. Pour lutter contre les stéréotypes sur la science et les scientifiques, rencontrer des professionnels (et/ou collaborer avec eux dans le cadre d'un projet de classe) est des plus efficace !
- Il peut être intéressant de prolonger le travail de la phase 2 en produisant une exposition. Les affiches pourront présenter les places respectives des hommes et des femmes dans le monde des sciences, véhiculées par la télévision et/ou le cinéma mais également les traits spécifiques des scientifiques (port de lunettes, cheveux ébouriffés, barbe, type de vêtements, comportements en société, accessoires...), les différents métiers représentés, la place des scientifiques non européens et leur discipline de référence, etc.

Eclairage scientifique

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

Pour une biographie de Thomas Edison, voir l'éclairage historique et scientifique de la séquence « Télégraphe ».

Thomas Edison, découvreur, inventeur, innovateur ?

Les découvertes font partie de la sphère de la recherche fondamentale. Les inventions font plutôt partie de la sphère de la recherche appliquée. Les innovations sont des « inventions qui ont trouvé leur marché ». Thomas Edison était un inventeur-innovateur, ce que les paroles des chansons de l'opéra traduisent très bien. Il a également découvert quelques phénomènes (notamment l'effet Edison ou effet thermoionique que d'autres utiliseront pour développer la lampe à vide). La recherche l'intéressait moins. Comme il avait conscience de son importance, il s'est entouré d'une équipe de chercheurs. Il comptait également dans son équipe des ingénieurs, des techniciens et des artisans afin de mener à bien tous les projets qu'il avait en tête.

A l'époque d'Edison, l'électricité fascinait mais faisait également peur. Alors, forcément, ceux qui travaillaient à mieux la maîtriser étaient des bêtes curieuses, des sorciers... De nos jours, les images utilisées pour décrire les scientifiques dans les chansons de l'opéra continuent d'irriguer notre imaginaire.

Les sciences ont toutes quelque chose de commun

De par leur origine commune, les disciplines scientifiques fonctionnent toutes sur les mêmes principes. Même si chaque discipline possède son vocabulaire, ses outils et ses concepts, toutes reposent sur les mêmes objectifs et tentent de comprendre le fonctionnement du monde qui nous entoure. Le biologiste, devant sa cellule, et le physicien, devant sa particule, adoptent la même démarche et une méthodologie fondamentalement similaire pour percer les mystères des systèmes qu'ils étudient.

La pratique des sciences consiste à mettre en œuvre de façon volontaire nos capacités de raisonnement et à rechercher de manière méthodique des faits à l'appui de ce raisonnement (les faits peuvent être soit des observations, soit des résultats d'expériences, soit les deux). La rigueur de la démarche scientifique et la vérification des conclusions de multiples fois demandent du temps. La patience nécessaire pour mener des observations et parvenir jusqu'aux conclusions en est donc une composante fondamentale. L'exercice volontaire du raisonnement scientifique représente un réel travail qui, guidé par le recours à des méthodes standardisées et des instruments adaptés et précis, en s'appuyant sur les seuls faits expérimentaux, permet aux sciences de dépasser les limites de notre raisonnement quotidien. L'aller-retour entre l'observation des faits expérimentaux et la modélisation théorique permet, dans de nombreux domaines, d'approfondir la connaissance.

Les scientifiques rendent publics leurs résultats. La validation de ces résultats est réalisée par des pairs, en les soumettant, dans un premier temps, à l'analyse d'autres scientifiques. Dans un second temps, de nombreux autres scientifiques tentent de répéter leurs résultats originaux. La validation finale est obtenue lorsque la très grande majorité de la communauté scientifique s'est mise d'accord sur les conclusions. On peut alors parler de consensus scientifique.

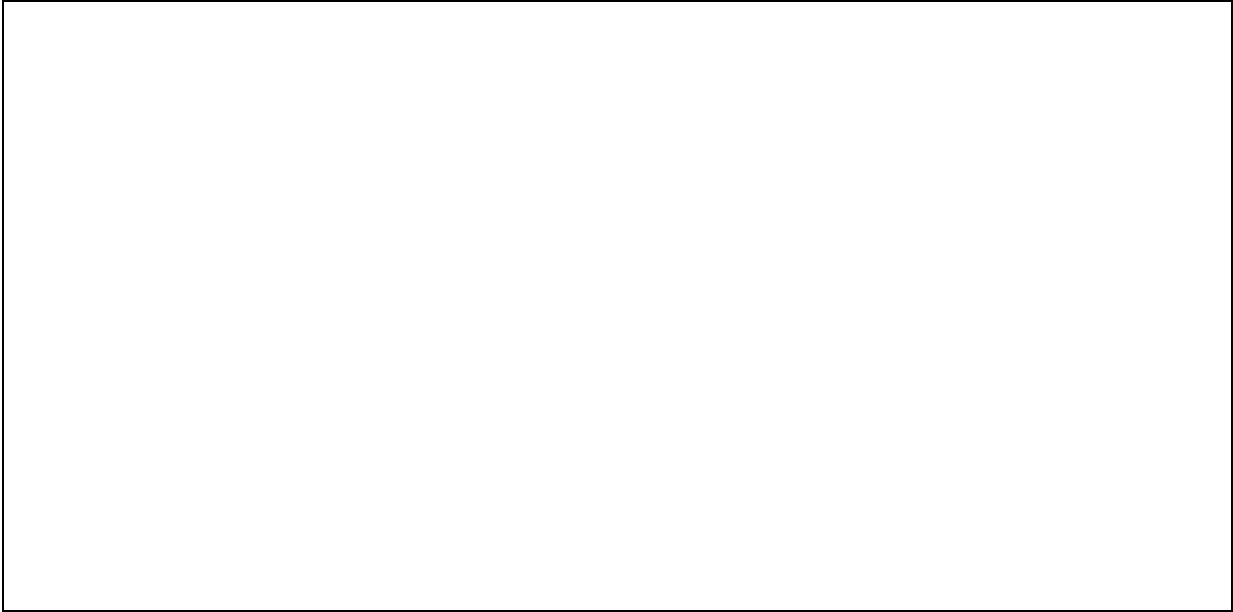
C'est la méthode scientifique, démarche commune à toutes les disciplines scientifiques, qui caractérise en premier lieu ce qu'est la science.

Références :

- *Esprit scientifique, esprit critique*, tomes 1 et 2, Le Pommier, 2017-2018
<https://www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique>
<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/27775/questionnaire-queles-sont-les-idees-des-eleves-au-sujet-de-la-science>
- *Dessine-moi un scientifique*, Marie Odile Lafosse-Marin et Michel Laguës, Editions Belin, 2007
- *Savoirs, opinions, croyances, une réponse laïque et didactique aux contestations de la science en classe*, Guillaume Lecointre, 2018
- Leçon de Didier Roux au Collège de France « *Découverte fondamentale, invention technologique, innovation : un voyage scientifique* - Conclusions : découvreurs, Inventeurs, innovateurs », mai 2017
<https://www.college-de-france.fr/site/didier-roux/course-2017-05-19-10h00.htm>
- *Inventeurs et inventions*, les yeux de la découverte, Editions Gallimard, 2005

Fiche 1 : « Qu'est-ce que la science ? »

Dessine une / des personne(s) dont le métier est de faire de la science :



A ton avis, comment fait-on de la science ?

Entoure les mots qui – pour toi – sont associés au mot « science » :

progrès	expérience	joie	danger	hypothèse
modèle	essai	erreur	chemin	jeux
causes	effets	écrit	idée	croyance
observation	actualité	télévision	internet	peur
équipe	opinion	ennui	débat	théorie

Si tu souhaites ajouter des mots à cette liste, écris-les ici :

Fiche 2 : Chanson 1 : DE TOUS TEMPS

LE/LA CHEF(-FE) : Bonjour à tous. Installez-vous. Avez-vous révisé comme je vous l'avais demandé les biographies des grands hommes et femmes qui ont fait la science ?

(Pas ou peu de réaction des choristes)

LE/LA CHEF(-FE) : Je vous rappelle que vous deviez réviser Léonard de Vinci, Newton, Marie Curie, Archimède, Pythagore, Copernic, Galilée, Einstein et Edison.

L'avez-vous fait ?

(Le chœur opine)

LE/LA CHEF(-FE) : Voyons ça... (il/elle tire au hasard) Edison ! Que pouvez-vous me dire sur Edison. Allez-y, je vous écoute. Et pensez bien que ce sera noté. Ça comptera dans la moyenne de l'année !

De tous temps il y a eu
Des inventeurs farfelus
Il y a eu de tous temps
Des chercheurs et des savants

Bien souvent on a vu
Des scientifiques barbus
Des alchimistes inquiétants
Des magiciens de talent

Leurs dons remarquables / Leurs rêves incroyables
Leurs calculs et réflexions / Ont changé notre horizon

Leonard de Vinci
Newton et Marie Curie,
Archimède, Pythagore,
Tous ces noms résonnent encore.

Copernic, Galilée,
Einstein... (Comment l'oublier ?)
Mais dans l'histoire des inventions
Il y a un autre nom...

Oui, Thomas Edison / C'est le microphone
Et c'est l'ampoule électrique / Mille inventions fantastiques !
C'est ahurissant ! C'est époustouflant !
Edison est éblouissant !

Mille huit cent quarante sept
C'est la conquête de l'Ouest
Les cow-boys, la ruée vers l'or
L'Amérique en plein essor

Il naquit cette année-là
La vie lui tendait les bras
Il fallait tout inventer
Dans ce pays nouveau-né

Ses dons remarquables / Ses rêves incroyables
Ses calculs et réflexions / Ont changé notre horizon

Oui, Thomas Edison / C'est le microphone
Et c'est l'ampoule électrique / Mille inventions fantastiques !
C'est ahurissant ! C'est époustouflant !
Edison est éblouissant !

Fiche 3 : Chanson 5 : LE SORCIER DE MENLO PARK

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

Edison s'installe dans son laboratoire, Menlo Park, avec une équipe de fidèles chercheurs. Ils font des tas de découvertes et travaillent sans relâche. Au début, les gens du coin se demandent qui sont ces bricoleurs un peu fous, qui ne ressemblent pas du tout à l'image du vieux savant...

**C'est le Sorcier de Menlo Park
Son grand manitou, son monarque
Il ne dort jamais, est-ce un vampire
A son propos qu'a-t-on pu dire ?
Est-ce un charlatan, un devin ?
Un magicien, comme Merlin ?
Il y a de quoi avoir peur :
Un guérisseur, un envoûteur ?**

Toute la journée
Il travaille, il travaille
Toujours obsédé
De trouvailles, de trouvailles !

Il faut avancer
Vaille que vaille
Et ne pas lâcher
L'gouvernail

S'il n'a pas d'idée
Aïe aïe aïe, aïe aïe aïe
C'est ses employés
Qu'il chamaille, qu'il chamaille !

Si vents et marées
Le tenaillent
Jamais non jamais
Il n'défaille !

**C'est le Sorcier de Menlo Park
Son grand manitou, son monarque
Avec sa bande d'ouvriers
Mécaniciens et horlogers**

**Chimistes et électriciens
Chercheurs et mathématiciens
Il y a de quoi se demander
Que font ces gens tous assemblés ?**

Toute la journée
Ils bataillent, ils bataillent
Sans se décerner
De médaille, de médaille !

Et toute l'année
Ça mitraille
De nouvelles idées
En pagaille

Faut pas se tromper
Aïe aïe aïe, aïe aïe aïe
Une faute oubliée
Ça déraïlle, ça déraïlle !

Et l'on peut rater
Un détail
Et se retrouver
Sur la paille !

**C'est le Sorcier de Menlo Park
Son grand manitou, son monarque
C'est une sorte de forcené
La tête toujours pleine d'idées
Le carnet rempli de dessins
Qui feront le monde de demain
Il y a tant et tant d'histoires
Qui courent sur ce laboratoire !**

Fiche 4 : Chanson 8 : MILLE INVENTIONS

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

Edison a travaillé sans relâche jusqu'à la fin. A sa mort, il était si célèbre qu'on fit éteindre pendant une minute les lumières aux Etats-Unis pour rendre hommage à cet homme... qui avait déposé au cours de sa vie pas moins de mille brevets.

Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion
Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion

Edison comprit assez tôt
Que pour toucher le gros lot
Ses inventions concrètement
Devaient servir, servir aux gens

C'était un drôle de chercheur
Pas un simple scientifique
Plutôt une sorte d'inventeur
Doté d'un vrai sens pratique

Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion
Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion
Ainsi fut la vie de cet homme
Ainsi fut la vie d'Edison

Le relais à pression
L'rhéostat à charbon
Et puis le mégaphone
Ou bien l'aérophone

Sans compter l'phonomètre
Le microtasimètre
Et puis le dictaphone
Tout ça c'est Edison.

La batt'rie fer-nickel,
Le télégraphe sans fil
Et la plume électrique
La liste est fantastique...

Même le cinéma,
La première caméra
Le trente-cinq millimètre :
Une invention de maître !

Avec le télégraphe
Avec le phonographe
Avec le microphone
Avec le téléphone

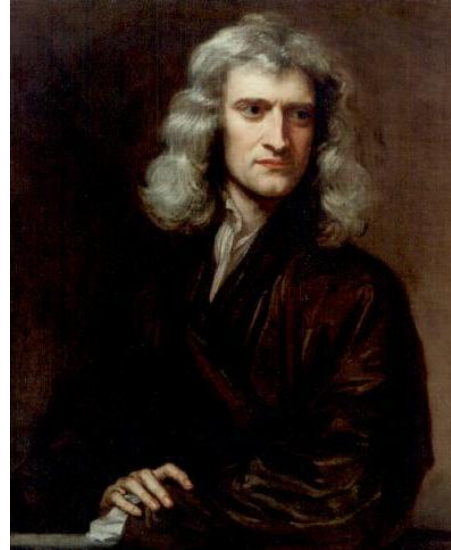
L'éclairage électrique
Invention historique
Quelles répercussions
Eurent ses inventions

Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion
Mille, mille, mille brevets
Dix mille idées, cent mille essais
Il ne s'arrêta jamais !
Des inventions à profusion
Ainsi fut la vie de cet homme
Ainsi fut la vie d'Edison

Fiche 5 : Les scientifiques mentionnés dans la chanson *De tous temps*



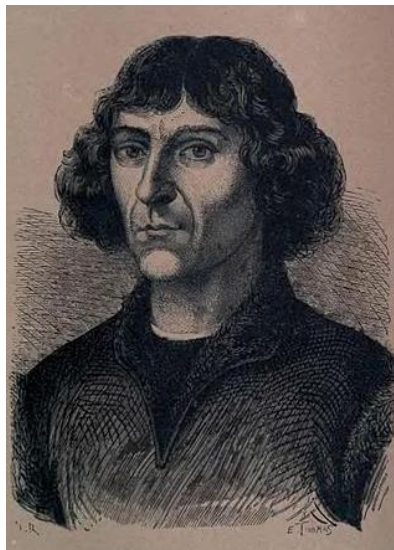
Léonard De Vinci



Sir Isaac Newton



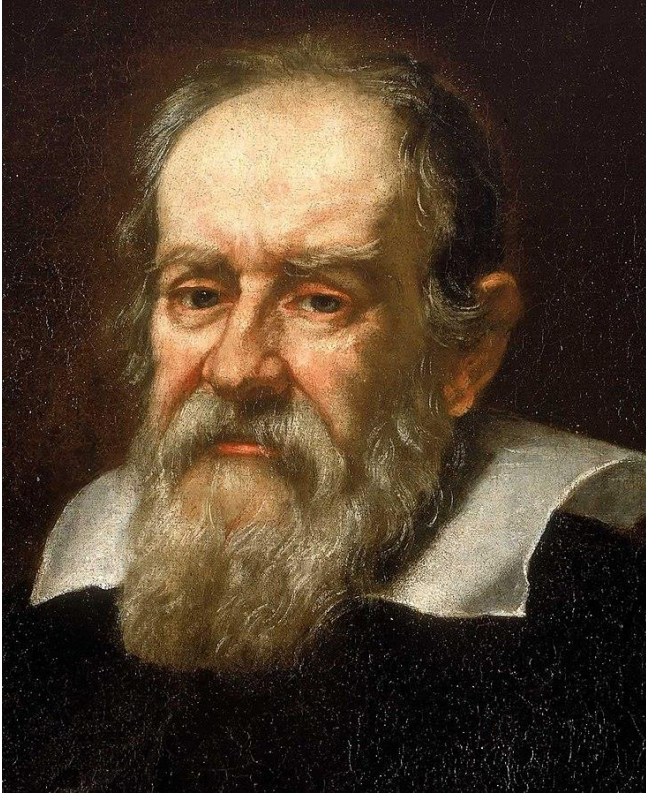
Marie Curie



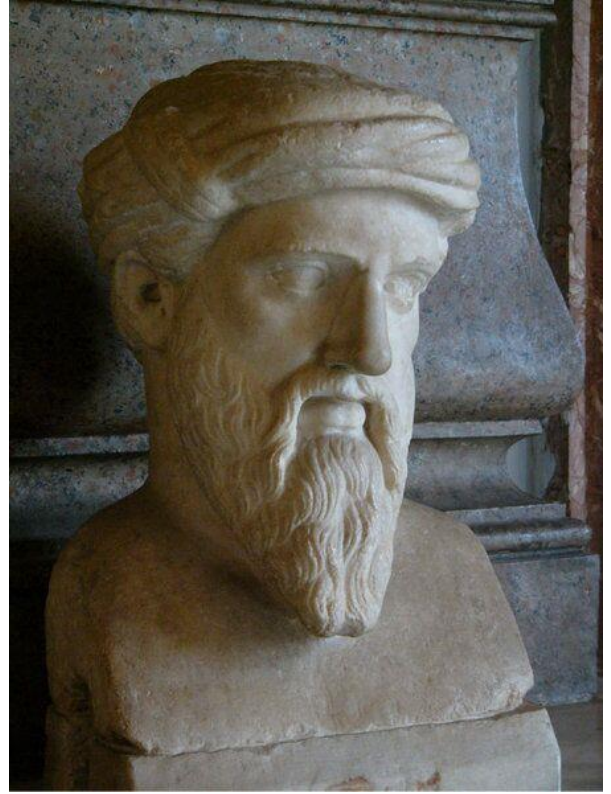
Nicolas Copernic



Archimède



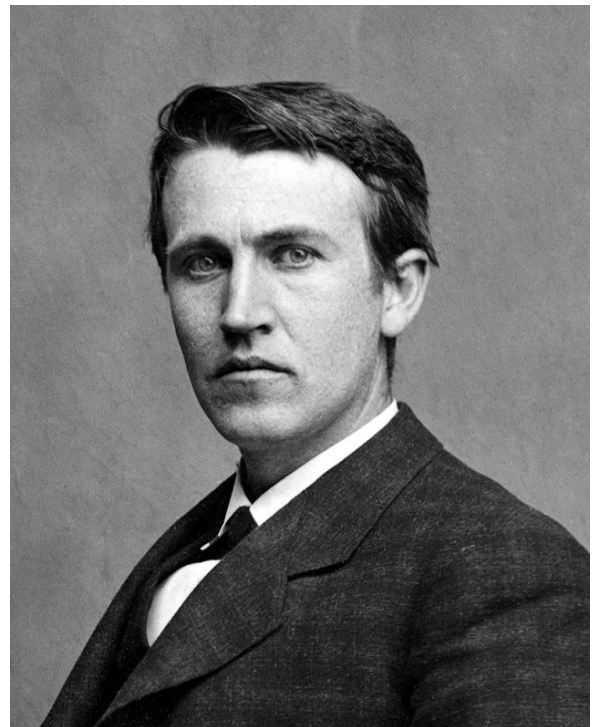
Galilée



Pythagore



Albert Einstein



Thomas Edison

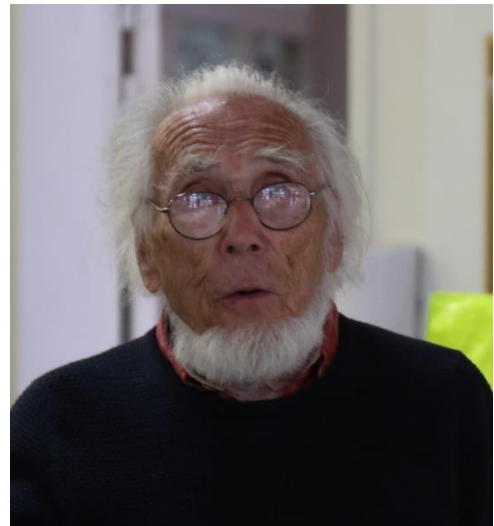
Fiche 6 : Quelques scientifiques d'aujourd'hui



Roland Lehoucq



Marion Chenal



Jean Matricon



Amadou Koné



Laure Corbari

Fiche 7 : Des lieux de science d'hier et d'aujourd'hui

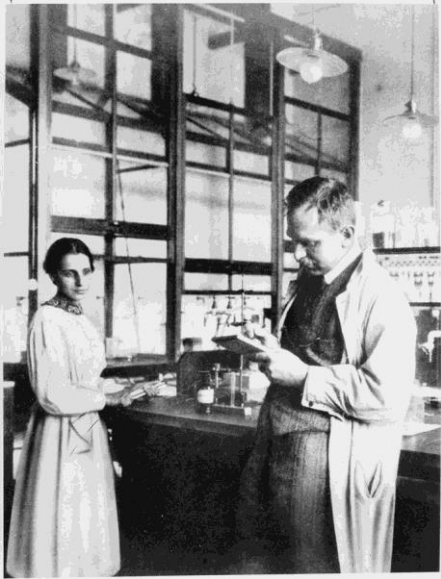


Caverne du détecteur ATLAS, CERN, Suisse



Menlo Park, laboratoire d'Edison, Etats-Unis

Note : Il est également possible de réutiliser les photographies de Marie Curie et d'Albert Einstein, issues de la Fiche 5, car on peut y voir leur environnement de travail. Il est aussi possible de diffuser aux élèves un court extrait du film *A day with Thomas Edison*, produit par l'entreprise General Electric que vous retrouverez ici : <https://www.loc.gov/item/00694187/>



L. Meitner et O. Hahn dans leur laboratoire
Allemagne



ESO, Très Grand Télescope,
Observatoire du Cerro Paranal, Chili



Intérieur de l'usine Valser, mise en bouteilles et transport, Suisse



Expédition dans les grottes Rising Star, Afrique du Sud

Fiche 8 : Traduction des paroles de la chanson *Put it to the test*

S'il y a une question qui te préoccupe
If there's a question bothering your brain

Que tu penses savoir expliquer
That you think you know how to explain

Tu as besoin d'un test
You need a test

Oui, imagine un test
Yeah, think up a test

S'il est possible de prouver le contraire
If it's possible to prove it wrong

Tu vas vouloir savoir assez vite
You're going to want to know before too long

Tu vas avoir besoin d'un test
You'll need a test

Si quelqu'un dit qu'ils l'ont compris
If somebody says they figured it out

Et qu'ils ne laissent aucune place au doute
And they're leaving any room for doubt

Trouve un test
Come up with a test

Oui, tu as besoin d'un test
Yeah, you need a test

Es-tu sûr que cette chose est vraie ?
Are you sure that that thing is true ?

Ou est-ce que quelqu'un vient de te le dire ?
Or did someone just tell it to you ?

Trouve un test
Come up with a test

Teste-le
Test it out

Trouve un moyen de montrer ce qui se passerait
Find a way to show what would happen

Si tu te trompais
If you were incorrect

(Teste-le)
(Test it out)

Un fait n'est qu'une opinion
A fact is just a fantasy

Sauf s'il peut être vérifié
Unless it can be checked

Fais un test
Make a test

Teste-le
Test it out

Si tu veux savoir si c'est la vérité
If you want to know if it's the truth

Ensuite, mon ami, tu vas avoir besoin d'une preuve
Then, my friend, you are going to need proof

Trouve un test
Come up with a test

Oui, tu as besoin d'un test
Yeah, you need a test

Ne crois pas que c'est parce qu'ils le disent que
c'est vrai
Don't believe it 'cause they say it's so

Si ce n'est pas vrai, tu as le droit de savoir
If it's not true, you have a right to know

Mets-le à l'épreuve (mets-le à l'épreuve)
Put it to the test (put it to the test)

Oui, teste-le (teste-le)
Yeah, test it out (put it to the test)

Ouais, mets-le à l'épreuve (mets-le à l'épreuve)
Yeah, put it to the test (put it to the test)

Mets-le à l'épreuve (mets-le à l'épreuve)
Put it to the test (put it to the test)

Source : [Musixmatch](#)

Paroliers : John Flansburgh / John Linnell - Paroles de Put It to the Test © T M B G Music

Fiche 9 : Chanson 2 de l'opéra *Les mille tours d'Edison* : CHAQUE FOIS

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

Avant d'être un grand savant, il fut évidemment un enfant... mais un enfant pas comme les autres !
Ecoutez...

Dès le début, l'histoire est un peu folle :
Edison fut renvoyé de l'école
Soit disant il posait trop de questions
Il étudiera donc à la maison !

Or sa maman était institutrice :
Il en tira aussitôt bénéfice.
Pour étancher sa soif de connaissance
Elle lui prêta toute son assistance.

**Chaque fois qu'il apprenait quelque chose
Il en faisait l'expérience
Car il n'y a pas d'effets sans cause
C'est une douce évidence
Chaque fois, qu'il avait une idée
Rien non rien ne pouvait l'empêcher...
Chaque fois, chaque fois de l'expérimenter.**

Passionné de chimie et de physique
Edison veut passer à la pratique :
C'est dans sa cave que notre débrouillard,
Va se construire un vrai laboratoire.

Sous l'œil inquiet de ses parents
Ses essais virent parfois en accidents.
Mais la pratique est un jeu dangereux :
Ses produits chimiques un jour prennent feu !

A douze ans, il veut être indépendant
Se lancer dans la vie, gagner de l'argent
Dans un petit train régional
Il vend des bonbons et le journal

Mais il installe dans un wagon
Un labo de son invention
Comment cet épisode se finit ?
Evidemment par un bel incendie !

**Chaque fois qu'il apprenait quelque chose
Il en faisait l'expérience
Car il n'y a pas d'effets sans cause
C'est une douce évidence
Chaque fois, qu'il avait une idée
Rien non rien ne pouvait l'empêcher...
Chaque fois, chaque fois de l'expérimenter.**

Prolongements possibles :

- Séquences « Télégraphe », « Ampoule » et « Phonographe » du projet *Les mille tours d'Edison*
- Séquences dédiées à l'égalité filles - garçons sur le site de la Fondation *La main à la pâte*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/36839/males-et-femelles-que-n-dit-la-science>

Crédits :

Fiches 2, 3 et 4 : Extrait de *Les mille tours d'Edison*, opéra de Julien Joubert et Gaël Lepingle, commande de l'Académie Musicale de Villecroze.

Fiche 5 :

- Portrait de Leonard de Vinci (domaine public) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo-da-vinci-possible-autoritrato-del-artista-galeria-de-los-uffizi-florenzia_1c92d9d7_2.png
- Portrait de Sir Isaac Newton (domaine public)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Isaac_Newton_\(1643-1727\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Isaac_Newton_(1643-1727).jpg)
- Marie Curie dans son laboratoire (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marie_Curie_in_her_laboratory.jpg
- Portrait de Nicolas Copernic (domaine public) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bertrand_-_Les_Fondateurs_de_l%27astronomie_moderne,_1865_Copernic.jpg
- Portrait de Galilée (domaine public) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo.arp.300pix.jpg>
- Buste d'Archimède, jardins de la Villa Borghese à Rome (CC BY-SA 3.0), photographie non retouchée
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archim%C3%A8de_Villa_Borghese.jpg
- Buste de Pythagore, Musée du Capitole Rome (CC BY-SA 3.0), photographie non retouchée
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kapitolinischer_Pythagoras.jpg
- Albert Einstein dans son bureau à l'Université de Berlin (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_photo_1920.jpg
- Thomas Edison (photographie de Levin C. Handy, domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_and_phonograph_edit2_-_crop.jpg


Fiche 6 :

- Roland Lehoucq (crédit : D. Suchet, enseignement à Polytechnique) / Laure Corbari (crédit : MNHN)

Fiche 7 :

- Caverne du détecteur ATLAS, CERN (Nikolai Schwerg CC-BY-SA-3.0-migrated)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN_Atlas_Caverne.jpg
- Menlo Park, laboratoire d'Edison (Swampyank CC-BY-SA-3.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Menlo_Park_Laboratory_of_Thomas_Edison_site_of_the_invention_of_the_light_bulb_in_Dearborn,_Michigan_at_Greenfield_Village_The_Henry_Ford_Museum_from_Menlo_Park,_New_Jersey.JPG
- Plateforme du mont Paranal, Very Large Telescope, Observatoire du Cerro Paranal au Chili (F. Millour CC-BY-SA-3.0-migrated) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20041225-Paranal.jpg>
- Intérieur de l'usine Valsér, mise en bouteilles et transport (Roxaneweb CC-BY-SA-4.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VALS_usine_Valsér_2.jpg
- Expédition dans les grottes de Rising Star, Afrique du Sud (Simon Fraser University CC-BY-2.0)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rising_star_cave_exploration_\(14054047275\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rising_star_cave_exploration_(14054047275).jpg)
- Lise Meitner et Otto Hahn dans leur laboratoire (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Otto_Hahn_und_Lise_Meitner.jpg
- Laboratoire de Chimie Moléculaire (Ecole polytechnique, CC-BY-SA-2.0)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laboratoire_de_Chimie_Mol%C3%A9culaire_\(LCM\)__\(25752985830\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laboratoire_de_Chimie_Mol%C3%A9culaire_(LCM)__(25752985830).jpg)

<i>Les mille tours d'Edison</i>		Cycle 3
Le télégraphe		 Durée : de 4h30 à 5h30
Thématiques traitées : signal, télécommunications, objet technique, histoire des sciences et des techniques, méthodes scientifiques		
Résumé et objectifs : Lors de cette séquence, les élèves font le tour des différentes manières de communiquer à distance. Puis, ils encodent et décodent des informations en langage binaire et en langage morse. Ils sont amenés à construire plusieurs objets techniques dont un télégraphe simplifié et à découvrir l'importance de cet objet technique dans la carrière de Thomas Edison.		
Disciplines engagées : Physique-Chimie et/ou Technologie		
Auteur : Fatima Rahmoun		
Partenaires : Académie Musicale de Villecroze, Ministère de l'Education Nationale, Radio France, Canopé		
Remerciements : Alain Bravo, Charlotte Marin, Maël Vidal, Marie Bonnin, Michelina Nascimbeni, Yassamin Behzadi, Katia Allégraud, David Jasmin, Anne Lejeune, Gabrielle Zimmermann, Adrien Arrous, Stevens Guyon		

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 ».

Etape 1 : Transmettre une information, oui, mais comment ?

Activité 1 : Brainstorming sur les moyens de communication à distance (25 min)

Objectif général : Introduire la notion de signal et d'information.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur demande aux élèves de réfléchir à des solutions techniques permettant de transmettre une information à distance.
Durée	25 min
Matériel	Pour chaque élève : un cahier de science et de quoi écrire
Message à emporter	
Pour communiquer des informations, les objets techniques émettent et reçoivent des signaux. Il y a différents types de signaux : sonore, lumineux, radio, électrique... L'émetteur et le récepteur du signal doivent définir un langage commun.	

Déroulé possible

Phase 1 : Collecte des idées initiales sur la communication à distance (10 min)

L'enseignant pose à la classe la question suivante : « Comment communiquer un message à distance sans utiliser internet ou un téléphone portable ? ». Il est également possible de proposer aux élèves cette formulation « comment communiquer avec un camarade qui se trouve dans l'immeuble en face du nôtre sans utiliser internet ou un téléphone portable ? ». Pendant 5 minutes, les élèves notent individuellement à l'aide de mots, de phrases complètes ou de dessins, schémas, croquis, ce qui leur vient comme idées pour répondre à la question. 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 de mettre en commun leurs idées au sein d'un groupe de 3 à 4 élèves. Il leur annonce que ce temps de travail durera 5 minutes. Les élèves présentent à leur équipe, chacun leur tour, en chuchotant, ce qu'ils ont trouvé.

Comment communiquer un message à distance?

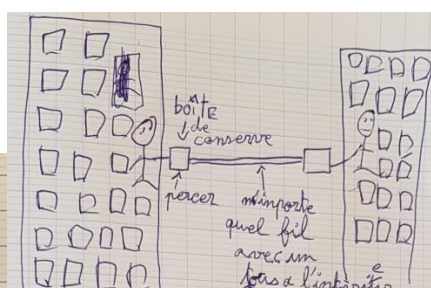
1. Un pigeon voyageur
2. crie par la fenêtre
3. on envoie un avion en papier
4. langue des signes ou gestes

fabriquer un lance pierre
envoier une lettre
fabriquer une catapulte

Avec une arbalète à avion en papier, deux, parler avec un appareil ou un mégaphone, bois, faire

1 avec des produits chimiques
2 signaux de fumée

6 avec un message
7 une boîte de tennis & avec un message
8 glissé dedans
9 en criant!



Quelques idées d'élèves de CM1/CM2 – classe de Charlotte Marin (enseignante à Paris)

Les élèves proposent d'envoyer le message à l'aide d'objets techniques (un avion en papier, un lance-pierre, une catapulte, une arbalète, une sarbacane, une bouteille à la mer, un système de transmission de mouvement utilisant une poulie...). Ils proposent également d'utiliser des signaux de fumée, de faire de grands gestes. L'utilisation des signaux sonores est aussi proposée, du plus simple (« crier très fort », « utiliser un mégaphone ») au plus technique (« fabriquer un yaourtophone »). Certains élèves proposent des objets techniques utilisant des ondes radio (« une radio », « des talkies walkies »). L'utilisation de lampes torches pour créer des ombres chinoises est également proposée. Enfin, certains proposent d'utiliser le morse (voir éclairage scientifique) ou un télégramme (parfois en imitant le « tuc – tuc » de l'appareil, faute de trouver les bons mots pour décrire l'objet ou le code).

Note pédagogique :

- Pour les groupes d'élèves qui en ont besoin, le professeur peut faire appel aux films et dessins animés qu'ils regardent et dans lesquels il y a souvent des dispositifs de communication à distance. Par exemple, il est possible d'afficher des illustrations de dessins animés comme Lucky Luke.

Phase 2 : Mise en commun des idées (10 min)

Le professeur demande à chaque rapporteur de présenter les moyens de communiquer à distance trouvés par son groupe. L'enseignant note les différentes idées au tableau.

Conclusion (5 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été présenté lors de la mise en commun. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être par exemple : « Pour communiquer des informations, les objets techniques émettent et reçoivent des signaux. Il y a différents types de signaux : sonore, lumineux, radio, électrique... L'émetteur et le récepteur du signal doivent définir un langage commun. »

Activité 2 (optionnelle) : Expérimentations sur des dispositifs de communication à distance (35 min)

Objectif général : Introduire la notion de signal et d'information.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur demande aux élèves de réaliser à des solutions techniques permettant de transmettre une information à distance.
Durée	35 min
Matériel	Pour l'ensemble de la classe : quelques lampes de poche, ampoules, fils électriques, interrupteurs, piles, pots de yaourts, ficelle, paires de ciseaux, petites planches de bois ou règles, baguettes chinoises, cuillères, passoires, élastiques longs et solides, rouleaux de papier toilette, pistolets à colle.
Message à emporter	
Pour communiquer des informations, les êtres vivants et les objets techniques émettent et reçoivent des signaux. Il y a différents types de signaux : sonore, lumineux, radio, électrique... L'émetteur et le récepteur du signal doivent définir un langage commun.	

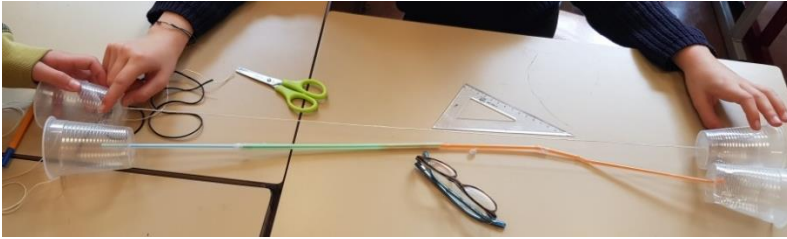
Note préliminaire :

Cette activité peut s'avérer difficile à mener.

- Il est possible de ne faire tâtonner la classe que sur une seule proposition d'élève. Si plus de moyens de communication sont testés en parallèle, il est important d'avoir préparé l'ensemble du matériel listé dans le tableau ci-dessus. Dans le cas contraire, les élèves seraient vite bloqués dans leurs expérimentations.
- L'enseignant ne doit pas hésiter à écarter certaines propositions d'élèves (avons en papier, sarbacane...) pour éviter qu'ils ne se dissipent. Il est tout à fait possible pour l'enseignant de choisir pour chaque groupe d'élèves le moyen de communication le plus pertinent pour cette phase de tâtonnement, en explicitant bien les raisons objectives de ce choix.
- Il est possible de mettre en œuvre le prolongement lors de la séance suivante pour se laisser le temps de trier les propositions des élèves et de préparer tout le matériel nécessaire pour cette phase de tâtonnement.
- Le télégraphe est travaillé de façon détaillée lors de l'étape 3 de la séquence.

Pendant 25 minutes, les élèves expérimentent leurs idées. Ils se mettent d'accord sur leurs priorités car ils n'auront pas forcément le temps d'expérimenter tous les moyens imaginés. Ils dressent la liste du matériel souhaité. Le professeur passe voir les groupes, leur demande de lui expliquer ce qu'ils pensent faire, pourquoi, puis donne le matériel.

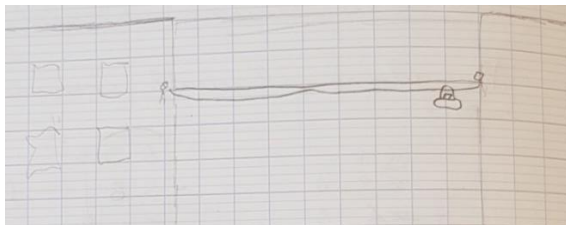
Lors des expérimentations, les élèves se rendent rapidement compte de la nécessité de se mettre d'accord sur un langage commun. En effet, si l'émetteur du message et le récepteur ne se sont pas mis d'accord sur la signification du signal envoyé, la communication est impossible. Par exemple, ils peuvent choisir le code suivant « quand j'allume deux fois la lampe, cela veut dire que je suis en train de faire mes devoirs » ou encore celui-ci « quand je mets les deux bras en l'air, je te dis que je peux aller au parc avec toi demain ».



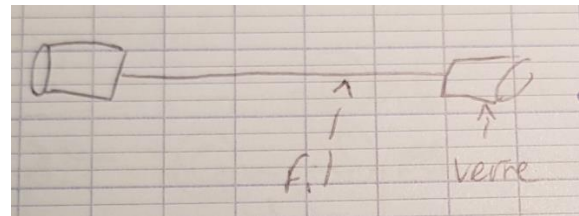
A gauche, des élèves de CM1/CM2 essayant d'optimiser leur « yaourtophone » - classe de Charlotte Marin.
A droite, des élèves de CM2 testant les ombres chinoises - classe de Yassamin Behzadi (enseignante à Paris).

Notes pédagogiques :

- Certaines propositions d'élèves sont intéressantes pendant la phase de recueil d'idées mais ne sont pas très pertinentes à mettre en œuvre (ex : signaux de fumée, sarbacane...). Lors des échanges avec les groupes, l'enseignant guide les élèves vers des solutions techniques plus exigeantes au niveau de la réalisation et met de côté les solutions peu intéressantes à développer d'un point de vue technique (messenger) ou qui pourraient dissiper l'attention des élèves (avion en papier, sarbacane...).
- Certains élèves pensent que le système de poulie permettant de mettre en mouvement un petit panier contenant le message et le « yaourtophone » fonctionnent sur les mêmes principes physiques. Il est important de prendre le temps de clarifier ce point avec eux. (Pour un éclairage sur le fonctionnement du « yaourtophone », il est possible de consulter la séquence « Phonographe » ; pour un éclairage sur la transmission de mouvement, la fiche connaissance dédiée https://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/pedago/fiches_connaissances/394_fiche_2_5.pdf).



Système poulie



« yaourtophone »

Note de sécurité :

- Si les élèves s'intéressent au télégraphe électrique, il faut être vigilant lors de leur tâtonnement expérimental afin d'éviter un court-circuit de la pile.

Dans cette proposition, l'élève a mis la pile, l'ampoule et l'interrupteur en dérivation. Quand l'interrupteur est ouvert, il n'y a pas de problème de sécurité. Quand l'interrupteur est fermé, la pile est en court-circuit ce qui présente un danger pour le matériel et pour les élèves.



Une mise en commun rapide est proposée par l'enseignant. Les équipes se réunissent et chaque rapporteur explique ce que son groupe a mis en œuvre pendant le temps d'expérimentation, en mettant en avant ce qui a fonctionné, ce qui n'a pas fonctionné. A la fin de son exposé, le rapporteur donne la parole aux élèves qui auraient des questions ou des commentaires. Le professeur prend, si possible, des notes sur ce qui est dit car il sera nécessaire d'y revenir lors de la conclusion.

Activité 3 : Histoire des télécommunications (1h10)

Objectif général : S'approprier la chronologie des inventions permettant de communiquer à distance.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	A l'aide d'un jeu de cartes, les élèves retracent l'histoire des télécommunications et la comparent aux idées recueillies lors de l'activité 1. En étudiant une chanson de l'opéra <i>Les mille tours d'Edison</i> , ils découvrent l'importance du télégraphe dans la carrière de Thomas Edison.
Durée	1h10
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : les cartes qui retracent l'histoire des télécommunications (à créer à partir des 5 pages de la Fiche 1T), une enveloppe, une photocopie des Fiches 2 et 3. Pour chaque élève : une photocopie de la Fiche 4T.
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Les inventions qui ont permis d'améliorer la communication à distance entre les êtres humains sont récentes. Elles ont été principalement développées en Europe et aux Etats-Unis. 2. Thomas Edison n'a pas inventé le télégraphe mais, comme de nombreux inventeurs de l'époque, a apporté des modifications pour rendre le télégraphe encore plus performant. C'est le premier objet technique sur lequel il s'est formé et a travaillé. 	

En amont / préparation

Notes préliminaires :

- Cette activité s'inspire des règles du jeu *Timeline* : <https://fr.asmodee.com/fr/games/timeline/>
- Les cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel gratuit Magic Set Editor : <http://magicseteditor.sourceforge.net/>

Cette activité demande une préparation préalable, mais les supports ainsi préparés - surtout s'ils sont plastifiés – pourront être réutilisés l'année suivante.

- Imprimer un exemplaire de la Fiche 1T (page A recto-verso, page B recto-verso et page C en deux exemplaires) par groupe d'élèves.
- Coller ensemble la page A recto et la page A verso s'il n'est pas possible d'imprimer en recto-verso avec le matériel disponible au sein de l'établissement. Faire de même pour les pages B.
- Découper les cartes.
- Découper les formes dessinées sur la page C.
- Sur le verso des cartes (où la date de l'invention est mentionnée), coller, à l'aide de deux pastilles adhésives, l'une des formes de la page C.
- Glisser chaque jeu de cartes dans une enveloppe.
- Imprimer un exemplaire de la Fiche 2T et un exemplaire au format A3 de la Fiche 4T pour chaque groupe d'élèves.

Note pédagogique :

- La police de caractère utilisée pour le texte des cartes et la taille des cartes n'ont pas posé de problèmes aux élèves lors des tests en classe. Si le professeur le souhaite ou si certains élèves éprouvent des difficultés à les lire, il est possible d'imprimer les cartes dans un plus grand format.

Déroulé possible

Phase 1 : Histoire des télécommunications (25 min)

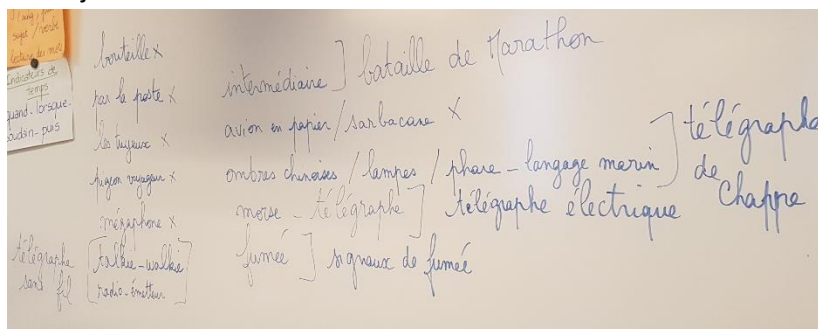
L'enseignant explique aux élèves qu'ils vont jouer à un jeu de cartes qui retrace l'histoire des télécommunications. Il présente rapidement les règles du jeu :

- Les élèves sortent les cartes de l'enveloppe.
- Les élèves tirent une carte du jeu et la positionnent sur la table.
- Ils tirent une seconde carte : s'ils pensent que l'invention décrite est plus ancienne que celle décrite sur la première carte, ils doivent positionner cette carte à gauche de la première. S'ils pensent que l'invention décrite est plus récente que celle décrite sur la première carte, ils doivent la positionner à sa droite.
- Ils peuvent alors retirer le bout de papier positionné sur le verso de la carte, sur lequel la date de l'invention est visible.
- S'ils se sont trompés, ils repositionnent les cartes dans l'ordre chronologique.
- Ils tirent une troisième carte qu'ils peuvent positionner à gauche, à droite ou au milieu des deux premières cartes, puis, répéter cette opération avec toutes les cartes disponibles.



Des élèves de CM2 et leur enseignante jouant au jeu de cartes - classe de Yassamin Behzadi.

Si les élèves en ont besoin, l'enseignant distribue la Fiche 2T qui complète la description de certaines inventions. Les élèves prennent connaissance des informations complémentaires. Au bout de 15 minutes, le professeur revient sur les idées recueillies lors de l'activité 1. Il demande aux élèves de faire correspondre leurs idées avec celles du jeu de cartes.



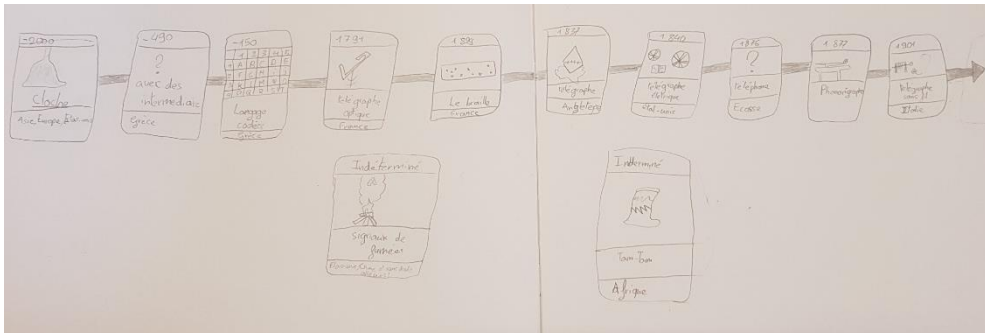
Correspondance idées de la classe / jeu de cartes – classe de CM2 de Yassamin Behzadi

Par exemple, les élèves peuvent proposer ces associations : l'utilisation d'un intermédiaire / carte sur la bataille de Marathon ou encore l'utilisation d'ombres chinoises / télégraphe de Chappe (puisque'il s'agit dans les deux cas d'utiliser un signal lumineux). Le professeur peut expliciter que les talkies-walkies et la radio correspondent à la carte sur la télégraphie sans fil, si les élèves ne voient pas d'eux-mêmes le lien entre ces

objets techniques. Un échange avec la classe permet au professeur de conclure que les inventions dédiées à la communication à distance sont très récentes.

Notes pédagogiques :

- Pour éviter d’avoir un jeu composé de trop nombreuses cartes, il n’a pas été possible d’être exhaustif en présentant tous les objets techniques relatifs aux télécommunications. C’est pourquoi les douze cartes proposées mettent en avant soit un code (cartes « Polybe », « Braille » et « Morse »), soit différents types de télégraphes (cartes « Chappe », « Cooke et Wheatstone », « téléphone », « phonographe » et « Marconi ») mais également des moyens de communication rudimentaires qui sont souvent proposés par les élèves lors du brainstorming de l’étape 1 (cartes « signaux de fumée », « bataille de Marathon », « tam-tam », « cloches »).
- Dans cette activité, il a été décidé de ne pas traiter des objets techniques récents comme la télécopie, l’ordinateur, le téléphone portable ou l’affichage dans les gares car l’étape 1 met volontairement de côté les télécommunications modernes. Il est tout à fait possible de prolonger ce travail historique en consacrant une séance spécifique aux télécommunications modernes, soit en proposant un tâtonnement expérimental aux élèves, soit en proposant une recherche documentaire sur le sujet.
- Les cartes mettent en avant certains codes. Il y en a bien évidemment beaucoup d’autres. Il est d’ailleurs tout à fait possible pour le professeur de créer de nouvelles cartes (avec le logiciel Magic Set Editor) pour mettre en avant, par exemple, l’invention de l’écriture ou les « moines dupliceurs » du Moyen-Age.



Phase 2 : Géographie des télécommunications (15 min)

Le professeur distribue la Fiche 3T et demande aux élèves de placer les cartes sur les documents.

Différentes stratégies sont mises en œuvre par les groupes :

- les cartes sont placées directement sur le planisphère ;
- les noms des cartes reportés sur le planisphère.

Un échange rapide entre les élèves et le professeur permet de conclure que le développement des télécommunications modernes est surtout une histoire européenne et américaine, même si toutes les civilisations ont cherché à communiquer à distance, quelle que soit l'époque.

Phase 3 : Revenons à notre opéra. (20 min)

L'enseignant distribue la Fiche 4T et demande aux élèves d'écouter et/ou de lire la chanson 3 de l'opéra. Il note les questions suivantes au tableau : « qu'avez-vous compris de la chanson ? », « sur quoi a travaillé Edison ? », « a-t-il inventé le télégraphe ? ».

Pendant 10 min, les élèves extraient les informations de la Fiche 4T soit en les reformulant, soit en les surlignant directement sur la Fiche.

A la fin du temps imparti, les élèves volontaires demandent la parole et proposent leurs réponses aux questions.

Conclusion (10 min)

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 : « *Les inventions qui ont permis d'améliorer la communication à distance entre les êtres humains sont très récentes. Elles ont été principalement développées en Europe et aux Etats-Unis. Thomas Edison n'a pas inventé le télégraphe mais, comme de nombreux inventeurs de l'époque, a apporté des modifications pour rendre le télégraphe encore plus performant. C'est le premier objet technique sur lequel il s'est formé et a travaillé.* »

Prolongements expérimentaux possibles :

- Il est possible de faire travailler les élèves sur l'utilisation de réactions chimiques pour graver ou imprimer sur papier. Il faut avoir en tête que ce prolongement correspond à une nouvelle séquence de plusieurs séances puisqu'il exige de travailler des notions de Chimie.
- Il est possible de faire travailler les élèves sur le sens du courant électrique (en recréant l'expérience d'Oersted sur l'effet d'un courant électrique sur un aimant ou en utilisant des diodes). Ces expériences semblent toutefois plutôt appartenir au champ de compétences d'élèves de cycle 4.

Fiche 1T : Cartes « histoire des télécommunications » - page A RECTO



Signaux de fumée

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I/J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

Polybe invente un code secret.




Claude Chappe invente le premier télégraphe.



William Cooke et Charles Wheatstone font fonctionner le premier télégraphe électrique.



Le télégraphe Morse est le télégraphe électrique le plus utilisé.



Thomas Edison invente le phonographe.

Fiche 1T : Cartes « histoire des télécommunications » - page A VERSO

Indéterminé



Etats – Unis, Chine et sans doute ailleurs ! ■

Signaux de fumée
Pour communiquer à distance, les Américains (*et bien d'autres peuples*) allumaient de grands feux.

– 150

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I/J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

Grèce ■

Des torches
Pour Polybe, le nombre de torches mises à gauche d'une personne donnait dans le tableau ci-dessus le numéro de la ligne et le nombre de torches à droite le numéro de la colonne. Ainsi, on transmettait une lettre puis un mot.

1791



France ■

Télégraphe optique
Claude Chappe invente le premier télégraphe. Suivant la position des bras du sémaphore, on peut transmettre une lettre.

1837



Angleterre ■

Télégraphe électrique
William Cooke et Charles Wheatstone font fonctionner le premier télégraphe électrique.

1840



Etats – Unis ■

Télégraphe électrique
Morse invente un télégraphe simple et bon marché qui utilise un code fait de traits longs et de points. Le message est imprimé sur du papier.

1877



Etats – Unis ■

Phonographe
En essayant d'améliorer le télégraphe, Thomas Edison réussit à enregistrer puis lire un son.

Fiche 1T : Cartes « histoire des télécommunications » - page B RECTO



Graham Bell invente le téléphone.



Guglielmo Marconi invente le premier télégraphe sans fil.



On communique grâce à des messagers.



Le code Braille

Indéterminé



Afrique

Le Tam-tam



Sonner les cloches.

Fiche 1T : Cartes « histoire des télécommunications » - page B VERSO

1876



Ecosse

Téléphone

En faisant des recherches sur l'audition et la parole pour fabriquer des appareils auditifs, Graham Bell invente le téléphone.

1901



Italie

Télégraphe sans fil

Guglielmo Marconi invente le premier télégraphe sans fil qui utilise les ondes radio. Depuis le Canada, il envoie un message en Angleterre.

— 490



Grèce

Bataille de Marathon :

Un messager court 42 km pour informer les Athéniens de leur victoire face aux Perses.

1829



France

Louis Braille développe son code à partir du code Barbier. Il est pensé pour les personnes aveugles ou malvoyantes.

Indéterminé



Afrique

Les percussions sur le tam-tam transmettent une information à distance.

— 2 000



Asie, Europe, Etats-Unis

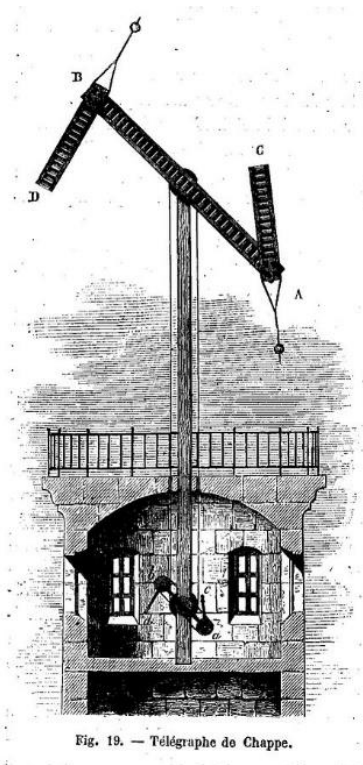
Les premières traces d'utilisation des cloches pour transmettre une information ont été trouvées en Asie et remontent à 4 000 ans.

Fiche 1T : Cartes « histoire des télécommunications » - page C

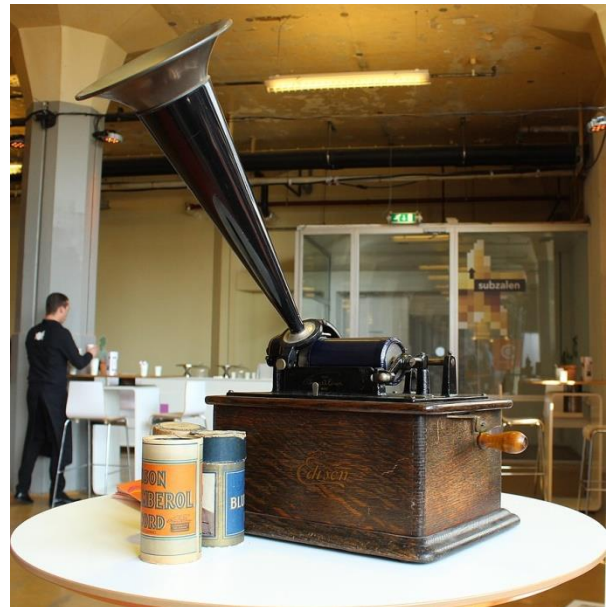
Fiche 2T : Complément pour le jeu de cartes

Polybe : Dans le tableau de la carte, le nombre de torches mises à gauche par le messager correspond au numéro de la ligne et le nombre de torches mises à droite au numéro de la colonne. De cette manière, l'émetteur de l'information (le porteur de torches) transmet une lettre puis un mot au récepteur.

Télégraphe de Chappe : Chaque position des « bras » correspond à une lettre de l'alphabet.



Phonographe



Fiche 3T : Carte de l'Europe et planisphère vierge



Fiche 4T : Chanson 3 de l'opéra *Les mille tours d'Edison* : LE TÉLÉGRAPHE

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

(Parlé) Un beau jour il voit sur la voie ferrée
Un enfant qui va se faire écraser
Mais Edison se précipite à temps
Et il sauve ainsi la vie de l'enfant
Le père qui était télégraphiste,
Pour le remercier de sauver son fils,
Lui apprend les bases de son métier...
Télégraphiste, c'est une bonne idée !

Edison devient donc télégraphiste et parcourt les Etats-Unis. Il travaille souvent la nuit, et le jour il étudie, dévore tous les livres possibles. Mais il veut aussi améliorer son outil de travail : le télégraphe. C'est un réflexe qui ne le quittera jamais : les idées c'est bien, mais il faut qu'elles servent à quelque chose !
(pendant ce temps le chœur martèle les sons/rythmes du télégraphe : tic tic tac / pif, pif paf ...)

Car ce qu'il ne veut pas, Edison

C'est d'une idée qui n'serve à personne

Une idée doit servir à quelque chose

Sinon pas la peine... pas la peine qu'on en cause !

Comment s'envoyer des messages
Et pas des signaux de fumée ?
Il faut trouver le bon codage :
Communiquer, communiquer

Tic tic tac / pif pif paf
Partout l'on cherche et l'on s'efforce
D'utiliser le télégraphe :
Les traits et points du code Morse.

Un télégraphe automatique
C'est plus rapide qu'à la main
C'est pas encore l'informatique
Mais c'est déjà demain !

Améliorer c'est comme inventer

Et inventer c'est perfectionner

Où l'on voit surgir alors en personne

Devinez qui : oui... Thomas Edison !

Il trouve un procédé chimique
Pour que l'on puisse enregistrer
À une vitesse fantastique
Les caractères sur le papier

Mais les caractères souvent

Se mélangent et se superposent

L'un bave un peu sur le suivant

Et on n'y comprend plus grand-chose

Pour maintenir les espaces

Edison a bientôt l'idée

D'inverser le sens du courant

Le sens de l'électricité !

Inventer c'est aussi réparer

Bricoler en apprenti sorcier

Alors, dans toute l'Amérique résonne

Le tour de magie... le tour de magie d'Edison !

On peut envoyer à présent

En utilisant un seul fil

Quatre messages en même temps :

L'invention est loin d'être inutile...

Car ce qu'il ne veut pas, Edison

C'est d'une idée qui n'serve à personne

Une idée doit servir à quelque chose

Sinon pas la peine... pas la peine qu'on en cause !

Etape 2 : Encoder une information.

Objectif général : S'approprier l'encodage et le décodage d'une information.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur propose aux élèves d'encoder différentes informations à l'aide de lampes de poche.
Durée	1h
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : trois lampes de poche
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Les télégraphes qui utilisent des signaux lumineux sont appelés télégraphes optiques. 2. Il existe plusieurs types de langage. Les ordinateurs utilisent le langage binaire. Le langage morse a été le langage le plus utilisé en télégraphie. Il faut bien choisir le langage utilisé suivant la quantité d'informations à transmettre car cela a un impact sur la quantité de matériel utilisé. 	

Note scientifique :

- Le mot « coder » a de nombreuses acceptions dans la vie courante. Il peut notamment être utilisé pour représenter une information à l'aide de symboles (par exemple, écrire un texte en binaire à l'aide de 0 et de 1 ou en morse). Dans cette séquence, on utilise plutôt les termes « encoder » et « décoder », qui sont plus précis.

Déroulé possible

Phase 1 : Lancement des défis (5 min)

Après un rappel de ce qui a été vu à l'étape 1, le professeur insiste sur le fait que, pour chaque moyen de communication, il est important de se mettre d'accord sur un langage commun, un « code ». En effet, si l'émetteur et le récepteur ne se sont pas mis d'accord sur la signification du signal envoyé, la communication est impossible.

L'enseignant lance alors un défi aux élèves. Ils doivent transmettre les informations suivantes à leurs camarades : « avance », « recule », « un pas à droite », « un pas à gauche » en utilisant 2 lampes de poche et sans communiquer par la voix. Le professeur distribue ou fait distribuer 2 lampes à chaque groupe.

Phase 2 : Défis d'encodage (40 min)

Pendant 10 minutes, les élèves expérimentent leurs idées. Le professeur passe voir les groupes, leur demande de lui expliquer ce qu'ils pensent faire et de le justifier.

Lors de leurs tâtonnements, les élèves proposent parfois de diriger la lumière émise par les lampes dans une direction différente pour chaque information. Mais la plupart des élèves jouent sur les deux états possibles des lampes (allumé, éteint) et (re)découvrent le langage binaire (voir éclairage en fin de document). Par exemple, les lampes A et B allumées encodent l'information « avance » ; les lampes A et B éteintes encodent « recule » ; A allumée et B éteinte « un pas à droite » ; A éteinte et B allumée « un pas à gauche ».

A la suite de ce premier défi, le professeur propose aux élèves de transmettre les mêmes informations mais, cette fois-ci, en n'utilisant qu'une seule lampe. Il s'agit ici de (re)découvrir un langage proche du morse (voir éclairage en fin de document).

Note pédagogique :

- Si les élèves n'y pensent pas eux-mêmes, il est intéressant de leur demander de définir un code qui indique le début de la transmission et un autre pour la fin de celle-ci.

Le professeur propose ensuite un autre défi : encoder les jours de la semaine et/ou transmettre « do ré mi fa sol la si » avec une lampe puis avec trois lampes maximum.

Avec une lampe, les élèves peuvent utiliser le langage morse ou un langage de leur invention utilisant les mêmes principes. Avec deux lampes, il n'est pas possible d'encoder autant d'informations en langage binaire. Il faut utiliser au moins trois lampes de poche. Par exemple :

A, B et C allumées : « do »

A, B et C éteintes : « ré »

A allumée, B éteinte, C éteinte : « mi »

A allumée, B allumée, C éteinte : « fa »

A éteinte, B allumée, C éteinte : « sol »

A éteinte, B allumée, C allumée : « la »

A éteinte, B éteinte, C allumée : « si »

Notes pédagogiques :

- Le professeur juge de la pertinence d'organiser une mise en commun des différents encodages des groupes car, s'ils ont envisagé la même solution d'encodage, il n'y a que peu d'intérêt à prendre le temps de mettre en commun.
- Il est possible d'afficher les quatre défis au tableau afin de permettre aux différents groupes d'avancer à leur rythme.

Conclusion (15 min)

Le professeur échange avec la classe sur ce qui semble important à retenir à la fin de cette étape. Voici un exemple de trace écrite possible suite à cet échange : « *Les télégraphes qui utilisent des signaux lumineux sont appelés télégraphes optiques. Le langage le plus simple est le langage binaire qui n'utilise que deux états, codés 0 et 1 : oui/non, bruit/silence, allumé/éteint, ouvert/fermé. C'est le langage des ordinateurs. Le langage morse a été beaucoup utilisé en télégraphie. La quantité de matériel dont on a besoin dépend du langage choisi.* »

Etape 3 : Construire un télégraphe simplifié.

Objectif général : S'approprier l'encodage et le décodage d'une information. Comprendre le fonctionnement d'un objet technique.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves conçoivent et construisent un télégraphe électrique simplifié.
Durée	1h (+ 20 min pour l'option)
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : un petit bout de carton ou une feuille de papier canson, deux ampoules, une pile, quatre fils électriques, un interrupteur, une photocopie de la Fiche 5T.
Message à emporter	
Un télégraphe électrique permet de transmettre une information sur de plus longues distances qu'un télégraphe optique. On peut créer un télégraphe électrique simplifié en utilisant une pile, une ampoule, un interrupteur, des fils. Les signaux électriques sont ensuite convertis en signaux sonores ou lumineux.	

Note scientifique :

- Dans le langage courant, on utilise de manière indifférenciée « lampe » et « ampoule » pour désigner l'objet technique dans sa globalité. Ce qu'on appelle ampoule électrique n'est en fait que la « cloche » en verre qui protège le filament. Il ne semble pas pertinent de contraindre des élèves de cycle 3 à utiliser absolument ces deux mots de façon rigoureuse.

Déroulé possible

Phase 1 : Rappel : comment allumer une lampe ? (10 min)

Note pédagogique :

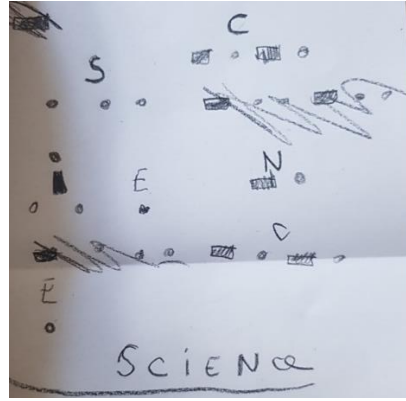
- Si les élèves n'ont pas encore réalisé de circuit électrique dans leur parcours scolaire, il est impératif de mettre en œuvre une à deux séances d'électricité avant de démarrer cette étape. Pour plus d'informations sur des séances préliminaires, il est possible de consulter la vidéo *Billes de sciences #4* de David Louapre sur les circuits électriques <https://www.youtube.com/watch?v=37Baszg-Aqo&feature=youtu.be>

Le professeur ne donne qu'une lampe aux élèves et leur demande de trouver un moyen de l'allumer. L'enseignant ne leur propose aucun matériel supplémentaire. C'est aux élèves de déterminer ce qui leur manque. La pile n'est pas toujours le premier matériel auquel pensent les élèves. La vie quotidienne les pousse souvent à demander un interrupteur. Cette première phase permet aux élèves de réactiver leurs connaissances en électricité.

Phase 2 : Comment construire un télégraphe électrique ? (20 min)

Le professeur propose le défi suivant : « Produire une machine capable de mettre en œuvre le code morse fourni. Cette machine permettra à deux espaces aveugles l'un de l'autre de communiquer. ». Il peut proposer de mettre un petit bout de carton ou une feuille de papier canson entre les élèves qui émettent et ceux qui reçoivent le signal dans le but de modéliser la grande distance qui est censée séparer l'émetteur du récepteur.

L'enseignant distribue la Fiche 5T et propose aux élèves de choisir un mot court (3 lettres) et de le coder en morse.



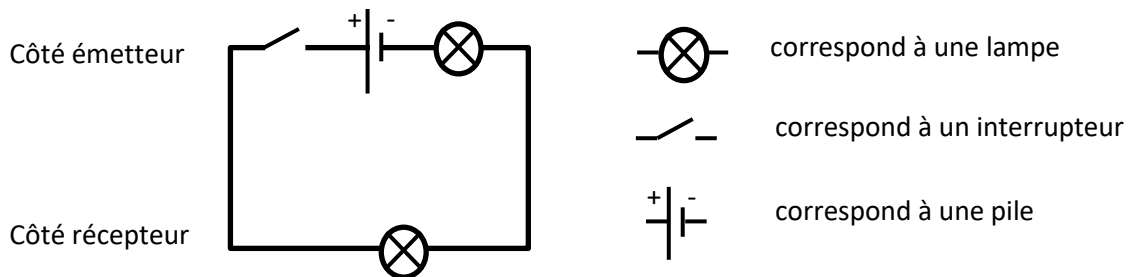
Elèves de CM1/CM2 en train de transmettre une information en morse – classe de Charlotte Marin

Puis, en aparté, le professeur propose un mot aux élèves qui sont chargés de l'encodage (« SOS » par exemple) et vérifie que les élèves chargés du décodage ont bien trouvé le mot transmis. Les élèves ne pensent pas spontanément à noter l'alternance des points et des traits puis à décoder le message. Il faut donc veiller à ce que les élèves réussissent réellement à décoder les signaux reçus.

Enfin, l'enseignant explique aux élèves qu'ils viennent de concevoir un télégraphe électrique simplifié et leur demande de le dessiner ou de le schématiser dans leur cahier de sciences.

Notes pédagogiques :

- Certains groupes demandent deux lampes car ils souhaitent que l'émetteur et le récepteur puissent avoir accès à l'information transmise. Ce circuit ne présente pas de difficulté pour eux puisque les deux ampoules sont en série dans ce cas-là.



- Cette séance permet aux élèves de réinvestir ce qu'ils ont appris à l'étape 2.

Prolongement possible : « Télégraphe binaire » (20 min)

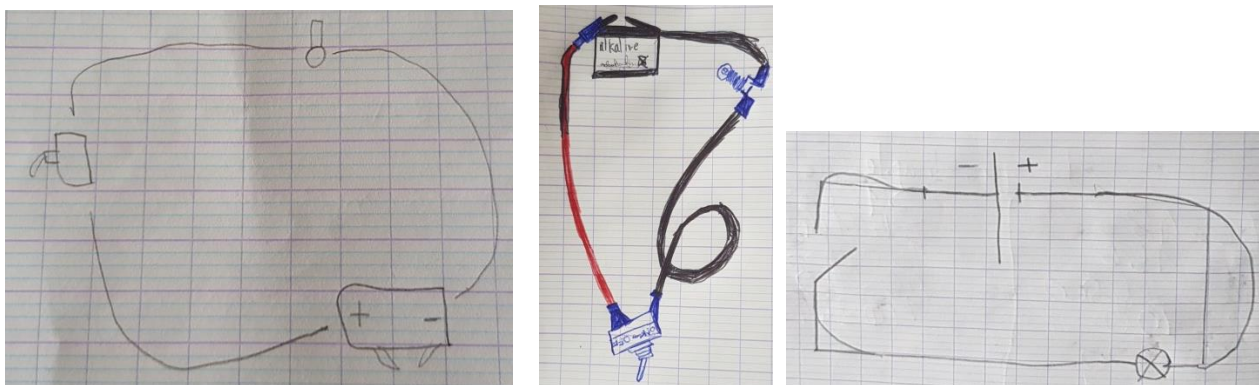
Si les élèves sont à l'aise avec un circuit série simple, le professeur peut leur proposer d'utiliser cette fois-ci le langage binaire pour transmettre, par exemple, « avance », « recule », « un pas à droite », « un pas à gauche » (comme dans l'étape 2). Les élèves sont alors obligés d'utiliser deux lampes : se pose alors la question du type de circuit électrique (série ou dérivation) qui permet d'encoder l'information. Le télégraphe binaire est un télégraphe dont les lampes sont montées en dérivation.



Dans le cas du circuit de gauche (circuit en série), il n'est pas possible de commander les deux lampes de façon indépendante. Dans le circuit de droite (circuit en dérivation), les deux lampes sont commandées de façon indépendante.

Conclusion (15 min)

Le professeur échange avec la classe sur ce qui semble important à retenir à la fin de cette étape. Voici un exemple de trace écrite possible suite à cet échange : « On peut créer un télégraphe électrique simplifié en utilisant une pile, une ampoule, un interrupteur, des fils. Un télégraphe électrique permet de transmettre une information sur de plus longues distances qu'un télégraphe optique. Les signaux électriques sont ensuite convertis en signaux sonores ou lumineux. » Il est possible d'ajouter un dessin du circuit électrique pour compléter la trace écrite.



Traces écrites d'élèves de CM1/CM2 - classe de Charlotte Marin

Si l'activité optionnelle a été mise en œuvre, le professeur pourra proposer une trace écrite sur les circuits série et dérivation.

Note pédagogique :

- Même s'il est possible d'introduire les schémas normalisés dès le début du cycle 3, il est important de garder en tête que leur maîtrise par les élèves n'est pas exigible avant la fin de la classe de 6^{ème}, voire au début du cycle 4.

Fiche 5T : Code morse

Code morse international

1. Un tiret est égal à trois points.
2. L'espace entre deux éléments d'une même lettre est égal à un point
3. L'espace entre deux lettres est égal à trois points.
4. L'espace entre deux mots est égal à sept points.

A	● ■	U	● ● ■
B	■ ● ● ●	V	● ● ● ■
C	■ ● ■ ●	W	● ■ ■
D	■ ● ●	X	■ ● ● ■
E	●	Y	■ ● ■ ■
F	● ● ■ ●	Z	■ ■ ● ●
G	■ ■ ●		
H	● ● ● ●		
I	● ●		
J	● ■ ■ ■		
K	■ ● ■	1	● ■ ■ ■ ■
L	● ■ ● ●	2	● ● ■ ■ ■
M	■ ■	3	● ● ● ■ ■
N	■ ●	4	● ● ● ● ■
O	■ ■ ■	5	● ● ● ● ●
P	● ■ ■ ■ ●	6	■ ● ● ● ●
Q	■ ■ ■ ● ■	7	■ ■ ■ ● ●
R	● ■ ■ ●	8	■ ■ ■ ■ ● ●
S	● ● ●	9	■ ■ ■ ■ ■ ●
T	■	0	■ ■ ■ ■ ■

Code morse international

1. Un tiret est égal à trois points.
2. L'espace entre deux éléments d'une même lettre est égal à un point
3. L'espace entre deux lettres est égal à trois points.
4. L'espace entre deux mots est égal à sept points.

A	● ■	U	● ● ■
B	■ ● ● ●	V	● ● ● ■
C	■ ● ■ ●	W	● ■ ■
D	■ ● ●	X	■ ● ● ■
E	●	Y	■ ● ■ ■
F	● ● ■ ●	Z	■ ■ ● ●
G	■ ■ ●		
H	● ● ● ●		
I	● ●		
J	● ■ ■ ■		
K	■ ● ■	1	● ■ ■ ■ ■
L	● ■ ● ●	2	● ● ■ ■ ■
M	■ ■	3	● ● ● ■ ■
N	■ ●	4	● ● ● ● ■
O	■ ■ ■	5	● ● ● ● ●
P	● ■ ■ ■ ●	6	■ ● ● ● ●
Q	■ ■ ■ ● ■	7	■ ■ ■ ● ●
R	● ■ ■ ●	8	■ ■ ■ ■ ● ●
S	● ● ●	9	■ ■ ■ ■ ■ ●
T	■	0	■ ■ ■ ■ ■

Etape 4 : Consolidation et entraînement

Objectif général : S'approprier les notions scientifiques travaillées aux étapes précédentes.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves s'entraînent pour mieux maîtriser l'ensemble des notions travaillées lors des étapes 1, 2 et 3.
Durée	45 min
Matériel	Pour chaque élève : une photocopie de la Fiche 6T

Déroulé possible

Phase 1 : Exercices d'entraînement sur l'encodage et le décodage (30 min)

Le professeur demande aux élèves de travailler sur les exercices de la Fiche 6T pour consolider l'ensemble des notions traitées.

En plus des exercices proposés, l'enseignant peut utiliser des extraits d'ouvrages documentaires traitant de la communication entre individus d'une même espèce animale. Il pourra ainsi aborder avec les élèves le fait que la communication entre individus d'une même espèce n'est pas propre à l'espèce humaine. Les élèves pourront ainsi découvrir que les insectes utilisent des signaux sonores mais aussi des signaux chimiques lors de leur parade amoureuse ou en cas de danger. Ils pourront également apprendre que certaines espèces de poissons communiquent à l'aide de signaux électriques.

Note scientifique :

- Contrairement aux objets techniques, en ce qui concerne la plupart des êtres vivants, un langage commun n'est pas réellement défini par les individus eux-mêmes, mais est le résultat des processus évolutifs sur les populations antérieures. Par exemple, les phéromones sont un moyen de communication qui ne nécessite pas d'établir un "code" préalable.

Phase 2 : Correction des exercices (10 min)

Le professeur propose une correction des exercices qui peut prendre la forme suivante :

Correction exercice 1 :

1. Il y a deux types de signaux mis à disposition : un signal lumineux et un signal sonore.
2. Gabrielle et Katia sont informées qu'elles peuvent traverser la route en toute sécurité si elles le souhaitent.

Correction exercice 2 :

1. Il s'agit de signaux lumineux.
2. Quatre informations sont encodées : « A partir de maintenant, suivre les indications du signaleur. », « Se placer devant moi. », « Se placer devant le signaleur suivant. », « Avancer. ».
3. Le pilote place l'avion devant le signaleur quand celui-ci tend ses bras verticalement.

4. Par exemple, le signaleur a une lampe torche dans chaque main.
 Les deux lampes allumées signifient « A partir de maintenant, suivre les indications du signaleur. ».
 La lampe droite allumée, la gauche éteinte : « Se placer devant moi. ».
 La lampe gauche allumée, la droite éteinte : « Se placer devant le signaleur suivant. ».
 Les deux lampes éteintes : « Avancer. ».

5. Le langage binaire n'est pas forcément plus adapté que l'encodage des informations par des gestes.

Correction exercice 3 :

1. Bonjour :

— ● ● ● — — — — — — ● ● — — — — — — — — — — ● ● — — ● — ●

Edison :

● — ● ● ● ● ● — — — — — — ●

2. a. CODE
 b. MORSE

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.

Thomas Edison, télégraphiste

Thomas Edison est né en 1847 dans l'Ohio aux Etats-Unis. C'est dans une famille modeste mais stimulante intellectuellement que Thomas Edison grandit. Il quitte l'école très tôt mais continue d'apprendre tout au long de sa vie à partir d'ouvrages qu'il emprunte dans les bibliothèques, d'expériences qu'il mène dans de petits « laboratoires maison » (de plus en plus perfectionnés au fil des années) et de ses visites dans les ateliers de machinistes et de fabricants d'instruments scientifiques. A 12 ans, il vend des bonbons et des journaux dans le train qui relie Port Huron à Détroit. Il devient malentendant cette année-là sans doute à cause de la scarlatine (ses problèmes d'audition sont d'ailleurs visibles dans le film *A day with Thomas Edison*). Bien des années plus tard, il refuse l'opération qu'on lui propose pour recouvrer l'audition. Il a tout simplement peur de perdre ses capacités de concentration qui lui ont apporté tant de succès.

La télégraphie électrique se développe énormément aux Etats-Unis lors de la guerre de Sécession et les télécommunications sont donc un secteur qui recrute. De 1864 à 1868, Thomas Edison est télégraphiste itinérant. Pour le garder le plus longtemps possible malgré des conditions de travail très difficiles, ses employeurs lui permettent de tester ses expériences avec le matériel de leur entreprise. Le jeune inventeur admire Mickael Faraday dont les écrits semblent avoir façonné profondément sa manière de travailler.

Il dépose son premier brevet le 11 octobre 1868 à l'âge de 21 ans mais sa machine à voter électronique est rejetée. A partir de cet échec, il décide de ne plus rien développer s'il n'y a pas de marché pour.

En 1869, il améliore l'appareil qui transmet les cours de la bourse et du marché puis travaille sur le télégraphe multiplex et l'automatisation du télégraphe. Il change régulièrement d'employeurs jusqu'à devenir son propre patron. Il peut, à ce moment-là, s'entourer d'une équipe performante avec laquelle il développe de très nombreux objets techniques.

Signal, information

Le signal est un porteur d'information. L'information est portée par les fluctuations d'une grandeur physique qui est générée par un phénomène naturel ou technologique. On peut classer les signaux suivant leur type (analogique, numérique, logique, signal de synchronisation) ou leur support physique (sonore, lumineux, optique, électrique, biochimique). Dans cette séquence, on a choisi volontairement de ne pas différencier les signaux lumineux et les signaux optiques qui sont des signaux visuels.

Le binaire est un alphabet à 2 « lettres » (0 et 1). Dans les années 1930, Claude Shannon propose d'utiliser des « contacteurs » (interrupteurs) fermés pour « vrai » et ouverts pour « faux » pour effectuer des opérations logiques en associant 1 pour « vrai » et 0 pour « faux ».

Télégraphe optique, télégraphe électrique, télégraphe parlant, télégraphe sans fil

Bien avant la découverte de l'électricité, les êtres humains ont trouvé des moyens de communiquer à distance : messagers, signaux de fumée, sons des tam-tam et des cloches... Il s'agissait souvent d'avertir plus que de communiquer à distance, la quantité d'informations transmissibles étant limitée.

Le premier système qualifié de télégraphe voit le jour en 1791 : il s'agit de celui de Claude Chappe. Il faut plusieurs années pour améliorer et déployer le système, qui deviendra opérationnel en 1795. Grâce à son télégraphe optique, la France révolutionnaire en difficultés avec ses voisins peut transmettre des messages codés sur de très longues distances. Mais ce télégraphe est, lui aussi, limité (notamment par temps de pluie et la nuit). Pour une présentation détaillée de cet objet technique, il est possible de consulter la ressource dédiée au télégraphe de Chappe <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/11415/le-telegraphe-de-chappe>.

Le premier télégraphe électrique est l'œuvre de William Cooke et Charles Wheatstone, en 1837. Le récepteur est un cadran sur lequel les lettres de l'alphabet sont inscrites. Cinq aiguilles aimantées s'orientent suivant l'information transmise. A la même époque, Samuel Morse travaille sur son propre télégraphe électrique avec un langage constitué de points et de traits. Le récepteur est un opérateur qui peut à l'oreille transcrire l'alternance des points et des traits puis décoder l'information reçue. Assez rapidement, le message s'inscrit automatiquement sur un rouleau de papier. En 1842, le télégraphe Morse et son langage sont utilisés pour développer la télégraphie dans tous les Etats-Unis. Hughes, Baudot, Edison et bien d'autres apporteront leurs améliorations à cet objet technique.

On cherche à connecter les pays en utilisant leur réseau télégraphique. Pour relier l'Angleterre au continent européen et les Etats-Unis à l'Europe, de nouvelles difficultés techniques sont résolues. En 1851, un câble sous-marin relie Douvres à Calais mais il faut attendre 1866 pour relier l'Europe à l'Amérique.

Alexander Graham Bell invente le téléphone en 1876. Thomas Edison y apporte des améliorations (notamment au niveau du microphone). Un an plus tôt, en cherchant à inventer un répéteur télégraphique, Edison invente le phonographe qui permet d'enregistrer et de lire un son. (Pour plus de détails, voir éclairage historique et scientifique de la séquence « Phonographe ».)

En s'appuyant sur les travaux de James Clerk Maxwell et de Heinrich Hertz sur les ondes radio, Guglielmo Marconi développe la télégraphie sans fil. En 1901, depuis la Cornouaille, il fait envoyer un message (la lettre S) de l'autre côté de l'Atlantique. Il y a des doutes sur la réussite de cet envoi (le message a-t-il vraiment été reçu ou s'agissait-il simplement de bruit ?). De nouvelles tentatives et améliorations des appareils permettent de confirmer la possibilité de transmettre des informations portées par les ondes radio et transforment encore un peu plus le monde.

Prolongements possibles de cette séquence :

- Séquences « Ampoule » et « Phonographe » du projet *Les mille tours d'Edison*
- Séquences dédiées à l'électricité disponibles sur le site de la Fondation *La main à la pâte*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/electricite>
- Séquences dédiées à la nature de la science du projet thématique *Esprit Scientifique, Esprit Critique*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique>

Bibliographie :

- *Thomas Edison Professional inventor*, Thomas P. Hughes, Crown 1976
- *Thomas Edison et l'électricité*, Steve Parker, Editions du Sorbier 1994
- *A day with Thomas Edison*, produit par l'entreprise General Electric
<https://www.loc.gov/item/00694187/>
- *Inventions et découvertes*, Pierre Kohler, Fleurus Editions 2004
- Dossier de l'enseignant : communication : la transmission de l'information, Musée des Arts et Métiers
<https://www.arts-et-metiers.net/musee/dossier-de-lenseignant-communication-la-transmission-de-linformation>
- « Le télégraphe de Chappe », *L'Europe des découvertes*, Fondation *La main à la pâte*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/europe-decouvertes>
- Article décrivant différents types de télégraphes rédigé par Thomas Edison <http://www.telegraph-history.org/edison/appletons/index.html>
- *123... Codez !*, tomes 1 et 2, Le Pommier 2016-2017 <https://www.fondation-lamap.org/fr/123codez>
- http://newsletters.artips.fr/Sciencetips/Morse_Telegraphe/

Crédits :

Fiche 1T :

- The Smoke Signal (Frederic Remington domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Remington_The_Smoke_Signal_1905.jpg
- Polybe (Jonathan Martineau CC-BY-SA-4.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carr%C3%A9_de_Polybe_Wikip%C3%A9dia.png
- Télégraphie aérienne Chappe (Zubro CC-BY-SA-3.0-migrated)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chappe_Telegraph.jpg
- Télégraphe de Cooke et Wheatstone (Geni CC-BY-SA GFDL)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cooke_and_Wheatstone_electric_telegraph.jpg?uselang=fr
- Télégraphe de Morse (Zubro CC-BY-SA-3.0-migrated)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morse_Telegraph_1837.jpg
- Edison et son phonographe (Levin C. Handy, bibliothèque du Congrès des USA, domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_and_phonograph.jpg
- Bell téléphone à Chicago depuis New York en 1892 (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Graham_Telephone_in_Newyork.jpg
- Marconi posant devant ses appareils radio (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guglielmo_Marconi_posing.jpg
- Le soldat de Marathon, Luc-Olivier Merson (domaine public)
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phidippides.jpg?uselang=fr>
- Code braille indiquant le mot premier (Christophe MOUSTIER)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DSC_4050-MR-Braille.jpg
- Tam tam (Tatoute CC-BY-SA-3.0-migrated) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TamTam.jpg>
- Cloche chinoise Bo (Myrabella CC-BY-SA-3.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bronze_Bo_bell_China.jpg

Fiche 2T :


- Télégraphe Chappe. Illustration parue dans «Les merveilles de la science», Louis Figuier, 1868 (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A9l%C3%A9graphe_Chappe_1.jpg
- Phonographe (Magere Hein CC-BY-SA-4.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_phonographs.jpg

Fiche 3T : IGN 2012 ou 2016 - Licence ouverte. <https://publicdomainvectors.org/fr/gratuitement-des-vecteurs/Contour-monde-politique-carte-graphiques-vectoriels/15892.html>
<http://education.ign.fr/primaire/fonds-de-cartes>

Fiche 4T : extrait de *Les mille tours d'Edison*, opéra de Julien Joubert et Gaël Lepingle, commande de l'Académie Musicale de Villecroze.

Fiche 5T : Code morse (domaine public)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:International_Morse_Code-fr.svg

Les mille tours d'Edison		Cycles 3 et 4
Le phonographe		5 étapes
Thématiques traitées : signal, son, 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'Education Nationale, Radio France, Canopé		
Remerciements : Henri Chamoux, Charlotte Marin, David Jasmin, Anne Lejeune, Guillaume Soto-Lena, Adrien Arrous, Marie-Lise Roux		

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 ».

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. Un son est caractérisé par son timbre, sa hauteur, sa durée et son intensité.

Si, au cours du temps, le signal sonore se reproduit 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 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 : Mener l'enquête (1h15)

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

Résumé	
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	1h15
Matériel	Pour l'ensemble de la classe : <ul style="list-style-type: none"> 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	
<ol style="list-style-type: none"> Nous sommes entourés de sons. 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.

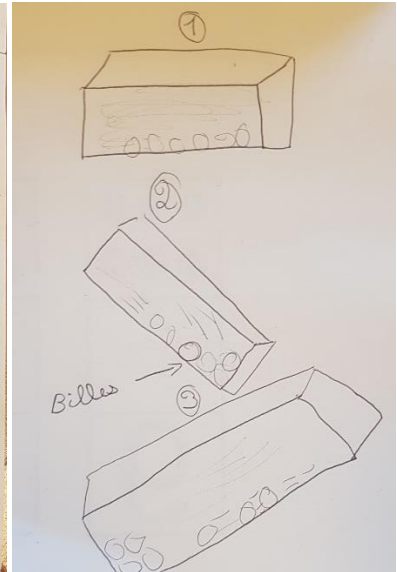
Notes pédagogiques :

- Il est pertinent de confier des « boîtes à sons » différentes aux groupes. Certains groupes 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.



(bille) caillou graine petite
 ce n'est pas un caillou parce
 que les cailloux sont petit
 ou grand alors que ça fait
 moyen.
 ce n'est pas une graine ça
 comme un mara quace et
 se ressembles pas des perle
 petit.
 C'est des bille parce que
 quand on fait ^{avec la} main
 c'est arrondi



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)

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

Résumé	
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), 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* <http://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 :

- <https://www.youtube.com/watch?v=iglGQGEDHAg&feature=youtu.be>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Q3oItpVa9fs>

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

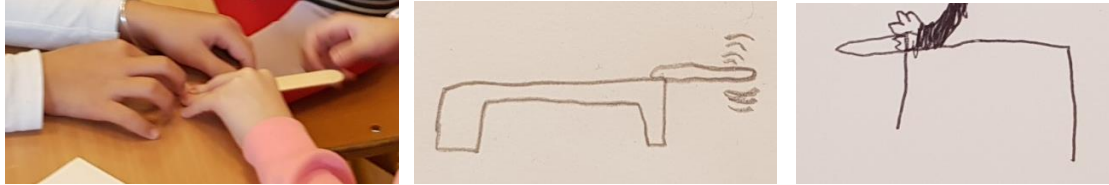
Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Résumé	
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.



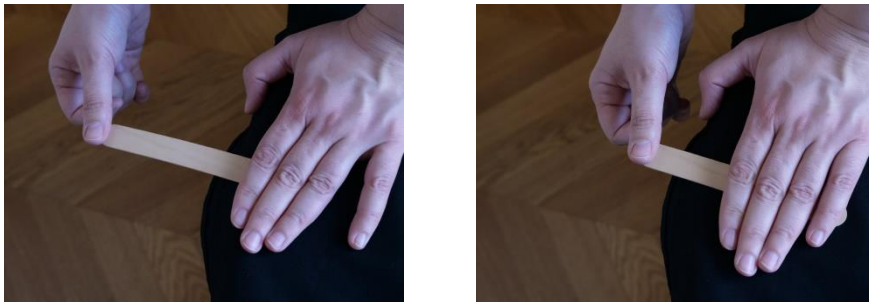
Elèves de CM1/CM2 en train de manipuler – Dessins de leurs expérimentations – Classe de Charlotte Marin

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.

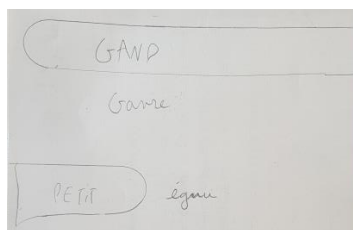
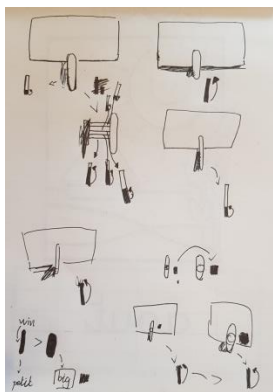
Phase 2 : Le « touillettophone » (10 min)

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.



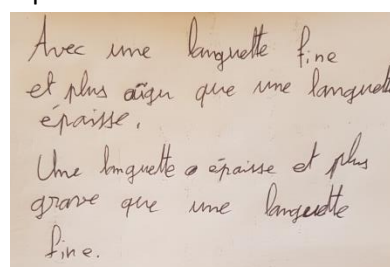
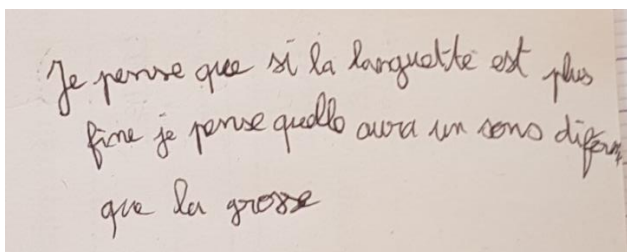
Manipulations à réaliser

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.



Dessin de « touillettophones » - classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin

L'enseignant peut alors distribuer d'autres types de « languettes » (tonguettes, 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.



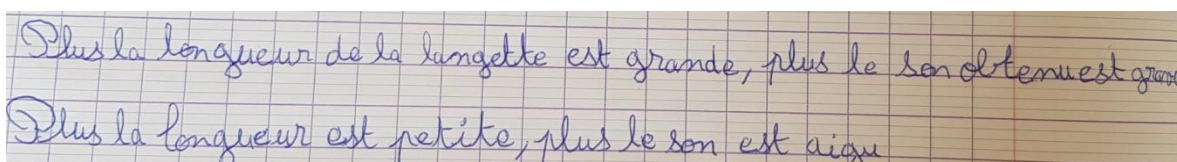
Prédictions puis résultats d'un groupe – classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin

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.* »
- 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.

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

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

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

Résumé	
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)

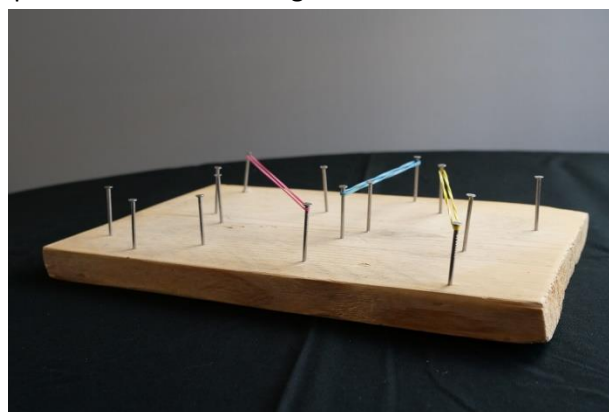
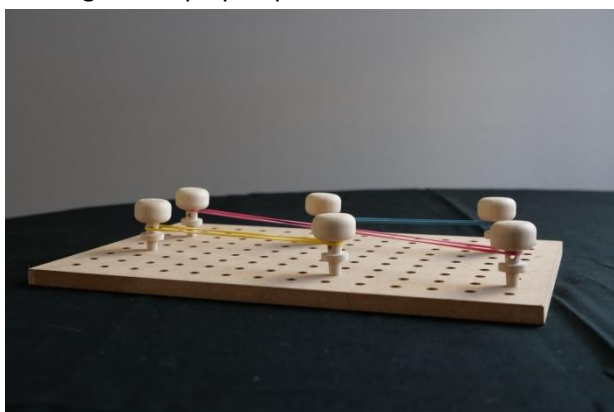
Le professeur demande aux élèves de lui expliquer ce qu'ils ont appris sur le son. S'ils n'en parlent pas, l'enseignant rappelle qu'à la séance précédente, ils ont découvert que la longueur d'un objet a une influence sur la hauteur du son qu'il produit quand on le fait vibrer. Il réexplique que :

- 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 : Expérimentation autour de la tension de l'élastique (20 min)

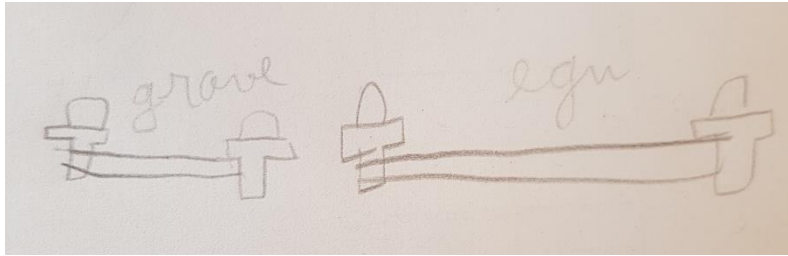
L'enseignant explique que les élèves vont maintenant expérimenter avec une « guitare maison ».



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.

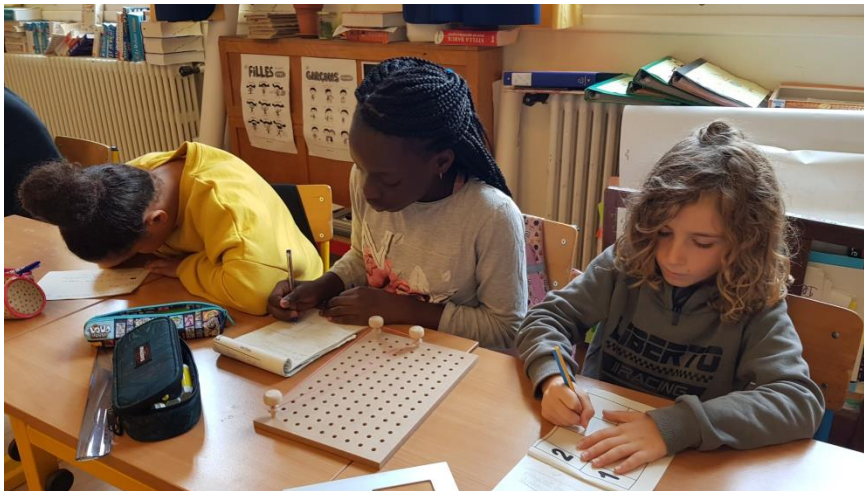


Les élèves consignent les résultats de leur tâtonnement – classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.

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)

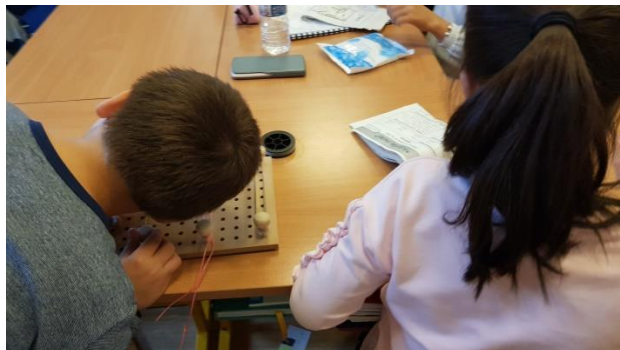
Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Résumé	
Discipline	Physique-Chimie
Déroulé et modalités	Les élèves expérimentent une « guitare maison » et produisent des sons de hauteurs différentes en jouant sur le 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 : <http://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)

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

Résumé	
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 de différents instruments.
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 <i>Piano Virtuel Midi</i> , des enceintes. Pour chaque groupe d'élèves de cycle 4 : un ordinateur sur lequel sont installés les logiciels <i>Audacity</i> et <i>Piano Virtuel Midi</i> .
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.

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 <https://www.fondation-lamap.org/node/60781>

Etape 4 : Des inventions liées au son

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

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

Résumé	
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 fils de différentes natures et de différents diamètres, des compas ou des vrilles, des règles, des paires de ciseaux
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 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. 	

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.* »

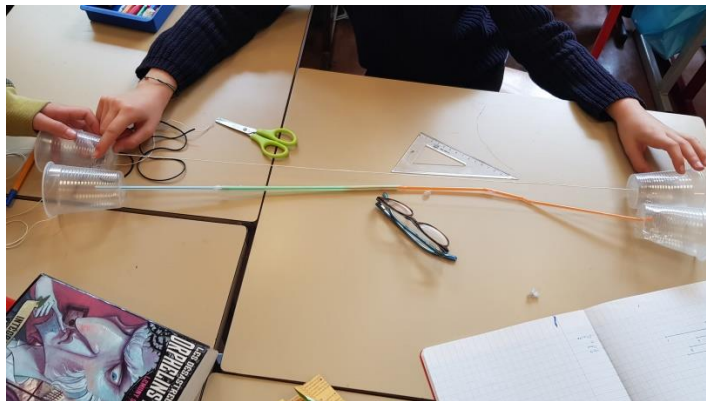
Phase 2 : Approche expérimentale (15 min)

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)

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

Résumé	
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.	

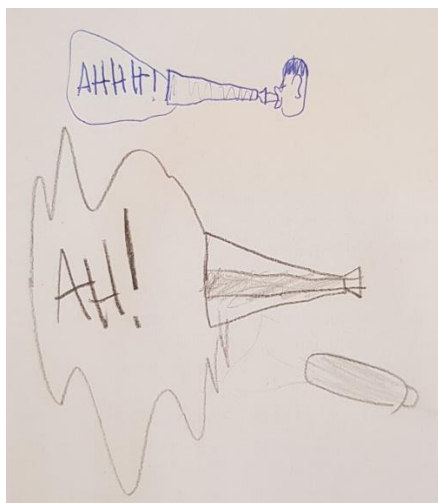
Déroulé possible

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.

enlever le son les vibrations

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

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 ;
- chercher 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 phys good* de David Louapre à l'adresse suivante :

https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=mVLKQWImJH8&feature=emb_logo

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

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

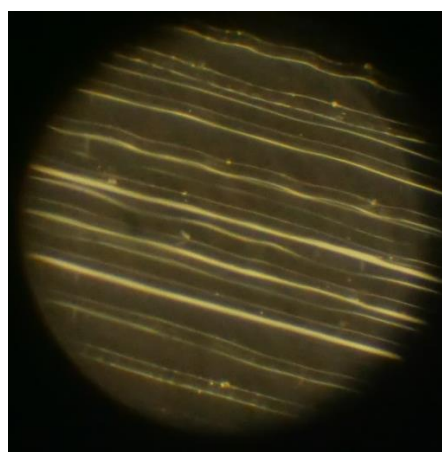
Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves se familiarisent avec le fonctionnement du phonographe. Ils observent un disque vinyle à l'œil nu puis à l'aide d'une loupe. Enfin, le professeur propose de lire un disque en n'utilisant qu'une épingle et un gobelet 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.
Messages 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.	

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 https://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 sur une activité documentaire par exemple. 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 n'utilisant qu'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 et que 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 <http://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 1P : Chanson 4 : MICROPHONE ET TELEPHONE

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



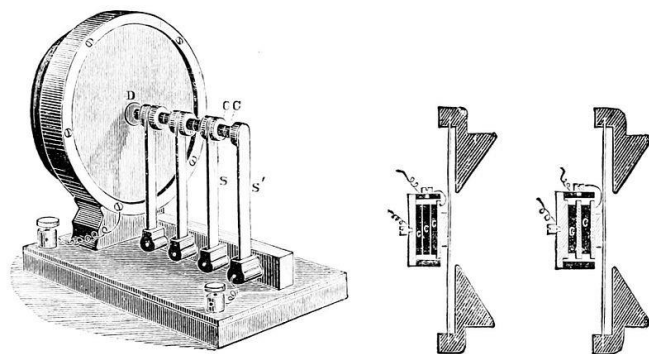
Un gramophone



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)

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.

Résumé	
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	1h15 à 1h30
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : une photocopie des Fiches 3 et 4, trois enveloppes, une grande affiche type feuille de paper board ou feuille A3, un ou des feutres.
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 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, 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.



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

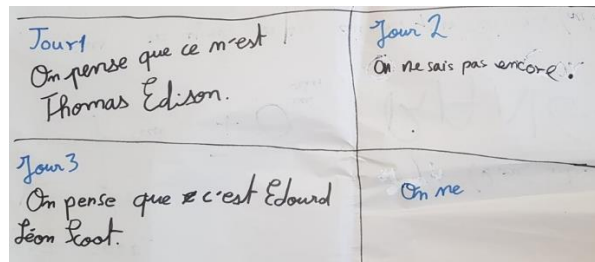
Charles le Gros

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 :

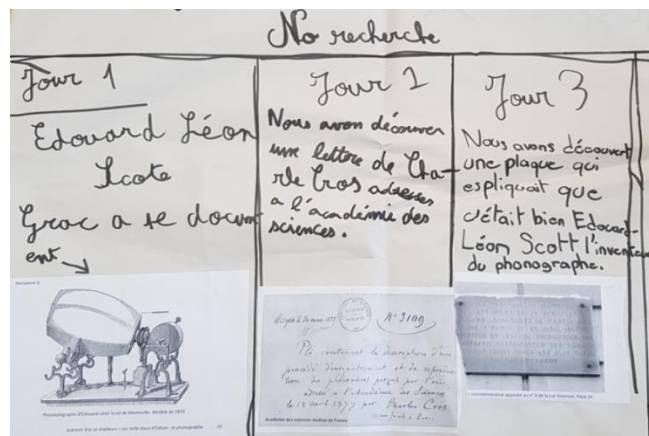
- Il est intéressant que le professeur prenne le temps de bien expliciter que certaines preuves historiques recueillies les jours 2 et 3 ont obligé les élèves à réviser leurs positions initiales.



- 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 : <https://www.fondation-lamap.org/fr/node/64899>.

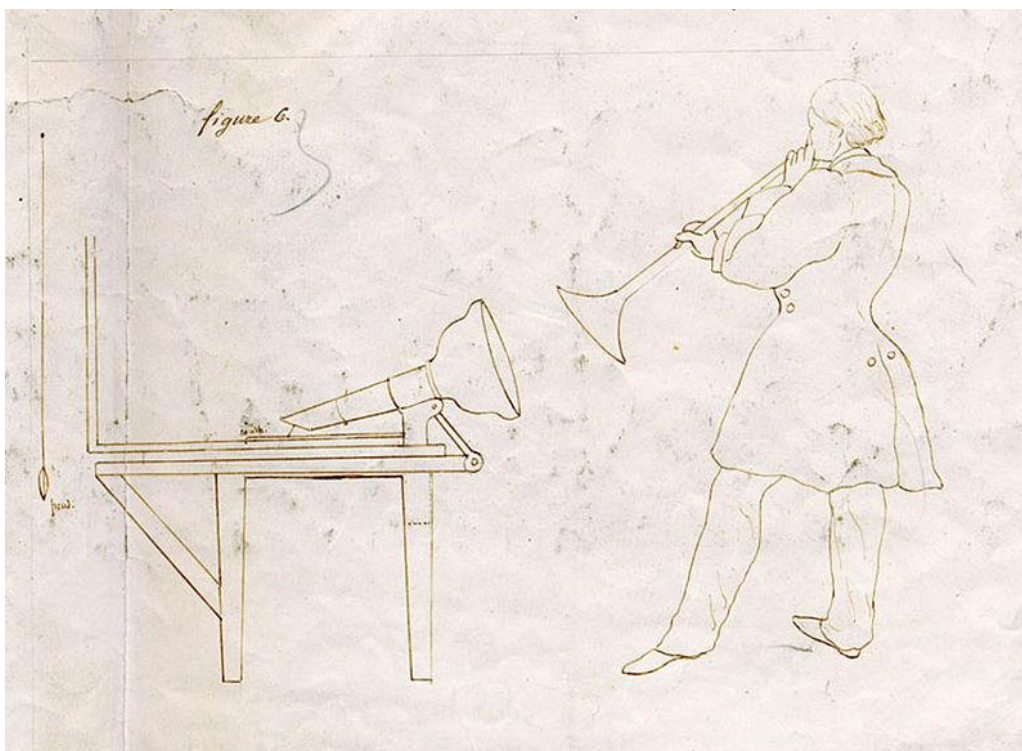
Fiche 3P : Carnet de recherches historiques

	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 »



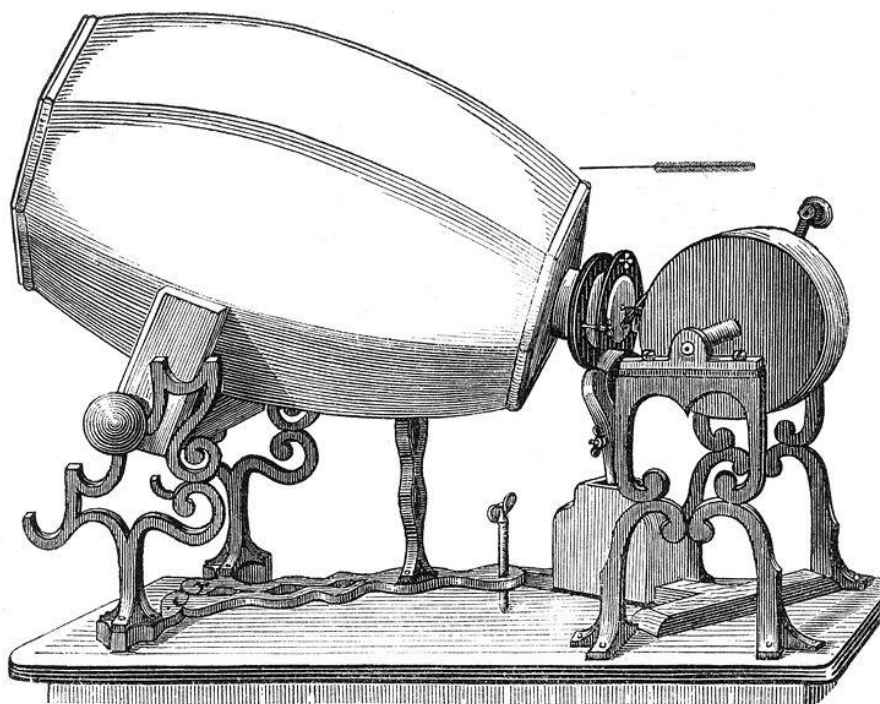
Document A



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



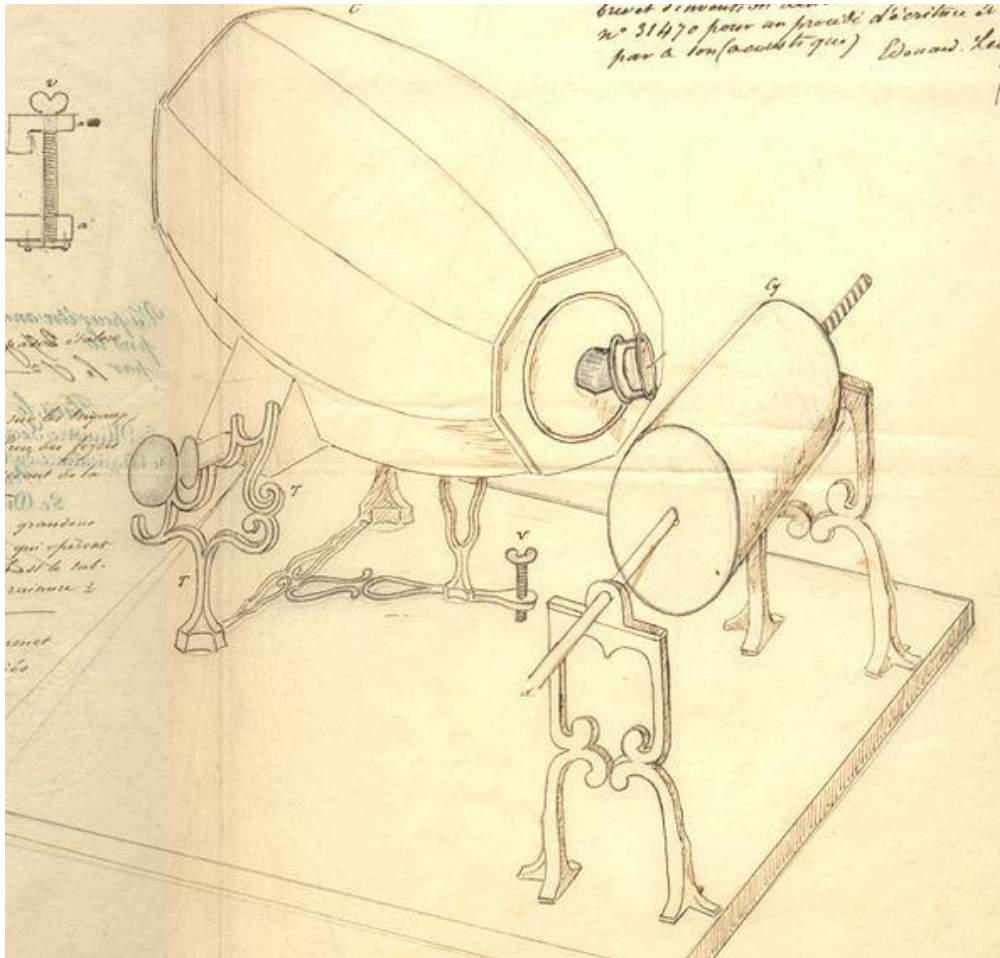
Document B



Phonographe 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

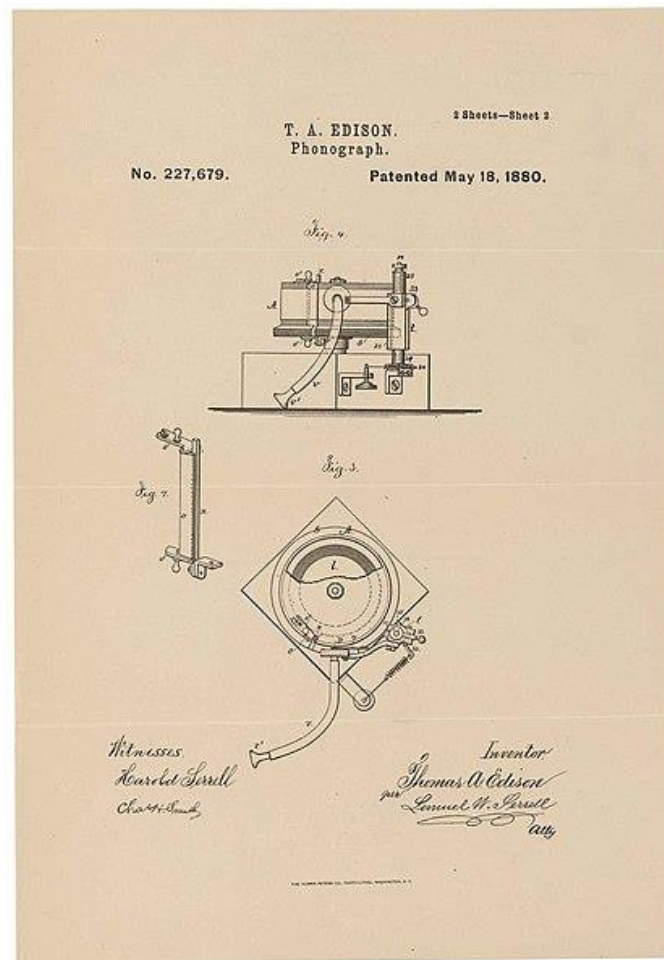


Plaque commémorative apposée au n° 9 de la rue Vivienne, Paris 2^e :

« 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



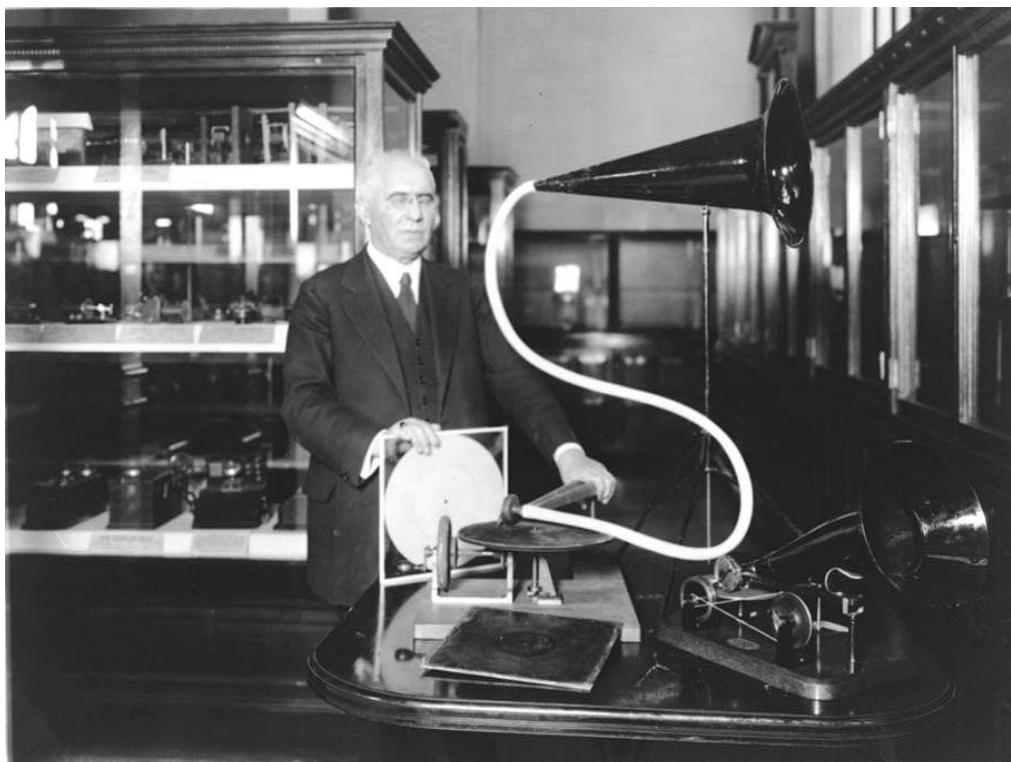
Document F



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

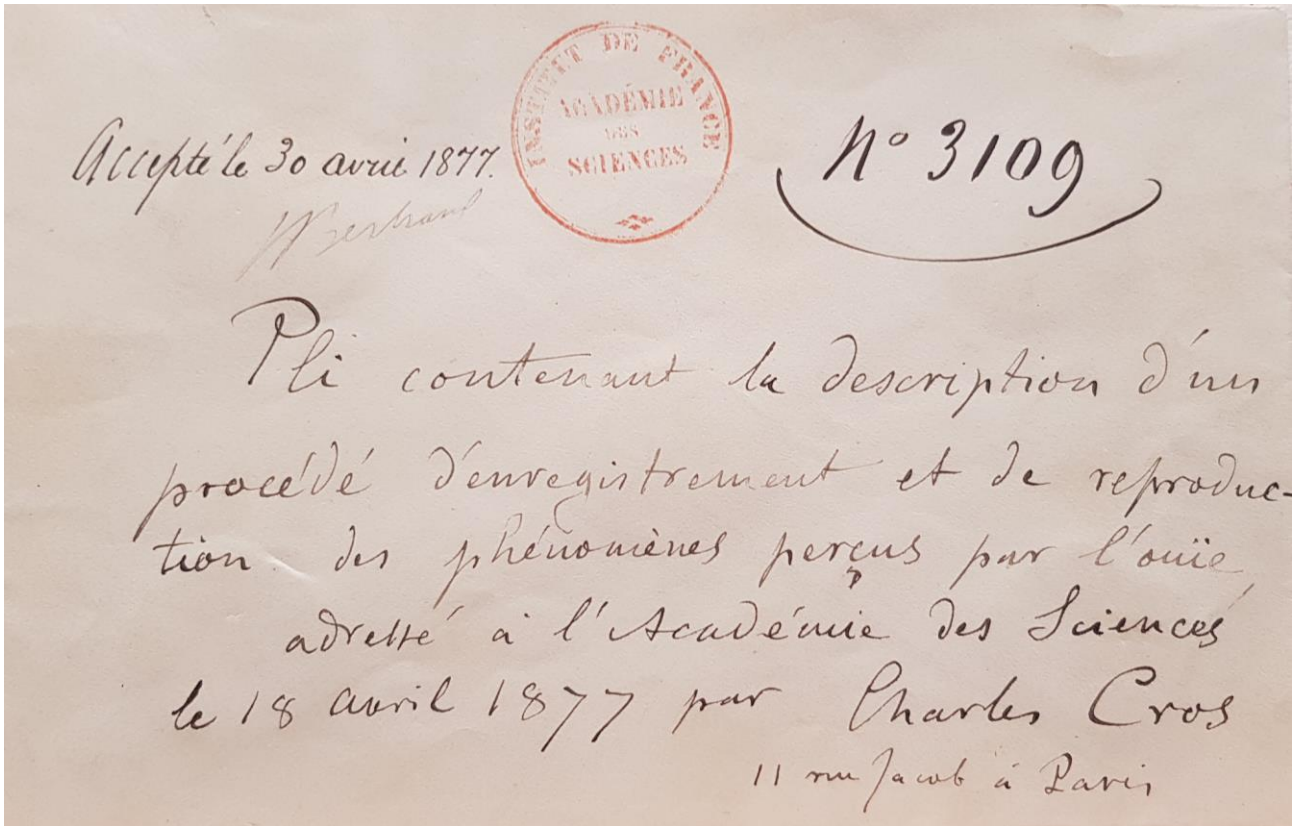


Inscription sur le disque : « Le gramophone d'Emile Berliner est breveté le 8 novembre 1887 ».

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*.
- Séquences dédiées à la nature de la science du projet thématique *Esprit Scientifique, Esprit Critique* <https://www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique>
- Séquences dédiées aux 5 sens <https://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 :

<https://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 ».

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 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 quatre fois en une seconde, la fréquence de l'onde est de 4 Hz. Quelqu'un qui observe le ressort voit une spire aller et venir en $\frac{1}{4}$ de seconde et cette séquence se répéter quatre 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, 4 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.

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 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 par contre 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 phonographiques audibles sur le site [firstsounds](http://firstsounds.com).

Phonographe ou gramophone ? Cylindres ou disques ?

Pour s'approprier le fonctionnement du phonographe : visionner la vidéo *Le Phonographe à feuille d'étain* qui se trouve à l'adresse https://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* <http://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 <https://www.fondation-lamap.org/fr/123codez>
- *Esprit Scientifique, Esprit Critique*, tomes 1 et 2, Le Pommier, 2017-2018 <https://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 https://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, https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Signal/70/5/RA16_C4_PHCH_enregistrer_sons_signa_l2_619705.pdf
- Sciencetips : http://newsletters.artips.fr/Sciencetips/Edison_Voix/
- <http://www.archeophone.org/conferences/index.php>
- <https://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)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_phonographs.jpg
- Gramophone (FotoKannan CC-BY-SA-3.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gramophone_b.jpg
- Le microphone d'Edison (source : *Popular Science Monthly Volume 14* - domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V14_D144_The_edison_microphone.jpg
- Un téléphone datant de 1944 (Coyau CC BY-SA 3.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mus%C3%A9_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)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phonographic_recording_session_-_Scott_1857.jpg
- Phonographe d'Édouard-Léon Scott de Martinville. Modèle de 1859 (Edouard-Léon Scott de Martinville, domaine public) https://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)
https://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)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plaque_Scott_de_Martinville,_9_rue_Vivienne,_Paris_2.jpg
- Dépôt de brevet du phonographe : Thomas Edison (domaine public)
https://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)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_and_phonograph.jpg
- Berliner et son gramophone (bibliothèque du Congrès des USA, domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emile_Berliner_with_disc_record_gramophone_-_between_1910_and_1929.jpg
- Disque datant de 1899 (Conehead, domaine public)
https://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

<i>Les mille tours d'Edison</i>		Cycles 3 et 4
L'ampoule		5 étapes indépendantes
Thématiques traitées : énergie, électricité, objet technique, histoire des sciences et des techniques, méthodes scientifiques		
Résumé et objectifs : Toutes les étapes de cette séquence sont indépendantes. En s'appuyant sur l'une des chansons de l'opéra pour enfants <i>Les mille tours d'Edison</i> , il s'agit ici de travailler les bases de l'électricité (circuits électriques simples, caractère isolant et conducteur de différentes matières et différents matériaux, fonctionnement d'une lampe à incandescence). Cette séquence permet également d'aborder l'histoire de l'éclairage public et de « l'ampoule » et de faire travailler les élèves sur la construction d'un récit historique à partir de preuves retrouvées dans des « archives ». Enfin, leur compréhension du fonctionnement de la lampe à incandescence leur permettra de démasquer un prétendu médium capable de faire claquer des lampes à distance.		
Disciplines engagées : Physique-Chimie et/ou Technologie et Histoire-Géographie		
Auteurs : Fatima Rahmoun, Katia Allégraud, Anne-Josèphe Laperdrix		
Partenaires : Académie Musicale de Villecroze, Ministère de l'Education Nationale, Radio France		
Remerciements : Yves Bamberger, Claire Marcus, Jérôme Daffas, Laura Florentin, Elena Pasquinelli, Mathieu Farina, Gabrielle Zimmermann, Adrien Arrous, Anne Lejeune, Guillaume Soto-Lena		

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 l'activité introductive « Le sorcier de Menlo Park ».

Note scientifique :

- Dans le langage courant, on utilise de manière indifférenciée « lampe » et « ampoule » pour désigner l'objet technique dans sa globalité. Ce qu'on appelle ampoule électrique n'est en fait que la « cloche » en verre qui protège le filament. Le professeur jugera la pertinence de contraindre ses élèves à utiliser ces deux mots de façon rigoureuse. Sur les Fiches élèves, c'est le mot « ampoule » qui est systématiquement utilisé.

Etape 1 : Le filament

Activité 1 : Les 6000 tests d'Edison (40 min)

Objectif général : Remobiliser les acquis des séances relatives aux circuits électriques et à la notion de circuit fermé.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves travaillent sur les chansons 6 et 7 de l'opéra pour enfants <i>Les 1000 tours d'Edison</i> et remobilisent leurs acquis sur les circuits électriques.
Durée	40 min
Matériel	Pour chaque élève : de quoi écouter de la musique, le fichier musical de l'opéra (à télécharger sur le site Musique prim), une photocopie de la Fiche 1A
Message à emporter	
Lorsqu'un circuit est fermé, le courant circule et la lampe brille. Lorsqu'un courant est ouvert, le courant ne circule pas et la lampe ne brille pas.	

Déroulé possible

Phase 1 : Ecoute de la chanson « Le bon filament » (15 min)

L'enseignant fait écouter aux élèves la chanson « *Le bon filament* » qui met l'accent sur les recherches et les tests qui ont permis à Thomas Edison de trouver le bon matériau pour fabriquer le filament de sa lampe. Le professeur échange avec la classe pour vérifier que les élèves ont compris de quoi parle la chanson. L'enseignant distribue une lampe à incandescence à chaque élève et repère avec eux où est le filament. Il peut également s'il le souhaite identifier les différentes parties de la lampe et projeter un schéma pour aider au repérage.

Il peut poser à la classe la question « que recherche Edison ? ». Les élèves répondent alors qu'Edison cherche une matière qui brille mais qui ne brûle pas. Ils précisent que Thomas Edison a testé 6000 matières avant de trouver le bon filament. Le professeur peut informer les élèves que les premières lampes avaient des durées de vie très courtes : quelques heures au début puis jusqu'à une centaine d'heures au fil des innovations.

Phase 2 : Rappel : comment allumer une lampe ? (15 min)

Note pédagogique :

- Si les élèves n'ont pas encore réalisé de circuit électrique dans leur parcours scolaire, il est impératif de mettre en œuvre une à deux séances d'électricité avant de démarrer cette activité. Pour plus d'informations sur des séances préliminaires, il est possible de consulter la vidéo *Bille de science #4* de David Louapre sur les circuits électriques <https://www.youtube.com/watch?v=37Baszg-Aqo&feature=youtu.be>

Le professeur propose alors aux élèves de faire briller une lampe. Il ne donne qu'une lampe aux élèves et leur demande de trouver un moyen de l'allumer. L'enseignant ne leur propose aucun matériel supplémentaire. C'est aux élèves de déterminer ce qui leur manque. La pile n'est pas toujours le premier matériel auquel pensent les élèves. La vie quotidienne les pousse souvent à demander un interrupteur. Cette phase permet aux élèves de réactiver leurs connaissances en électricité.

Conclusion (10 min)

L'enseignant rappelle à la fin de cette activité que « *lorsqu'un circuit est fermé, le courant circule et la lampe brille et que lorsqu'un courant est ouvert, le courant ne circule pas et la lampe ne brille pas* ». Les élèves prennent en note ce bilan.

Prolongements possibles :

- Le professeur demande aux élèves s'ils savent ce qu'est le courant électrique. Les élèves volontaires demandent la parole et peuvent proposer une explication du phénomène. L'enseignant fait écouter « *La comptine des électrons* » (chanson 6) et demande aux élèves de reformuler les paroles. Il peut proposer un complément au bilan précédent qui peut prendre la forme suivante : « *Les atomes sont les grains qui constituent la matière qui nous entoure. Les électrons sont les particules chargées négativement dans les atomes. Dans un solide, le courant électrique correspond à des mouvements d'électrons.* »
- Il est possible après avoir fait écouter la comptine aux élèves de leur proposer l'activité « Dessine-moi un électron ! ». Les dessins peuvent être affichés et la classe peut échanger sur les différences et les points communs des propositions des élèves. Il faut ensuite confronter ces représentations à

celles que les scientifiques ont imaginées à travers l’histoire des sciences. Ce prolongement est sans doute plus adapté à des élèves de cycle 4.

Notes pédagogiques :

- La nature du courant électrique ainsi que la notion d’atome ou d’électron ne sont pas des notions exigibles en fin de cycle 3.
- Il est important de faire très attention aux analogies que l’on utilise pour essayer d’expliquer la nature de l’électricité aux enfants. La plupart de ces analogies peuvent induire de mauvaises représentations dans la tête des élèves et il faut donc les utiliser avec prudence.

Activité 2 : Isolant ou conducteur ? (1h + 20 min par session d’entraînement)

Objectif général : Mettre en œuvre des observations et des expériences pour caractériser un échantillon de matière.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves testent la conductivité de différents types de matières et de matériaux.
Durée	1h + 20 min par session d’entraînement
Matériel	Pour chaque groupe d’élèves : 3 fils électriques et 6 pinces crocodiles, une lampe munie d’une douille (3,5V ou 6V), une pile 4,5V. Pour la classe : des solides isolants ou conducteurs. Par exemple : plaques de bois, plaques de plastiques, de métaux, trombones, mines de crayon, objets de la trousse, fils de différentes natures, etc. Pour chaque élève : photocopie de la Fiche 2A (cycle 3)
Messages à emporter	
1. Il existe des matières conductrices et des matières isolantes.	
2. Un scientifique met en œuvre de très nombreux tests lors de ses recherches.	

Déroulé possible

Phase 1 : Conception du protocole de test (15 min)

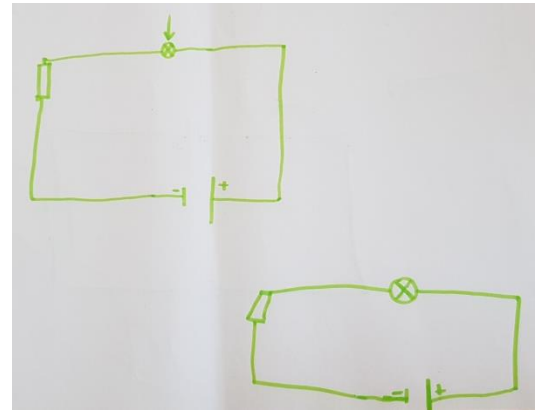
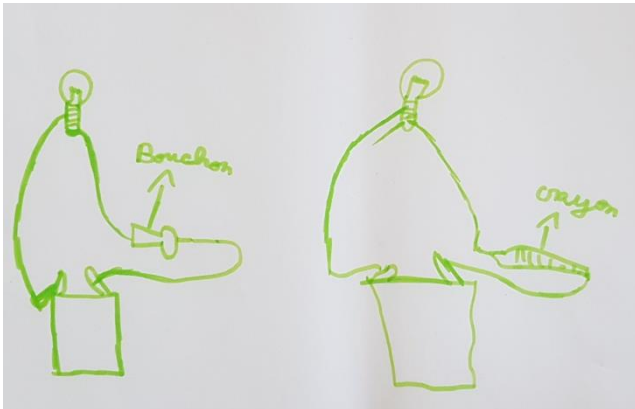
L’enseignant propose aux élèves de tester le plus grand nombre de matières et de matériaux permettant de faire briller une lampe. Le professeur distribue le tableau de la Fiche 2A pour les aider à organiser leurs expérimentations. Les élèves doivent remplir la colonne « hypothèse » avant d’effectuer le test d’un échantillon de matière.

Les élèves mettent en commun leurs idées au sein de leur groupe de travail (3 à 4 élèves) et se mettent d’accord sur le montage électrique permettant de tester les échantillons.

Phase 2 : Expérimentations (20 min)

Le professeur annonce aux élèves qu’ils ont 20 minutes pour expérimenter et qu’ils doivent garder trace de l’ensemble des essais réalisés dans le tableau de la Fiche 2A.

Pour pouvoir tester le caractère isolant ou conducteur d'un échantillon, il faut mettre en série (dans la même boucle) une pile, une lampe (servant de témoin du passage du courant électrique) et l'échantillon à tester.



Evolution des représentations au sein d'un groupe d'élèves de CM2 (passage du dessin au schéma normalisé) – classe d'Anne-Josèphe Laperdrix

Variante pour le cycle 4 :

- Les élèves construisent eux-mêmes le tableau récapitulatif des tests.

Notes scientifiques :

- Dans les solides conducteurs, des mouvements d'électrons correspondent à ce qu'on appelle le courant électrique. Dans les liquides conducteurs, c'est le mouvement des ions (atomes ou groupes d'atomes qui ont perdu ou gagné un ou plusieurs électrons).
- Il est préférable de ne pas travailler avec des liquides lors de cette activité. Les élèves sont souvent tentés de tester l'eau du robinet. Cette dernière possède des concentrations en ions trop faibles pour être conductrice dans les conditions de l'expérience. En plus d'être plus compliquée à encadrer pour l'enseignant du point de vue de la sécurité, le résultat de cette expérience risque d'entrer en conflit avec les règles élémentaires que les élèves ont intégrées concernant les dangers de l'eau et de l'électricité.

Conclusion (25 min)

L'enseignant organise une mise en commun rapide en dialoguant avec l'ensemble de la classe. Chacun leur tour, les élèves volontaires prennent la parole et proposent une matière testée et le résultat de son test. Un échange entre le professeur et la classe permet d'arriver à une conclusion qui peut prendre la forme suivante : « *Certains solides conduisent le courant : ce sont des conducteurs électriques. D'autres ne conduisent pas le courant : on les appelle des isolants électriques.* » Les élèves collent le tableau de la Fiche 2A dans leur cahier et le schéma ou le dessin du circuit électrique à réaliser pour tester un échantillon de matière.

Il distribue alors la Fiche 1A et propose aux élèves de lire la chanson et de souligner les différentes matières testées qui sont mentionnées.

Il revient sur le couplet suivant :

*« Mais où donc trouver un filament
Qui brille sans brûler prestement ?
Quelle fibre naturelle pourrait
Faire le filament parfait ? »*

Il pose la question suivante : « D'après ce couplet, quel type de matière recherchait Thomas Edison ? ». Les élèves répondent alors que Thomas Edison recherchait un matériau conducteur de l'électricité (comme eux lors de l'activité 1) mais qui ne devait pas brûler trop vite. L'enseignant indique aux élèves qu'ils travailleront sur cette difficulté plus tard dans la séquence. S'ils ne le font pas, il fait remarquer aux élèves que Thomas Edison et son équipe ont testé 6000 matières avant de trouver le bon filament.

Note pédagogique :

- A ce stade, il n'est pas nécessaire de mentionner le phénomène d'incandescence qui est traité en détail à l'étape 3.

Pour conclure cette séance, le professeur peut faire visionner aux élèves l'interview d'un scientifique qui explique qu'aujourd'hui encore, de nombreux essais sont nécessaires dans le développement de certaines recherches. Le professeur fait compléter le bilan de la séance : « *Un scientifique met en œuvre de très nombreux tests lors de ses recherches.* ».

Entraînement (20 min pour 5 passages individuels)

Lors d'une autre séance, le professeur peut proposer un ou des exercice(s) d'entraînement pour consolider les savoirs et savoir-faire travaillés.

Cet entraînement peut prendre la forme d'un exercice de manipulation à faire en groupe ou individuellement. Dans le cas où l'exercice est réalisé individuellement et pour pouvoir réellement évaluer ce que l'élève maîtrise, il peut être pertinent de ne faire passer que 5 élèves à la fois. Le reste de la classe peut travailler, par exemple, sur une activité documentaire en autonomie. Ainsi, l'enseignant se concentre sur les élèves en exercice de manipulation.

Voici une proposition de consigne pour cette phase d'entraînement :

« Tu dois réaliser un circuit électrique permettant de tester si le verre est conducteur ou isolant électrique. Tu dois tester également une lame métallique.

1. Schématise les montages électriques que tu vas réaliser.
2. Le verre et la lame métallique sont-ils conducteurs ou isolants électriques ? »

Fiche 1A : Chanson 6 de l'opéra *Les mille tours d'Edison* :

LA COMPTINE DES ELECTRONS

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

Tout ça c'est bien intéressant, mais le nom d'Edison est lié pour toujours à l'électricité, qui était née peu de temps avant. Avez-vous déjà vu un électron ? Non, c'est impossible. C'est impossible, car...

Ils sont petits, petits, les électrons

Ils sont petits, petits, invisibles à l'œil nu

Ils coulent, coulent comme un courant

Le courant électrique c'est ce mouv'ment

Où passe l'électricité / La matière peut s'échauffer

Elle chauffe et elle éclaire / Elle fait de la lumière !

Laissons, laissons passer les électrons ! Laissez passer l'électricité !

Elle chauffe et elle éclaire / Elle fait de la lumière

Fiche 1A : Chanson 7 de l'opéra *Les mille tours d'Edison* :

LE BON FILAMENT

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

En tout cas c'est Edison qui invente ce qu'on appelle l'ampoule à incandescence, la première ampoule. La difficulté était surtout de trouver le bon filament. Quelle matière utiliser ? Que la lumière soit, et la lumière fut !

Des lampes à huile d'Antiquité
Aux cierges de cire du Moyen-Age
Il y en a eu des procédés,
Il y en a eu des éclairages !

Chandelles de suif et bougies
Accompagnaient l'ombre et la nuit
Puis lampes à pétrole ou à gaz
Formèrent l'éclairage de base.

Ils étaient toxiques et dangereux
Il fallait changer, trouver mieux
Une lumière qui changerait la vie
C'était un beau, un grand défi.

Edison essaie le sapin / Mais c'est raté
Le liège, la fibre ou le lin / Encore raté !
Même les coques de noix d'coco
A chaque fois c'est un fiasco
Raté, raté, encore raté !
Même les coques de noix d'coco
A chaque fois c'est un fiasco
Il faut, il faut recommencer !

Le voilà qui cherche, cherche encore
Dans une vraie chasse au trésor
Il enchaîne les tests à la file
Au total il en fait six mille !

Mais seulement une idée géniale
Ça n'se trouve pas sous l'pas d'un ch'val
Mais l'ampoule à incandescence
Oui, l'ampoule à incandescence

Ça ne se trouve pas sur un coup d'chance
Mais où trouver un filament
Qui brille sans brûler prestement ?
Quelle fibre naturelle pourrait
Faire le filament parfait ?

Le bois de rose et l'amadou / Mais c'est raté
Les poils de barbe d'un homme roux / Encore raté !

Tant de tissus et de papiers
Raté, raté, encore raté
Du buis, du cèdre et du noyer
Il faut, il faut recommencer !

Edison cherche la fibre en vain
Dans le coton, dans le satin
Mais peu importe échec ou ratage
Jamais il ne se décourage

Il essaie des poils d'éléphants
Mais ça ne fait pas un filament
Or, un jour il essaie le bambou
Voilà, voilà qui change tout

C'est le bambou, le bambou carbonisé /
Carbonisé !
C'est la fibre, oui la fibre qu'il fallait trouver
A quelle lumineuse idée !
Le filament final'ment , il l'a trouvé, oui trouvé !
Le filament final'ment , à force de chercher, il l'a
trouvé !
C'est le bambou, le bambou carbonisé /
Carbonisé

Etape 2 : Récit de l'invention de « l'ampoule »

Activité : A qui doit-on « l'ampoule » ? (1h15 à 1h30)

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

Résumé	
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 de « l'ampoule ». 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	1h15 à 1h30
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : une photocopie de la Fiche 3A (au format A3) et de la Fiche 4A, trois enveloppes, une grande affiche type feuille de paper board ou feuille A3, un ou des feutres
Messages à emporter	
<p>3. 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.</p> <p>4. Tout le monde pense que Thomas Edison est l'inventeur de « l'ampoule » électrique mais il a amélioré le dispositif qui existait déjà. Joseph Swan a, lui aussi, contribué à cette invention. 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.</p>	

En amont / préparation

- Imprimer, pour chaque groupe d'élèves, un exemplaire de la Fiche 3A au format A3 et un exemplaire de la Fiche 4A (au format A4).
- A partir de la Fiche 4A, 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. Il est également possible d'utiliser le document qui se trouve à l'adresse : <https://lepetitquotidien.playbacpresse.fr/exposes-detail/lepg/thomas-edison-1847-1931>
- 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 4A (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.

Note pédagogique :

- Il est également possible d'enrichir la « base de données » de preuves historiques en utilisant des publicités datant de l'époque d'Edison ou plus récentes. Dans la Fiche 4A, c'est le cas du document « Ediswan » (document C) qui est une affiche publicitaire datant de 1883. Lorsque l'on utilise ce type de documents, il est intéressant d'échanger avec les élèves sur leur crédibilité. Il s'agit ici d'une source primaire d'informations mais peut-on considérer qu'elle est fiable ?

Déroulé possible

Phase 1 : Situation déclenchante (10 min)

L'enseignant fait écouter à la classe la chanson 7 « Le bon filament » (voir Fiche 1A) puis pose la question suivante : « A qui doit-on l'ampoule ? ». 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 de « l'ampoule » 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 3A au format A3 et représente une équipe d'historiens assignée à une salle d'archives.

Phase 2 : 3 jours de recherches (30 min)

- **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 3A. Certaines informations ne sont pas disponibles dans les documents. Le tableau de la Fiche 3A ne peut être que partiellement rempli.
- **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, les élèves ouvrent l'enveloppe 3. Les « chercheurs » ont maintenant beaucoup de matériel. Il vaut mieux prendre le temps de bien réfléchir.

Note pédagogique :

- 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.

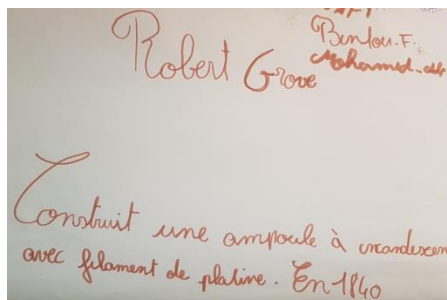
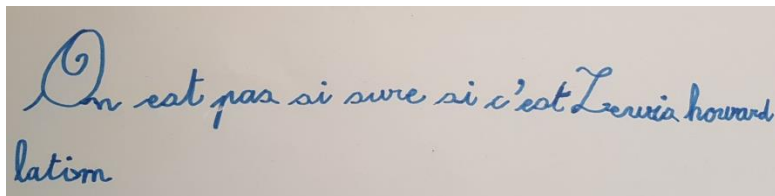
Phase 3 : Mise en commun des données et confrontation des hypothèses (20 à 35 min)

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

Note pédagogique :

- 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.

• **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 de « l'ampoule », d'autres s'appuient sur les dates mentionnées.



Affiche d'élèves de CM2 – classe d'Anne-Josèphe Laperdrix (enseignante à Paris)

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 de « l'ampoule ». Ils préparent une affiche qui présente la chronologie des découvertes liées à « l'ampoule ».

• **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.

Conclusion (10 min)

Le professeur explique aux élèves que les groupes ont construit une partie du récit de l'invention de « l'ampoule » et qu'il faut maintenant les agencer pour pouvoir construire le récit complet puis le confronter au récit admis par la communauté des historiens. Il 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 séance. 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 l'inventeur de « l'ampoule » électrique mais il a amélioré le dispositif qui existait déjà. Joseph Swan a, lui aussi, contribué à cette invention. 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.* »

Prolongement possible :

Pour aider les élèves à adopter une prudence sur un point de vue postérieur, il est possible de les faire travailler sur une séquence dédiée à Charles Darwin : <https://www.fondation-lamap.org/fr/node/64899>.

Notes scientifiques :

- Les groupes d'élèves ne construisent pas de récits complets mais partiels. C'est pourquoi ils sont en fait 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 4A n'ont pas tous le même statut. Certains documents sont des preuves historiques (documents B, C, D et E) car ils ont été produits à l'époque de Thomas Edison. Les documents A, F, G, H et I sont des récits construits à partir de documents historiques.

Références :

- Séquence « On a retrouvé des os », projet *Esprit Scientifique, Esprit Critique*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/62533/on-a-retrouve-des-os>
- *Douze leçons sur l'histoire*, Antoine Prost, Editions du Seuil 2014

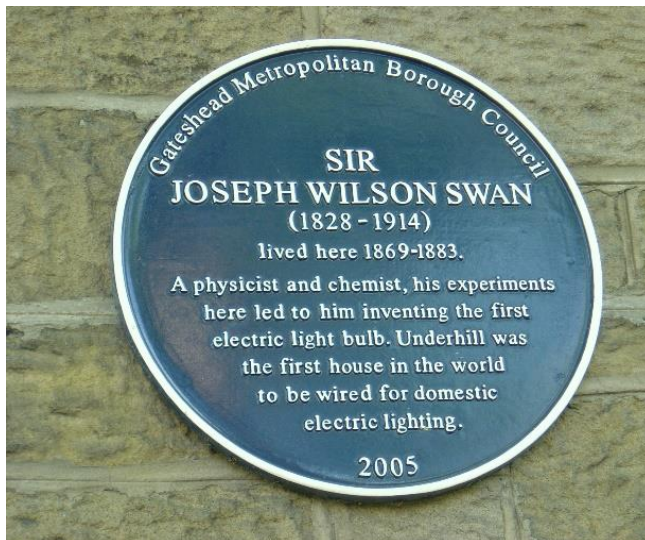
Fiche 3A : Carnet de recherches historiques

	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 4A : Documents trouvés dans les « archives » (Sources des documents listées en fin de séquence)



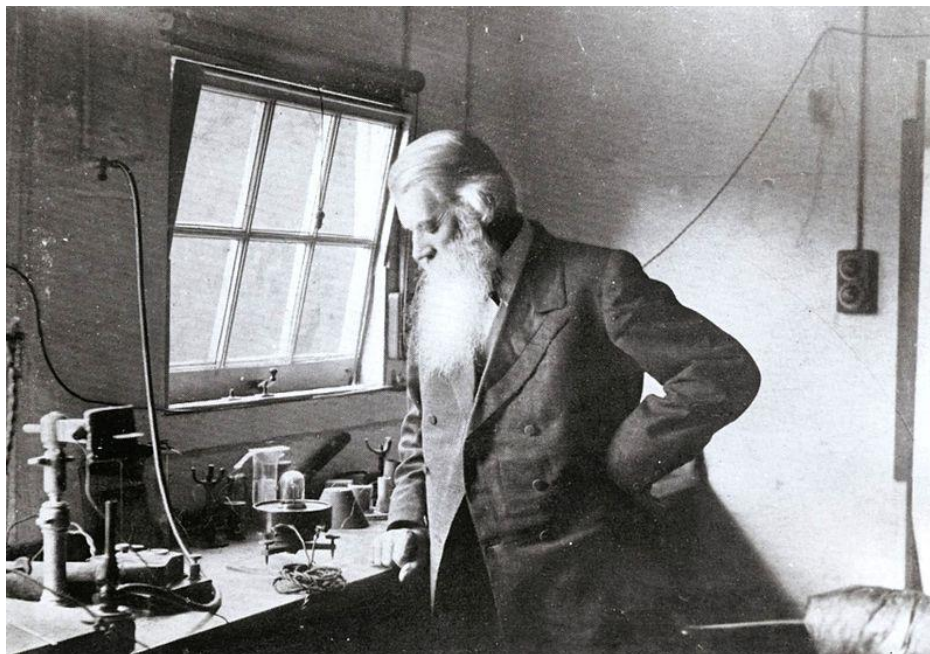
Document A



Plaque apposée à l'ancienne résidence de J. Swan



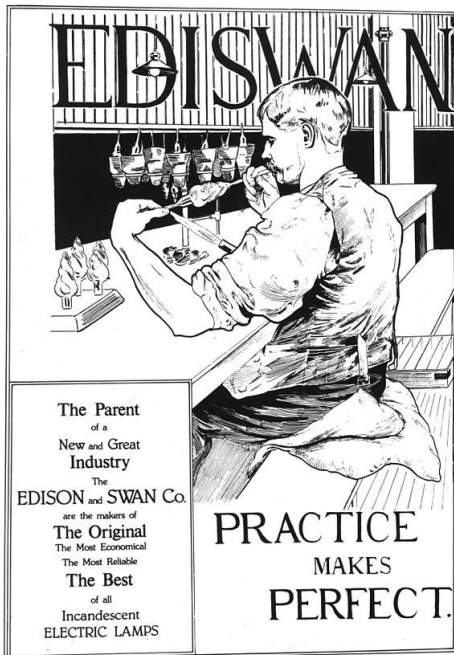
Document B



Joseph Swan dans son laboratoire (date de publication de la photographie inconnue)



Document C



Traduction :

Ediswan :

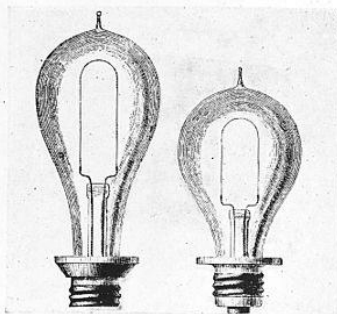
Les parents d'une nouvelle et grande industrie, l'entreprise Edison et Swan sont les fabricants de l'original, la plus économique, la plus fiable, la meilleure de toutes les lampes électriques à incandescence.

C'est en forgeant qu'on devient forgeron.

Publicité (publication probable en 1883)



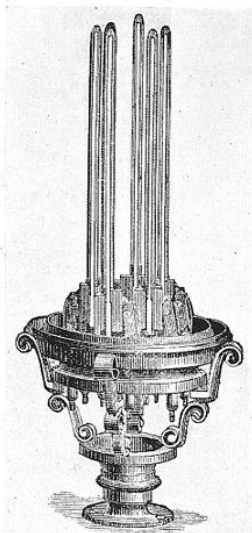
Document D



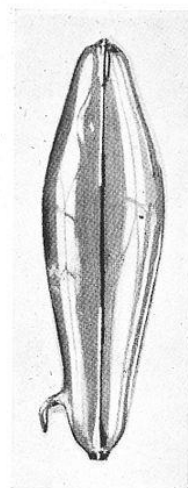
Edison's Bamboo Carbon Filament Incandescent Lamps, 1881 — 1882 type. (See page 158.)

Traduction :

La lampe à incandescence d'Edison équipée d'un filament de bambou et d'un filament de carbone. Modèle de 1881-1882.



Jablochkov's Electric Candle. (See page 151.)



Swan's original Newcastle Carbon Rod Electric Lamp, 1878. (See page 156.)

Traduction :

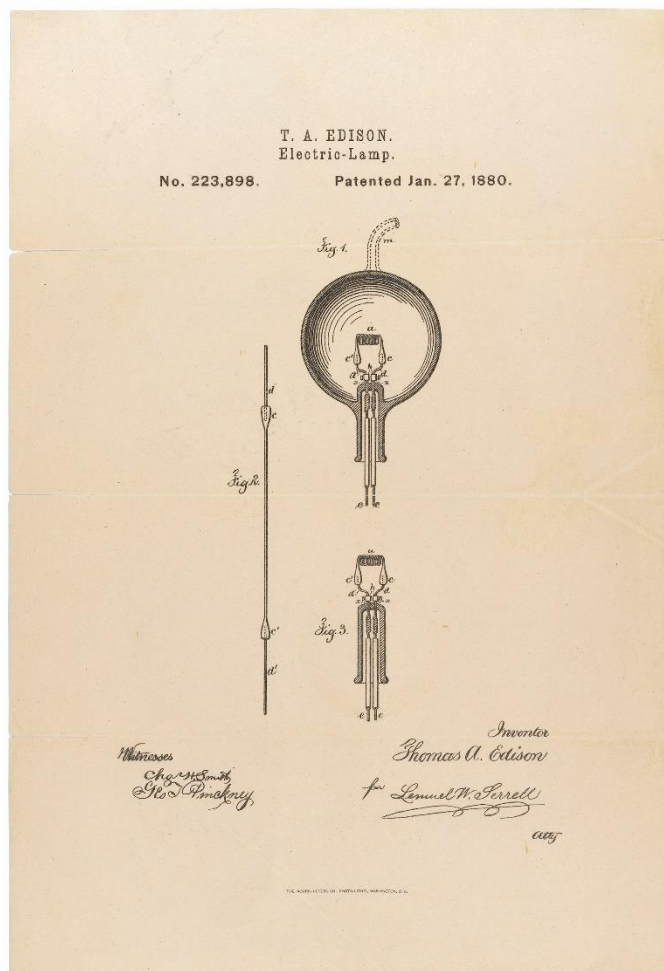
Figure de gauche : La lampe à arc électrique de Jablochkov

Figure de droite : La lampe à incandescence de Swan équipée d'un filament de carbone. Modèle de 1878.

Extrait du livre *50 ans d'électricité*, J.A. Fleming, publié en 1921.



Document E



Ampoule électrique : brevet déposé par Thomas Alva Edison le 27 janvier 1880

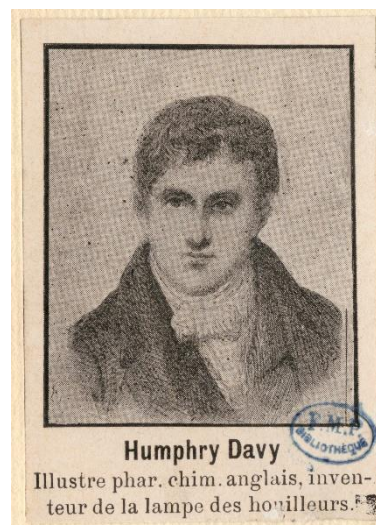


Document F



En 1878, l'avenue de l'Opéra à Paris est éclairée par les lampes à arc électrique de Yablochkov.

Document G



En 1809, Humphry Davy découvre les principes de l'éclairage à l'arc électrique.



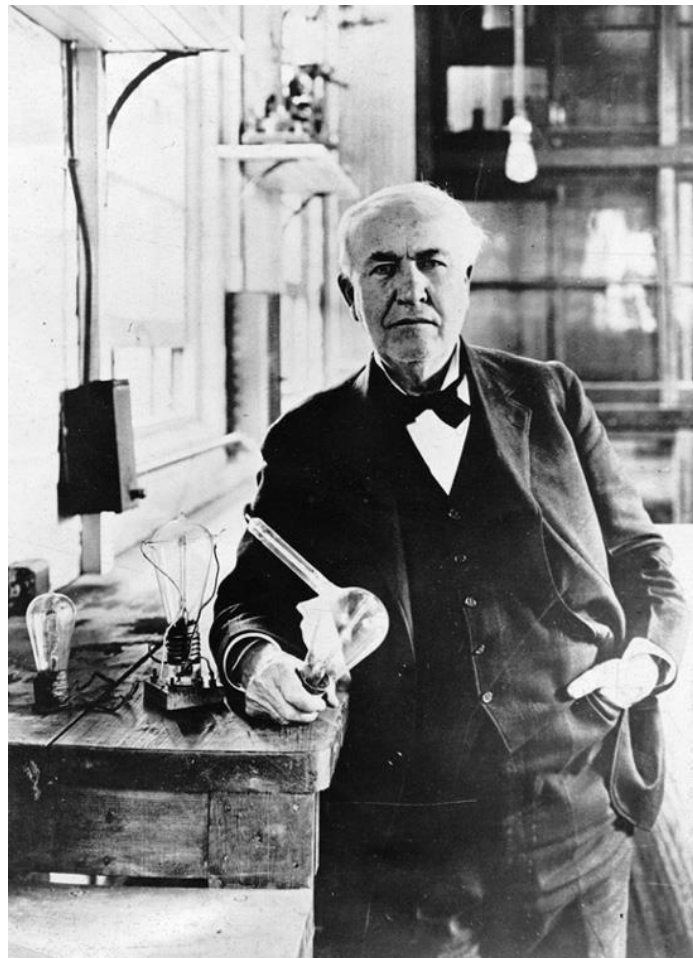
Document H



En 1840, Robert Grove construit une ampoule à incandescence avec filament de platine.



Document I



Thomas Edison, inventeur de l'ampoule à incandescence (photographie datant de 1918 ou 1919).

Etape 3 : L'incandescence

Activité : Comment produire de la lumière ? (1h)

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

Résumé	
Discipline	Physique-Chimie
Déroulé et modalités	Les élèves sont amenés à comparer deux phénomènes que les humains ont exploités pour produire de la lumière : la combustion (brûler une matière) et l'incandescence (monter une matière à haute température pour qu'elle émette sa propre lumière).
Durée	1h
Matériel	Pour chaque groupe d'élèves : 2 fils électriques et 4 pinces crocodiles, une lampe (3,5V ou 6V) munie d'une douille, une pile 4,5V (usée si possible), 1 bougie chauffe-plat, une petite loupe, un pot en verre, des piques à brochettes ou des cure-dents (en bois). Pour la classe : une boîte d'allumettes, limaille de fer, une coupelle.
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Quand on chauffe une matière, elle devient lumineuse. C'est ce qu'on appelle l'incandescence. 2. Pour mieux comprendre un phénomène, les scientifiques peuvent être amenés à le comparer à un autre. 	

Déroulé possible

Phase 1 : Situation déclenchante (10 min)

L'enseignant demande aux élèves de rappeler les différentes manières de produire de la lumière que les humains ont exploitées à travers les époques. Pour les élèves qui en ont besoin, il rappelle qu'il est possible de consulter son cahier de sciences dans lequel la chanson sur le filament est consignée.

Les élèves notent pendant 3 minutes leurs idées dans leur cahier de recherches, puis le professeur anime une mise en commun pour noter les propositions au tableau, par exemple :

- En faisant du feu ;
- Avec une lampe ;
- Avec une bougie ;
- Avec une allumette...

Note pédagogique :

- Si les élèves proposent d'utiliser la lumière solaire de façon indirecte (par des réflexions sur un miroir par exemple), il faut préciser que l'on cherche des moyens autonomes de produire de la lumière, c'est-à-dire même en l'absence de Soleil.

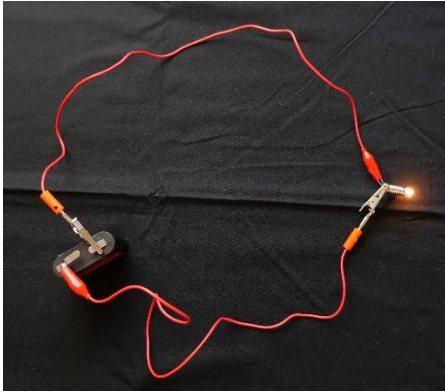
Le professeur résume les propositions. Sa synthèse peut prendre la forme suivante : « *Les humains utilisent deux façons de produire de la lumière : en allumant du feu et en allumant des ampoules* ».

Phase 2 : Observons le filament d'une lampe (15 min)

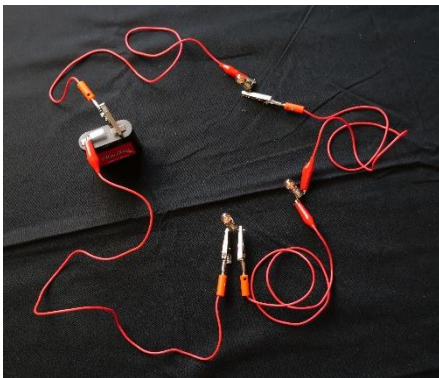
Le professeur distribue 2 fils électriques et 4 pinces crocodiles, une lampe munie d'une douille, une pile à chaque groupe d'élèves et leur demande d'allumer la lampe. Il distribue de petites loupes et demande aux élèves d'observer la lampe et d'en faire le schéma (ou le dessin) en indiquant où se trouve la partie qui produit la lumière.

Note pédagogique :

- Les petites « ampoules » utilisées dans les circuits électriques conviennent très bien.
- Il faut utiliser la lampe en sous-tension pour pouvoir observer plus facilement le filament. Il y a plusieurs manières d'obtenir ce résultat : travailler avec des piles usées, travailler avec des lampes dont la tension nominale est de 6 ou 12V. Il est également possible de mettre plusieurs lampes dans un circuit série. Ainsi les lampes se partageront la tension de la pile et fonctionneront en sous-tension.



Une seule lampe 3,5V dans le circuit ne permet pas d'observer le filament.



Avec 3 lampes, le filament est observable.

- Il ne s'agit pas ici de faire faire aux élèves un schéma détaillé et légendé d'une lampe dans son intégralité. L'identification des différentes parties de la lampe avec le vocabulaire spécifique associé peut faire l'objet d'un prolongement lors d'une autre séance, ou être rappelé rapidement si les élèves l'ont déjà abordé.

Phase 3 : Observons une bougie (10 min)

L'enseignant distribue une bougie à chaque groupe d'élèves. Il allume la bougie et demande aux élèves d'observer la bougie et d'en faire le schéma (ou le dessin) en indiquant où se trouve la partie qui produit la lumière. Si les élèves ne connaissent pas le mot, il leur indique que c'est la mèche qui produit la lumière.



Note pédagogique (et de sécurité) :

- En fonction de l'autonomie des élèves et de leurs habitudes de manipulation, une seule bougie peut être allumée par le professeur et présentée à la classe. Si les élèves font l'expérience eux-mêmes, les cheveux doivent être attachés et les manches retroussées.

Phase 4 : Comparons les deux objets (25 min)

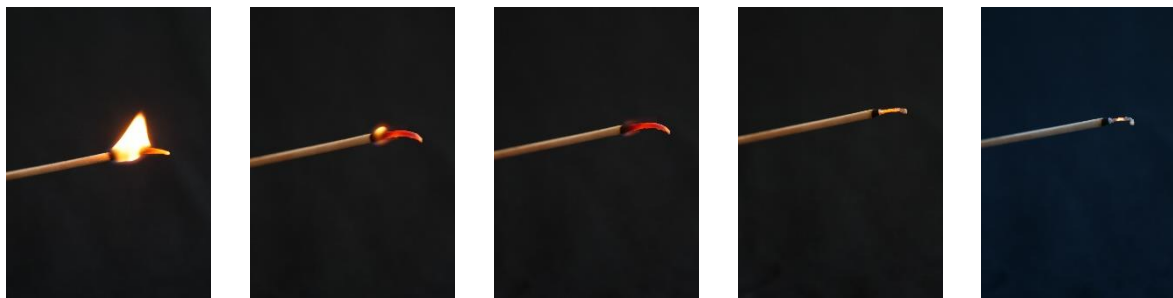
Le professeur demande aux élèves de comparer les deux objets qui produisent de la lumière. S'il juge que les élèves en ont besoin, il propose quelques éléments à comparer : odeur, présence d'une flamme, présence de fumée, émission de chaleur, disparition de matière.

Après un échange avec la classe, il conclut qu'à ce stade de leurs recherches, les élèves constatent que les deux objets, « ampoule » et bougie, ne se comportent pas de la même façon lorsqu'ils sont allumés. Ils ne sont certes pas allumés de la même façon : l'un a besoin d'une pile, l'autre d'une allumette. Mais il y a aussi une différence de structure entre les deux : la lampe possède une « coque de protection » en verre mais pas la bougie.

Le professeur demande aux élèves « Que se passe-t-il si on ajoute à la bougie une telle protection ? ». Un échange avec la classe permet de recueillir rapidement les idées des élèves. L'enseignant distribue un pot en verre à chaque groupe. Les élèves (ou le professeur si l'expérience est faite au bureau) retournent un pot en verre (pot à confiture par exemple) sur leur bougie allumée et observent ce qu'il se passe. Les observations sont collectées par le professeur dans un échange avec la classe : la bougie finit par s'éteindre (le professeur fait préciser : la flamme disparaît).



L'enseignant propose alors aux élèves d'allumer un cure-dents ou un pique à brochettes. Au bout de quelques instants, les élèves soufflent sur le pique à brochettes pour l'éteindre. Le professeur porte l'attention des élèves sur la variation des couleurs : lumière blanche, puis rouge vif, rouge foncé, puis extinction totale.



Evolution de la couleur du pique à brochettes après combustion

Le professeur fait formuler aux élèves l'ordre dans lequel les choses se passent : la flamme s'éteint, la mèche brille encore un moment puis s'éteint elle aussi. Il demande aux élèves s'ils peuvent expliquer pourquoi le pique à brochettes continue à briller en l'absence de flamme. Les élèves proposent assez intuitivement que c'est parce qu'il est encore chaud.

Prolongement possible :

- L'enseignant met en contact de la limaille de fer et une pile. La limaille de fer s'enflamme. Cette expérience n'est réalisée que par le professeur. Des vidéos de cette expérience sont faciles à trouver sur Internet si le professeur ne souhaite pas la réaliser.

Conclusion (10 min)

Le professeur explique alors que les parties « filament » du pique en bois et de la lampe s'allument en chauffant. Dans le premier cas, le pique en bois est chauffé par combustion (utilisation d'une flamme), dans le deuxième cas, le filament est chauffé par le passage de l'électricité. Dans le cas de la bougie et du pique en bois, l'énergie est apportée par la combustion (énergie chimique), une fois celle-ci achevée, la lumière s'éteint progressivement. Dans le cas de l'ampoule électrique, l'allumage est maintenu grâce à l'apport continu d'énergie électrique de la pile. Le professeur précise aux élèves que c'est ce que dit le texte de la comptine :

*« Où passe l'électricité / La matière peut s'échauffer,
Elle chauffe et elle éclaire / Elle fait de la lumière ! ».*

Après cette explication, le professeur propose une trace écrite qui peut prendre la forme suivante : « *Quand on chauffe une matière, elle devient lumineuse. C'est ce qu'on appelle l'incandescence.* »

Il précise aux élèves que le bambou carbonisé est la première matière performante trouvée par l'équipe d'Edison mais que les tests continueront et qu'à chaque fois qu'une matière sera plus performante (c'est-à-dire que sa durée de vie sera plus longue), elle remplacera la précédente. Ainsi, aujourd'hui, les lampes à incandescence classiques sont dotées d'un filament de tungstène et il n'y a plus de bambou.

Note pédagogique :

- Le passage de la chanson « *C'est le bambou, le bambou carbonisé / Carbonisé ! - C'est la fibre, oui c'est la fibre qu'il fallait trouver* » évoque le procédé de fabrication du filament de la lampe et non la façon dont il s'allume.

En complément, le professeur peut expliquer que tous les objets et les êtres vivants émettent de la lumière du fait de leur température. Quand celle-ci est très élevée, on peut voir cette lumière : les braises dans le feu, le filament de la lampe, la mèche de la bougie, le métal en fusion... Quand celle-ci est plus basse, comme les objets dans la pièce, ou nos corps à 37°C, on ne peut pas voir cette lumière. Elle porte le nom d'infrarouge et peut être enregistrée avec des caméras spéciales.

Note scientifique :

- Sur ce thème, il est intéressant de regarder cette conférence qui propose de découvrir le monde qui nous entoure en infrarouge lointain : <https://www.youtube.com/watch?v=1enHAosxU-Q>

Entrainement

A la séance suivante, le professeur propose un exercice d'entraînement pour consolider les notions travaillées. Cet exercice peut prendre une forme orale. Le professeur projette quelques photographies et demande aux élèves d'indiquer si la lumière produite l'est par combustion ou par incandescence (comme avec la lampe d'Edison). Il est possible notamment de faire réfléchir les élèves sur une photographie de forgeron en train de travailler. Sur ce type de photographies, il y a en général de la lumière émise par la forge et de la lumière émise par la pièce de métal au travail.

Etape 4 : Histoire de l'éclairage public

Activité : Et la lumière fut ! (3h)

Objectif général : Effectuer une recherche bibliographique. En extraire des informations pertinentes. S'approprier les informations. Citer ses sources.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Le professeur propose aux élèves d'effectuer une recherche documentaire sur l'histoire de l'éclairage public en reprenant les grandes étapes proposées dans la chanson 7 (Fiche 1A). Les données collectées pertinentes sont présentées sous la forme d'une frise collective qui pourra servir à la scénographie de l'opéra ou d'affiches à présenter aux parents avant ou après le spectacle.
Durée	1h pour la recherche documentaire + 2h pour la mise en forme de la frise chronologique ou des affiches.
Matériel	Pour l'ensemble de la classe : casques audio, ordinateurs connectés à Internet et/ou ouvrages sur des inventions et découvertes (voir bibliographie en fin d'activité), feuilles de brouillon, grandes affiches de couleur, stylos et feutres, colles, grandes règles d'1 m (facultatif). Pour chaque élève : Fiche 5A (photocopie et/ou version numérique).
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pour pouvoir effectuer une recherche documentaire efficace, il faut bien choisir ses mots-clés. Il est également important de multiplier les sources d'informations et de prendre le temps de vérifier si ses sources d'informations sont fiables. 2. On peut dire que la société a un impact sur le développement de la science mais aussi que les avancées de la science transforment la société. 	

Déroulé possible

Activité 1 : Collecte des données (1h)

Phase 1 : Brainstorming sur les mots-clés à utiliser lors de la recherche (10 min)

Le professeur explique aux élèves qu'ils vont faire des recherches documentaires pour retracer l'histoire de l'éclairage public. L'enseignant demande aux élèves de noter dans leur cahier de sciences tous les mots qui leur passent par la tête en rapport avec le mot « éclairage ». Ils ont 3 minutes pour faire ce travail préliminaire individuel. Au bout des 3 minutes, le professeur propose aux élèves volontaires de lire un des mots écrits dans leur cahier. L'enseignant note au tableau les différentes propositions.

Suite à cette mise en commun, l'enseignant et les élèves se mettent d'accord sur une liste de mots-clés à utiliser dans les moteurs de recherche en ligne (dont celui du CDI ou de la bibliothèque municipale) ou dans la partie index des ouvrages documentaires présents dans la salle. Si c'est la première fois que les élèves effectuent une recherche documentaire, il est impératif de bien leur montrer où se trouve l'index et de leur expliquer comment l'utiliser. Sinon, ils risquent de feuilleter l'ouvrage et de perdre beaucoup de temps.

Phase 2 : Recherche documentaire (40 min)

Chaque équipe de 3 à 4 élèves se lance dans la recherche documentaire après s'être organisée. Pour aider, le professeur peut poser les questions suivantes : « Qui s'occupe du catalogue (et donc des ouvrages) du CDI ? Qui s'occupe de chercher sur Internet ? Etc. »

Pour aider les élèves à organiser leur travail, le professeur distribue (en version numérique et/ou en version papier) la Fiche 5A. La production finale peut être manuscrite ou numérique suivant les compétences que l'enseignant souhaite faire travailler aux élèves et l'équipement de l'établissement.

Pour la recherche, il est pertinent de travailler principalement sur des ouvrages, plutôt que d'effectuer des recherches sur Internet. Les élèves peuvent ne tomber que sur des pages Internet peu accessibles à des élèves. Les ouvrages proposés dans les références (à retrouver à la fin de l'activité) sont une bonne base de recherche (notamment les encyclopédies d'innovations ou de découvertes). A la fin du travail bibliographique, quelques illustrations complémentaires peuvent être recherchées sur Internet par les élèves pour compléter les « données collectées » dans les ouvrages.

Notes pédagogiques :

- Cette activité peut être mise en œuvre avec le professeur documentaliste.
- Pour les élèves qui en ont besoin, le professeur peut proposer de trouver les passages utiles dans les ouvrages puis faire un agrandissement du texte. Ils pourront ainsi surligner les informations pertinentes sans les recopier.
- Les élèves découvrent au fur et à mesure de leurs recherches qu'il n'y a pas d'éclairage public dans toutes les zones du monde et que certains éclairages comme les lampes à paraffine sont encore utilisées en Afrique notamment.

Conclusion (10 minutes)

A la fin de ce travail, la Fiche 5A complétée est collée dans le cahier des élèves pour servir de trace écrite. Un échange entre la classe et l'enseignant permet de récapituler les bonnes pratiques de recherche documentaire (rôle de l'index, pertinence des mots-clés...).

Références pour la recherche documentaire des élèves :

- Emission *C'est pas sorcier, Les lumières de la ville : les sorciers nous éclairent*
- *Inventeurs de génie*, Fleurus Editions 2015
- *Inventeurs et inventions*, Les yeux de la découverte, Gallimard 2005
- *Comment tout a été inventé (ou presque)*, Jilly MacLeod et Lisa Swerling, Flammarion 2007
- *Les grandes inventions*, Michel Rival, Larousse 2005
- Manuels scolaires de Physique-Chimie et de Technologie de cycle 3 et 4
- Articles de la revue *Sciences et Vie Junior*

Activité 2 : Tri des données et mise en forme (2h, à répartir en plusieurs séances)

Phase 1 : Tri des informations (30 min)

Le professeur annonce aux élèves qu'ils vont créer une frise chronologique collective qui servira d'élément de scénographie. Il peut choisir de leur demander de réaliser des affiches (une affiche par groupe de 3 à 4 élèves). L'enseignant fait de nouveau écouter ou lire la chanson sur le filament (Fiche 1A) aux élèves en leur demandant d'extraire cette fois-ci les grandes étapes de l'éclairage public décrites dans l'opéra. Après un échange avec la classe, le professeur note au tableau les grandes étapes à mettre en avant dans les affiches ou sur la frise chronologique collective.

Pendant 5 minutes, les élèves relisent les informations qu'ils ont collectées lors de la séance de recherche documentaire et choisissent une étape de l'histoire de l'éclairage public sur laquelle ils peuvent travailler. En faisant le tour des groupes d'élèves, le professeur fait un inventaire des périodes traitées sur la frise ou par

les affiches. Si certaines étapes ne sont pas traitées, l'enseignant échange avec certains groupes pour essayer d'équilibrer au sein de la classe le traitement des différentes périodes.

Phase 2 : Travail du brouillon (30 min)

L'enseignant demande aux élèves de commencer par faire un brouillon de la partie de frise (ou de l'affiche) dont ils ont la charge. Si c'est la première fois que les élèves réalisent ce type de productions, il est intéressant de faire le point avec la classe sur les critères à respecter pour que la production soit agréable à lire et complète.

Après un échange avec la classe, le professeur liste les critères au tableau (ou sur une grande feuille blanche) qui peuvent être par exemple :

« Pour qu'une affiche soit lisible,

- nous devons mentionner le titre de notre travail ;
- nous devons présenter les informations sous forme d'ilots et ne pas rédiger un long texte ;
- nous avons le droit de ne pas faire de phrases complètes ;
- nous devons insérer des illustrations ;
- nous devons équilibrer la maquette de l'affiche (alternance entre illustrations et ilots de texte) ;
- nous devons écrire lisiblement ;
- nous ne devons pas laisser de fautes ;
- nous ne devons pas laisser de ratures ;
- nous devons indiquer les sources de nos informations dans un coin de l'affiche ;
- nous devons écrire nos noms dans un coin de l'affiche.

Les élèves pourront se référer à cette liste pour évaluer leur travail avant de solliciter le professeur.

Phase 3 : Mise au propre des affiches (50 min)

Si les élèves ont bien avancé, le professeur peut ramasser les brouillons ou les productions plus abouties et noter les corrections à y apporter sur une feuille (qu'il joindra à l'affiche à l'aide d'un trombone pour ne pas écrire directement sur la production des élèves) ou directement sur une impression de la production en A4 (si elle est numérique). Cette correction peut se faire tout au long du travail des groupes (si la classe est assez autonome) ou pour la séance suivante.

Quand les productions sont avancées mais pas encore finalisées, le professeur peut les installer sur les murs de la classe à différents endroits et demander aux élèves d'en faire le tour. Au bout de 10 minutes, l'enseignant demande aux élèves de reprendre leur place. Après un échange avec la classe, il conclut sur les différences et les points communs des productions. Il revient sur les dates indiquées sur les travaux des élèves qui peuvent être contradictoires.

Conclusion (10 min)

Les élèves finalisent leur production en prenant en compte les conseils et corrections proposés par le professeur. Une photographie des productions (si l'option papier est choisie) ou une impression en A4 et en noir et blanc sert de trace écrite dans le cahier de sciences des élèves. Le professeur échange avec la classe sur ce qui semble important à retenir à la fin de cette étape. Voici un exemple de trace écrite possible suite à cet échange : «Le développement des solutions techniques permettant de s'éclairer la nuit a profondément changé le quotidien, notamment le rythme des journées. On peut dire que la société a un impact sur le développement de la science mais aussi que les avancées de la science transforment la société.»

Fiche 5A : Aide à la recherche documentaire

Consigne :

Pour différents types d'éclairage, rechercher les informations suivantes :

- l'époque de l'invention,
- le lieu,
- une explication (courte) de la manière dont elle fonctionne.

Information	
Reformuler l'information.	
Source	

Information	
Reformuler l'information.	
Source	

Information	
Reformuler l'information.	
Source	

Étape 5 : Est-ce de la magie ?

En amont de cette étape

Le professeur distribue aux élèves la Fiche 6A dans laquelle ils vont consigner les observations qu'ils vont réaliser sur les lampes de la maison. De retour en classe, l'enseignant ramasse les fiches remplies.

En dehors du temps de classe et à partir des croquis des élèves, l'enseignant crée une affiche en regroupant les dessins qui semblent présenter le même type de lampes. Il calcule ensuite le nombre moyen de lampes dans une maison à partir des données collectées par les élèves. Il installe l'affiche sur un mur de la classe.

Activité : Comment expliquer un drôle de phénomène ? (1h15)

Objectif général : Multiplier les observations pour construire des connaissances.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves essaient de trouver des explications rationnelles à un phénomène qui semble surnaturel (des lampes claquent en masse, en même temps et à distance). Puis le professeur leur « fait vivre » une expérience de pensée pour les aider à trancher sur l'explication du phénomène observé.
Durée	1h + 15 min d'exercice d'entraînement
Matériel	Pour chaque élève : photocopie des documents de la Fiche 7A Pour l'ensemble de la classe : de très nombreuses photocopies des lampes représentées sur la Fiche 8A
Messages à emporter	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lorsque les scientifiques étudient un phénomène, ils doivent garder l'esprit ouvert à d'autres explications possibles. Si on ne peut pas exclure le rôle du hasard alors on ne peut pas valider son hypothèse. 2. Dans le cas des lampes qui grillent massivement, il faut prendre en compte le fait qu'elles peuvent claquer sans raison particulière, juste parce qu'elles sont en fin de vie. 	

Déroulé possible

Phase 1 : Recueil des idées des élèves (10 min)

Le professeur distribue ou fait distribuer le document 1 de la Fiche 7A qui présente « l'exploit télévisuel » d'un médium. Les élèves prennent connaissance du texte. L'enseignant pose la question « qu'en pensez-vous ? ». Certains élèves peuvent dire spontanément « c'est incroyable ! ». Le professeur peut prendre quelques minutes pour revenir sur le sens du mot « incroyable » et faire un rapide sondage à main levée auprès de la classe en posant la question « qui pense que c'est incroyable, qui pense que c'est croyable ? ».

Pour vérifier que l'ensemble des élèves a bien compris le contenu du document, le professeur demande à la classe de reformuler ce que le texte présente. Il explicite les mots de vocabulaire qui posent problème.

A la fin de cet échange, l'enseignant peut proposer cette reformulation : « Lors d'une émission de télévision, un puissant médium prétend être capable de faire griller des lampes électriques à distance par télékinésie. »

Notes pédagogiques :

- Si le document 1 de la Fiche 7A n'est pas adapté au niveau de lecture des élèves, le professeur peut choisir de lire lui-même le texte à haute voix. Il peut également « conter l'histoire ». L'enseignant peut alors poser la question « est-ce que cette histoire est vraie ou fausse et pourquoi ? »
- Certains élèves demandent le nom du médium. N'ayant pas à disposition cette information, nous avons choisi d'en inventer un. Le médium de notre expérience de pensée se nomme Nicolas Farinella.

L'enseignant demande aux élèves d'essayer d'expliquer ce qui s'est passé lors de l'émission de télévision. Les élèves ont de très nombreuses idées à ce sujet. Beaucoup pense à un complice qui aide à duper l'audience : « il a dû tricher », « quelqu'un a coupé tous les circuits », « soit c'est un exploit, soit c'est un complotage », « c'est un faux document, ils ont inventé l'histoire », « peut-être ils ont mis des ampoules cassées », « ils ont rajouté des piles pour que ça brille plus (les piles seraient donc en surtension d'après cette proposition d'élève) », « peut-être, c'est la malchance », « c'est faux parce que ça se peut pas par la pensée », « quelqu'un a déréglé leur lumière », « si c'est vrai, leur ampoule fonctionnait pas beaucoup », « les gens ont appelé et ont menti ».

Les élèves débattent spontanément des manières de valider leurs idées : « on peut voir l'émission pour vérifier », « mais il y a des effets spéciaux dans les émissions », « ça ne marche que pendant cette heure-là donc on ne peut pas regarder de nouveau l'émission », « si tu regardes l'émission, tu ne peux pas regarder ce qui se passe chez les gens », « ils ont coupé l'électricité », « mais la télé ne marcherait pas non plus. Donc, non, c'est pas ça ».

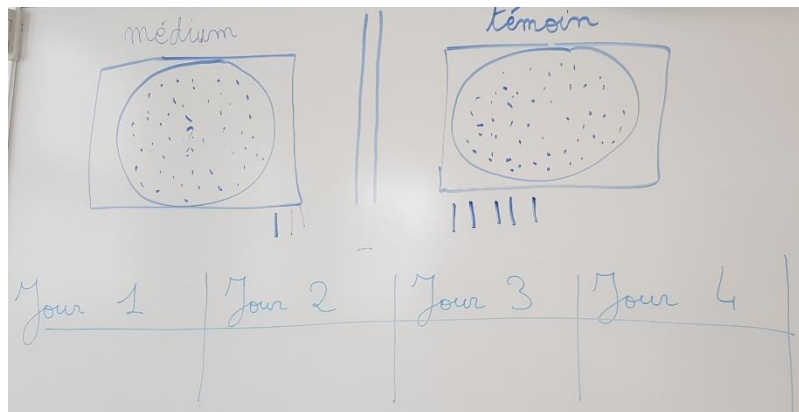
Le professeur explique alors que, comme eux, des scientifiques se sont questionnés sur ce phénomène.

Phase 2 : Résultat du protocole expérimental permettant de tester les « pouvoirs » du médium (20 min)

Le professeur présente alors l'expérience proposée par un laboratoire de recherches qui souhaite vérifier en conditions contrôlées si le médium a des pouvoirs surnaturels. De bonne foi, le médium a accepté la proposition du laboratoire. L'expérience est décrite dans le document 2 de la Fiche 7A qui est distribuée aux élèves.

Note pédagogique :

- Si le document 2 de la Fiche 7A n'est pas adapté au niveau de lecture des élèves, le professeur peut choisir de lire lui-même le texte à haute voix ou de présenter l'expérience de pensée.



L'enseignante a schématisé l'expérience de pensée pour aider les élèves à mieux la comprendre. Les carrés représentent les salles vues du dessus et les points, les lampes – classe de CM2 d'Anne-Josèphe Laperdrix.

Complément au document 2 de la Fiche 7A :

- Pour isoler une pièce électriquement, on utilise une cage de Faraday. Les lampes sont allumées grâce à une source d'énergie autonome qui se trouve à l'intérieur de la pièce isolée.

Après un échange avec la classe lui permettant de vérifier que les élèves ont compris le protocole mis en œuvre, le professeur présente les résultats obtenus (répertoriés dans le document 3 de la Fiche 7A). Le professeur demande aux élèves de prendre connaissance des résultats des deux expériences menées en parallèle et de les comparer. Si les élèves en ont besoin, il précise ce que signifie comparer.



Document 3

1000 les résultats des expériences considérées.

Expérience	Nombre de lampes grillées en salle « témoin »	Nombre de lampes grillées en salle « médium »
1	2	12
2	2	9
3	10	12
4	9	11
5	9	8
6	11	10
7	12	12
8	10	10
9	10	10
10	9	10

Document 4

Un médium veut de publier une vidéo sur la chaîne youtube. Il annonce qu'il peut agir à distance sur les ampoules. A son claquement de doigt et dans l'heure qui suit, il annonce que nos ampoules grillent. On les nombreux commentaires sous la vidéo démontrent le pouvoir du médium.

1. Que penser de ce texte ?
2. Evaluer le nombre d'ampoules touchées par ce médium.

Sciences d'ici et d'ailleurs

Elèves de CM2 en train de comparer les résultats du document 3 – classe d'Anne-Josèphe Laperdrix.

Le professeur pose la question : « y a-t-il toujours plus de lampes qui grillent dans la salle avec le médium ? ». Les élèves comptent le nombre d'expériences pendant lesquelles il y a plus de lampes qui ont claqué dans la salle « médium » que dans la salle « témoin ». La classe conclut que :

- pour 6 expériences, c'est la salle sans le médium qui a eu le plus de lampes qui ont grillées,
- pour une expérience, il y a eu le même nombre de lampes qui ont claqué,
- dans trois expériences, c'est dans la salle médium que le nombre de lampes grillées a été le plus important.

Certains élèves demandent « on a dit au médium qu'il y avait une salle témoin ? Parce que sinon comment il a fait pour faire griller les ampoules ? ». Le professeur rappelle que les salles sont, de toute façon, isolées électriquement du reste du bâtiment.

Si les élèves ont du mal à conclure, le professeur leur pose la question « est-ce que la présence du médium change quelque chose ? ». Les élèves répondent qu'il n'y a pas besoin du médium pour observer le phénomène. Le professeur peut donc conclure que Nicolas Farinella n'a aucun impact sur les lampes. Il pose alors la question : « mais alors d'où cela peut-il venir ? ». Il revient sur les propositions d'élèves consignées lors de la phase 1, notamment celles qui semblent parler de hasard ou de la durée de vie des ampoules comme « peut-être, c'est la malchance », « si c'est vrai, leur ampoule fonctionnait pas beaucoup », « peut-être ils ont mis des ampoules cassées ».

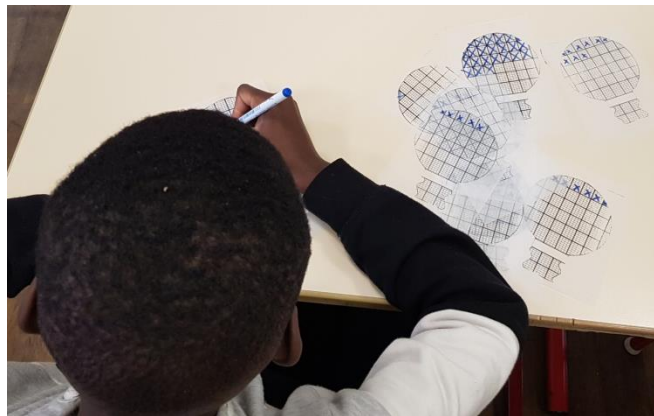
Phase 3 : Simulation de l'expérience de pensée (20 min)

L'enseignant explique aux élèves que, lorsque l'expérience télévisuelle a eu lieu en 1987, la plupart des lampes utilisées étaient des lampes à incandescence classiques dont la durée de vie était de 1 000 heures. L'enseignant explique aux élèves que pour être sûrs qu'un phénomène a vraiment lieu, les scientifiques cherchent à exclure d'autres explications possibles, dont le hasard.

Le professeur distribue aux élèves leur Fiche 6A et autant de photocopies de lampes de la Fiche 8A qu'ils ont de lampes à la maison. Il leur explique que chaque petit carré correspond à une heure de fonctionnement (sans arrêt) et que, dans chaque grand carré, il y a 24 petits carrés soit 1 journée de fonctionnement (en continu) pour la lampe. Il y a en tout 41 grands carrés dans le schéma car une ampoule vit 41 jours (si elle fonctionne en continu).

L'enseignant demande alors aux élèves de décider au hasard le nombre de jours d'utilisation en continu de chaque lampe. Par exemple, si une « ampoule » a déjà fonctionné l'équivalent de 20 jours sans interruption, les élèves cochent 20 grands carrés sur son schéma. Si elle est toute neuve, ils ne cochent aucune case. Si elle est en fin de vie, ils cochent 38 ou 40 grands carrés.

Les élèves prennent le temps de définir au hasard « l'usure » de leurs lampes.



Un élève de CM2 en train de définir au hasard « l'usure » des lampes de sa maison – classe d'Anne-Josèphe Laperdrix.

Le professeur propose alors de simuler plusieurs jours d'utilisation (en continu) des lampes.

- **Jour 1 :** Le professeur demande aux élèves de cocher un jour de plus sur chaque lampe présente à la maison et de lui signaler si certaines lampes grillent. Les élèves concernés lèvent le doigt et donnent leur schéma. L'enseignant affiche les schémas au tableau et note « Jour 1 » à côté.
- **Jour 2 :** Le professeur demande de nouveau aux élèves de cocher un jour de plus sur chaque lampe présente à la maison et de lui signaler si certaines lampes grillent. Les élèves concernés lèvent le doigt et donnent leur schéma qui est affiché au tableau à côté de la mention « Jour 2 ».

Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4

- Le professeur répète la simulation d'usure entre huit et dix fois.

A la fin de la simulation, certains élèves arrivent à la conclusion « *il jouait avec la chance, comme c'était avec toute la France, ça faisait beaucoup d'ampoules* ».

Note pédagogique :

- Le professeur pourra préciser aux élèves à la fin de l'activité que l'expérience décrite dans les documents 2 et 3 de la Fiche 7A est une expérience de pensée qui n'a pas réellement eu lieu. Il s'agit ici de montrer que les pouvoirs « surnaturels » du médium peuvent s'expliquer par de petits calculs statistiques et n'ont en fait rien de surnaturels.

Prolongement pour le cycle 4 :

L'enseignant demande aux élèves de trouver le nombre de chances qu'une lampe claque parce qu'elle est en fin de « vie » pendant l'heure de l'expérience. Il laisse les élèves chercher pendant quelques minutes puis met en commun les réponses.

Une lampe a 1 chance sur 1 000 de griller pendant l'heure que dure l'expérience. En effet, comme elle a une « vie » de 1 000 heures, il y a une chance sur 1000 qu'elle soit en train de « vivre » sa 1000^e heure. L'enseignant demande alors aux élèves d'évaluer le nombre de lampes qui grillent en une heure dans une salle contenant 10 000 lampes. Les élèves trouvent qu'il y a $10\,000 \times 1 / 1\,000 = 10$ lampes. Avec ou sans médium, on retrouve donc des résultats assez proches de ce que l'on pourrait attendre d'une usure normale d'une lampe sans faire intervenir un phénomène paranormal. Le professeur peut préciser qu'avec un échantillon de 10 000 lampes, une différence de 1 à 2 lampes est peu significative.

Pour réinvestir ce qui a été vu et vérifier que les élèves ont compris le raisonnement, le professeur leur propose de calculer le nombre de lampes qui ont claqué pendant l'émission de télévision décrite dans le document 1 de la Fiche 7A. On suppose que 2 millions de téléspectateurs regardaient l'émission qui durait 1 heure. Pour le nombre moyen de lampes que possèdent les téléspectateurs, il donne la moyenne calculée pour la classe en amont de l'étape 5.

Après avoir laissé quelques minutes aux élèves, le professeur peut proposer une correction qui peut, par exemple, prendre cette forme :

« Nombre de lampes grillées = 15 ampoules x 2 000 000 téléspectateurs x 1 h d'émission x 1 chance/1 000 que ce soit la fin de vie de la lampe

Nombres de lampes grillées = 30 000 »

Note pédagogique :

- Pour le calcul, nous sommes partis sur 15 lampes par foyer de téléspectateurs.

Si tous les téléspectateurs dont une lampe a claqué car elle était en fin de vie ont appelé l'émission, le standard téléphonique a sans doute « explosé » et cela a pu donner l'impression que le médium était responsable du phénomène observé.

Variante la phase 2 :

- Le professeur peut poser la question suivante : « Comment prouver scientifiquement les pouvoirs du médium ? » et demander aux élèves de mettre au point un protocole expérimental qui permettrait de valider ou d'invalider lesdits pouvoirs sans recourir au protocole proposé dans le document 2. Cette variante est beaucoup plus chronophage et nécessite que les élèves soient déjà un peu à l'aise avec la conception de protocoles expérimentaux rigoureux.
- L'enseignant peut prendre le temps de travailler sur la notion de moyenne en s'appuyant par exemple sur le protocole proposé dans l'activité 1 de la séquence « Des données aux connaissances » du projet *Esprit Scientifique, Esprit Critique* <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/62534/des-donnees-aux-connaissances>

Conclusion (10 min)

Le professeur demande aux élèves ce qu'ils peuvent conclure de cette expérience et formule une synthèse qui peut prendre la forme suivante : « Lorsque les scientifiques étudient un phénomène, ils doivent garder l'esprit ouvert à d'autres explications possibles. Si on ne peut pas exclure le rôle du hasard alors on ne peut pas valider son hypothèse. Dans le cas des lampes qui grillent massivement, il faut prendre en compte le fait qu'elles peuvent claquer sans raison particulière, juste parce qu'elles sont en fin de vie. »

Exercice d'entraînement (15 min)

Avant de débiter la séance de science suivante, le professeur propose le document 4 de la Fiche 7A.

Au bout de quelques minutes de travail individuel, il propose une correction qui peut prendre la forme suivante :

«1. Ce n'est pas parce qu'il y a de nombreux commentaires sous la vidéo qui attestent du pouvoir du médium que le phénomène a été prouvé. Il faut prendre le temps de réfléchir avant de conclure sur la véracité de ce que l'on lit sur Internet.

2. Nombre de lampes grillées = 10 lampes x 500 000 téléspectateurs x 1 h x 1 chance/2 000 que ce soit la fin de vie de la lampe

Nombres de lampes grillées = 2 500 »

Activité 2 : Durée de vie des ampoules (1h)

Objectif général : Effectuer une recherche bibliographique. En extraire des informations pertinentes. S'appropriier les informations. Citer ses sources.

Résumé	
Disciplines	Physique-Chimie et/ou Technologie
Déroulé et modalités	Les élèves recherchent des informations sur les performances énergétiques des différentes technologies de lampes et sur leur durée de vie.
Durée	1h
Matériel	Pour l'ensemble de la classe : l'affiche réalisée par le professeur avec les dessins des élèves, une à deux lampes à incandescence classique, halogène, à décharge et à DEL, des ordinateurs avec un accès à Internet, des revues de consommateurs présentant les différents types de technologie (optionnel), un vidéoprojecteur pour projeter le tableau de la Fiche 9A ou une photocopie de la Fiche 9A pour chaque groupe de travail.
Message à emporter	
Les lampes ont beaucoup évolué depuis leur invention. Elles ont des durées de vie beaucoup plus longues et convertissent mieux l'énergie électrique en énergie lumineuse.	

Déroulé possible

Le professeur explique aux élèves que, pour essayer de comprendre le phénomène des lampes qui claquent, il a fallu partir sur la durée de vie moyenne d'une lampe à incandescence ancienne génération qui est d'environ 1000 heures.

Il projette la vidéo retransmise en direct de la lampe à incandescence qui brille depuis 1901 dans une caserne de pompiers aux Etats-Unis : <http://www.centennialbulb.org/cam.htm>

L'enseignant demande alors aux élèves d'où peut venir une telle longévité. Les élèves proposent que cela vient peut-être du fait qu'elle a été peu allumée et éteinte ou que le filament de cette lampe est spécial. Le professeur peut proposer l'idée que le vide réalisé dans cette ampoule était peut-être de très grande qualité. Le professeur leur explique qu'il s'agit d'une lampe inventée par Joseph Swan et fabriquée par Adolphe Chaillet. Il pose alors la question aux élèves : « Pour un industriel, avoir le filament le plus performant, est-ce si intéressant que cela ? ». Un échange entre le professeur et la classe permet de se rendre compte que la question n'est pas si simple. Thomas Edison a recherché pendant de nombreuses années le filament le plus performant pour sa lampe mais une « ampoule » qui dure trop longtemps n'a plus besoin d'être remplacée ce qui n'est pas forcément bon pour les affaires.

Prolongement possible

- Il est possible d'analyser des extraits du documentaire *Prêt à jeter* (notamment de 2 min 48 s à 16 min 30 s) pour introduire auprès des élèves le concept d'obsolescence programmée. Il serait intéressant de travailler sur le fond du documentaire en essayant de confronter des preuves historiques aux faits rapportés par les journalistes et sur la forme en essayant d'analyser la mise en scène (musique, montage...) qui fait penser aux films conspirationnistes.

Le professeur explique aux élèves qu'il souhaite comparer les différents types de lampes qu'ils ont chez eux. Il donne les noms des technologies dessinées par les élèves et les inscrits sur l'affiche. Il peut faire passer aux élèves quelques lampes à technologies différentes.

Il projette le tableau de la Fiche 9A ou distribue aux élèves une photocopie de la Fiche 9A.

Il explique aux élèves qu'il souhaite compléter le tableau grâce à leurs recherches. Il confie alors à un tiers des groupes une petite recherche ciblée sur les lampes halogène, au tiers suivant une recherche sur les lampes à décharge. Les groupes restants s'intéressent aux lampes à DEL. L'enseignant rappelle aux élèves l'importance de noter les sources d'informations. Dans un second temps, les groupes les plus rapides seront chargés de rechercher l'énergie consommée par une lampe à incandescence classique.

Au bout de quelques minutes de recherche, le professeur peut expliciter aux élèves l'unité qui caractérise l'efficacité énergétique des ampoules : le lm/W (voir éclairages historique et scientifique en fin de séquence). Après 15 minutes de recherche, un échange entre la classe et le professeur permet de remplir le tableau de la manière suivante :

Type de lampes	Date de l'invention	Inventeur(s)	Durée de vie actuelle	Energie consommée
Lampes à incandescence classique	1878 1879	Joseph Swann Thomas Edison	1000h	5% de l'énergie électrique est convertie en énergie lumineuse, 95% en énergie thermique 12 à 20 lumens par watt
Lampes à incandescence Halogène	1959	Edward Zuber Frederik Mosby	3000h	18 à 25 lm/W
Lampes à décharge (tubes néon, tubes fluorescents, lampes fluo-compactes)	1809 1980	Humphrey Davy Société Philipps	15 000h	60 à 100 lm/W
Lampes à DEL	1962	Nick Holonyak Jr Sam Bevacqua	100 000h	Plus de 100 lm/W

Notes pédagogiques :

- Certaines données sont débattues par les élèves car, suivant les sites, les informations ne sont pas les mêmes.
- Si le recours à des ordinateurs connectés à Internet en nombre suffisant n'est pas possible dans l'école ou le collège, l'enseignant peut faire une recherche rapide en amont de la séance et imprimer quelques pages Internet qu'il mettra à disposition des élèves. Il est également possible de trouver ce type d'informations dans des revues de consommateurs.

Références :

- <https://www.youtube.com/watch?v=3FQ6TbHpmPg>
- <https://jpcmanon.wordpress.com/tag/telekinese/>
- <https://cortecs.org/activites/cours-esprit-critique-et-mathematiques-au-lycee-echantillonnage-et-zetetique/>
- <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/pseudo-sciences-les-raisons-du-succes>
- <https://www.franceculture.fr/emissions/continent-sciences/promenade-sceptique-dans-le-paranormal>
- *La démocratie des crédules*, Gérald Bronner, PUF 2013
- *Devenez sorcier, devenez savant*, George Charpak, Henri Broch, Odile Jacob 2003
- *Prêt à jeter*, documentaire réalisé par Cosima Dannoritzer en 2010, diffusé sur Arte.
- <https://www.nouvelobs.com/sciences/20160607.OBS2022/la-belle-histoire-de-l-ampoule-qui-brille-depuis-115-ans.html>
- <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/eclairage-Delorme.xml>

Fiche 6A : Enquête sur les ampoules de la maison

Nom :

Prénom :

Consigne :

1. Compter le nombre d'ampoules présentes à la maison (toutes les ampoules, même celle du réfrigérateur).

Nombre d'ampoules :

2. Observer les ampoules éteintes. Sont-elles toutes identiques ?

.....

3. Dessiner les différents types d'ampoules qu'il y a à la maison.

Fiche 7A : Magie à la télévision ?



Document 1

Lors de l'émission *Droit de réponse* du 14 mars 1987, Pierre Belmarre raconte :

« Ce monsieur était capable de faire augmenter [...] la tension dans les ampoules électriques. Nous avons demandé aux personnes qui constateraient ces différences électriques de bien vouloir nous téléphoner immédiatement [...]. Il a pris des précautions en disant [...] « attention, ça ne marche pas à tous les coups, ça marchera peut-être ce soir mais il y a de fortes chances que ça ne marche pas » [...]. Et, en effet, après quelques minutes de concentration, certaines de ces ampoules ont commencé à avoir une intensité plus forte, une à même éclatée. Puis les appels téléphoniques sont arrivés, des ampoules éclataient chez les gens. »

Source : minute 17'28 à 18'29 : <https://www.youtube.com/watch?v=3FQ6TbHpmPg>



Document 2

10 000 ampoules à incandescence d'ancienne génération allumées ont été installées dans une salle isolée d'un point de vue électrique. Une seconde salle identique a été installée au même étage. Les ampoules ont été collectées au hasard (certaines étaient neuves, d'autres avaient fonctionné plus ou moins longtemps). Les chercheurs ont demandé au médium Nicolas Farinella de se concentrer pendant 5 minutes dans une des salles. Pour chaque expérience, on a compté les ampoules qui grillaient dans les 5 min de concentration et dans les 55 min qui suivaient dans la pièce « avec médium » et dans la pièce « témoin ». L'expérience a été répétée pendant 10 jours.



Document 3 Voici les résultats des expériences contrôlées.

1. Comparer les résultats entre les 2 salles.
2. Expliquer le phénomène.

Jour	Nombre de lampes grillées en salle « médium »	< ou > ou =	Nombre de lampes grillées en salle témoin
1	8		9
2	9		12
3	8		11
4	10		8
5	8		10
6	9		12
7	11		8
8	12		10
9	10		12
10	9		9

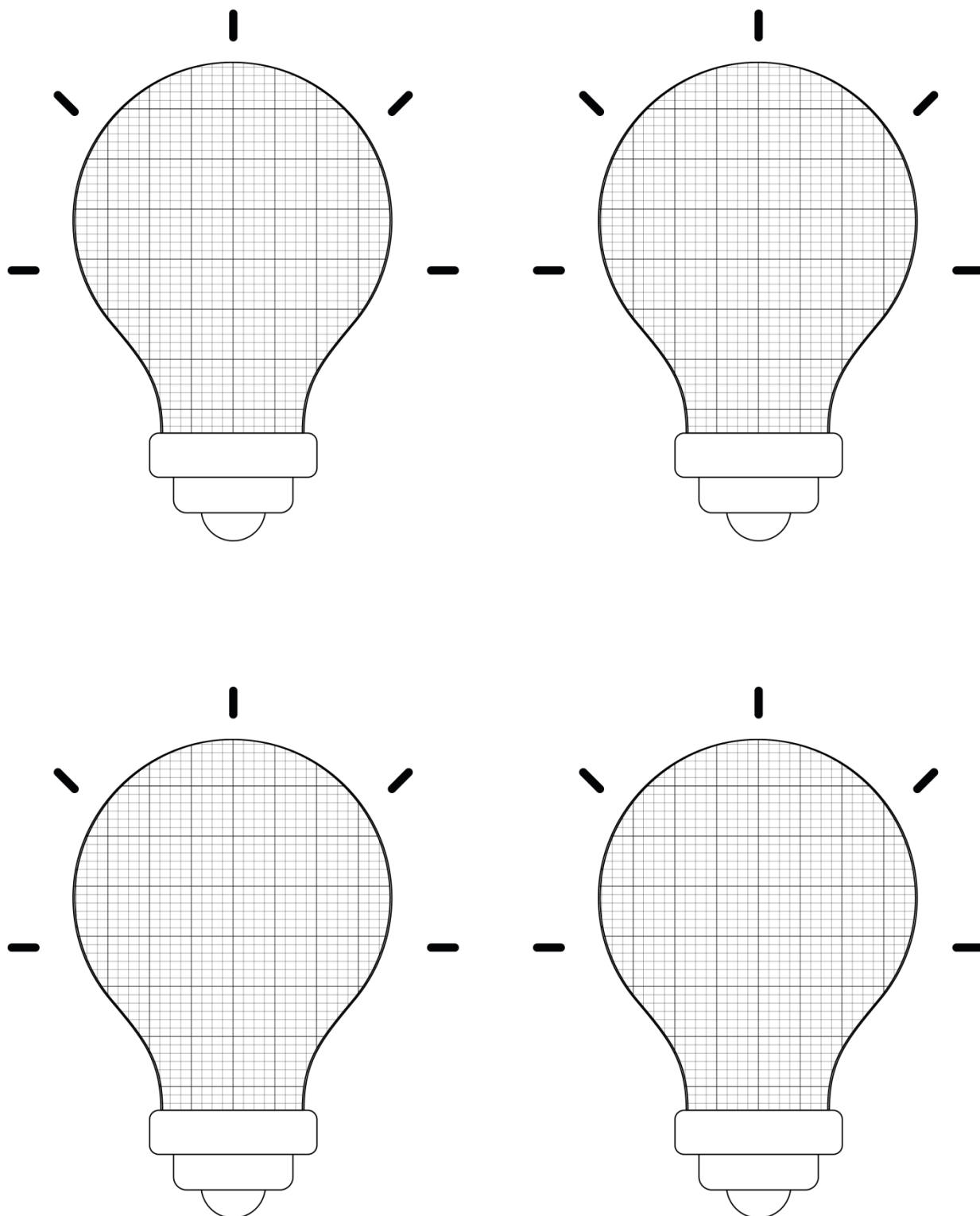


Document 4

Un médium vient de publier une vidéo sur sa chaîne youtube. Il annonce qu'il peut agir à distance sur vos ampoules. A son claquement de doigt et dans l'heure qui suit, il annonce que vos ampoules grilleront. De très nombreux commentaires sous la vidéo démontrent le pouvoir du médium.

1. Que penser de ce texte ?
2. Evaluer le nombre d'ampoules touchées par ce médium. On suppose que la vidéo a été vue 500 000 fois et que les internautes ont principalement des ampoules à incandescence halogène chez eux dont la durée de vie est de 2 000 heures. Ils ont en moyenne 10 ampoules dans leur habitation.

Fiche 8A : Simulation de l'expérience de pensée



Fiche 9A : Tableau de comparaison des différentes technologies de lampes

Type de lampes	Date de l'invention	Inventeur(s)	Durée de vie actuelle	Energie consommée
Lampes à incandescence classique	1878 1879	Joseph Swann Thomas Edison	1000h	
Lampes à incandescence Halogène				
Lampes à décharge (tubes néon, tubes fluorescents, lampes fluo-compactes)				
Lampes à DEL				

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.

Pour un éclairage scientifique sur la nature de l'électricité, il est possible de consulter la *Bille de science#4* de David Louapre sur les circuits électriques :

<https://www.youtube.com/watch?v=37Baszg-Aqo&feature=youtu.be>

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 :

<https://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 ».

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 savants 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.

Thomas Edison a travaillé sur de nombreux objets techniques, les a améliorés mais il n'est jamais parti de rien. Il n'est pas le premier à avoir fabriqué une lampe électrique, pas même le premier à avoir imaginé une lampe électrique à incandescence. Joseph Swann et lui ont même trouvé une solution fonctionnelle et performante quasiment en même temps. Mais c'est son nom à lui qui est uni à jamais à « l'ampoule ».

Une tentative de chronologie de l'éclairage public

La découverte du feu a permis aux êtres humains d'accéder à la première lumière artificielle. Il y a 20 000 ans, les premières lampes à huile ont été inventées mais il faudra attendre l'an 1000 avant JC pour pouvoir utiliser une lampe à mèche en fibre végétale. Les chandelles et les bougies ont été inventées il y a 5 000 ans. L'éclairage au gaz apparaît en 1792 et se répand dans les rues européennes et nord-américaines au cours du 19^e siècle. Les lampes à pétrole commencent à être utilisées au milieu du 19^e siècle. La lumière électrique fait également son apparition au milieu du 19^e siècle mais les lampes à arc sont trop puissantes et ne durent pas longtemps. A la fin du 19^e siècle, l'apparition de lampes à incandescence performantes transforme la société. L'éclairage public est à la charge des habitants qui souhaitent protéger leur quartier des « brigands » pendant longtemps. En France, il commence à être réglementé par l'Etat au 17^e siècle. De nos jours, de nombreuses zones dans le monde n'en bénéficient malheureusement pas encore.

A qui doit-on « l'ampoule » électrique ?

La lampe à arc (ancêtre des lampes à décharge) est la première ampoule électrique développée. On la doit à Humphry Davy, chimiste anglais, en 1809. En 1874, Pavel Yablochkov, un ingénieur russe, invente une « chandelle électrique », première lampe à arc pratique qui sert à l'éclairage public de certaines villes.

En 1840, William Robert Grove invente la première lampe à incandescence. Le filament est en platine. Malheureusement, la durée des filaments de platine (puis des mèches de charbon) utilisés est trop courte.

Dès 1840, Joseph Swan travaille sur le filament de sa lampe à incandescence. Quand Hermann Sprengel en 1865 invente la pompe à vide à mercure, les recherches de Joseph Swan deviennent moins difficiles. En 1878, ce dernier présente une lampe à filament de carbone à la Newcastle Chemical Society mais le vide n'est pas encore assez poussé pour que le filament dure suffisamment longtemps. Swan règle tous les problèmes techniques de son « ampoule » en 1880.

En 1878 et 1879, Thomas Edison, assisté de son équipe, teste plus de 6000 substances végétales et matériaux pour le filament de la lampe qu'il souhaite créer. Il illumine toute une rue de Menlo Park le 31 décembre 1879 grâce à sa lampe.

En 1883, Edison et Swan s'associent et fondent leur entreprise commune Edison and Swan Electric Light company. Pour pouvoir vendre des ampoules, il faut que l'électricité soit distribuée dans les foyers. Thomas Edison fonde General Electric à cet effet. En 1907, General Electric commercialise la première lampe à incandescence avec filament de tungstène.

A l'époque d'Edison, la performance des ampoules était mesurée en équivalent de nombre de bougies. Aujourd'hui, on utilise l'unité lm/W. Le *lumen (lm)* est l'unité de mesure de la **puissance lumineuse** qui indique combien de lumière utile à l'éclairage est émise par une lampe. Le Watt (W) est l'unité qui mesure la puissance électrique consommée par la lampe. Ainsi, on compare les différentes technologies de lampes en évaluant l'énergie lumineuse convertie par rapport à l'énergie électrique consommée.

Les différents types de lampes électriques

- Les lampes à incandescence de « première génération » sont constituées d'un filament contenu dans une cloche en verre. Le filament est porté à incandescence par un échauffement dû au passage d'un courant électrique. La température du filament est suffisamment élevée pour qu'il se mette à émettre de la lumière visible. D'autres matières plus performantes ont remplacé le bambou carbonisé de la première lampe d'Edison, brevetée en 1880. Dans les lampes à incandescence actuelles, le tungstène a remplacé le bambou carbonisé. Il n'y a plus le vide dans l'ampoule mais un gaz inerte. Le tungstène contenu dans le filament se vaporise et se dépose sur l'enveloppe de verre qui se noircit au fur et à mesure de l'utilisation de la lampe.
- La lampe halogène date de 1959 et est une lampe à incandescence dont l'enveloppe en verre est plus proche du filament. Le gaz qui remplit l'ampoule est un gaz de la famille des halogènes (diiode, dibrome). Le tungstène contenu dans le filament a tendance à se vaporiser. Le gaz qui remplit l'ampoule agit sur le tungstène vaporisé et le redépose sur le filament.

- Les lampes à décharge sont appelées communément tubes néon, tubes fluorescents et lampes fluo compactes. Au cours des années soixante-dix, les lampes fluo-compactes se développent. Dans ces lampes, il n'y a pas de filament. Des atomes d'un gaz (sodium, mercure, néon...) contenu dans l'ampoule sont excités par le passage du courant électrique. Lorsque ces atomes reviennent à leur état stable (de plus faible énergie), ils émettent de la lumière.
- Les lampes à Diode ElectroLuminescente (DEL) fonctionnent grâce à des matériaux semi-conducteurs. Dans ces lampes, il n'y a pas de filament non plus. Les premières ont été développées en 1962.

Références

- *Les documents listés dans les références de l'étape 4*
- *L'ampoule électrique - Et la lumière fut*, Dominique Joly, Casterman 1992
- *Thomas Edison et l'électricité*, Steve Parker, Editions du Sorbier 1994
- *Thomas Edison Professional inventor*, Thomas P. Hughes, Crown 1976

Prolongements possibles :

- Séquences « Télégraphe » et « Phonographe » du projet *Les mille tours d'Edison*.
- Séquences dédiées à l'électricité disponible sur le site de la Fondation *La main à la pâte*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/electricite>
- Séquences dédiées à la nature de la science du projet thématique *Esprit Scientifique, Esprit Critique*
<https://www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique>

Crédits :

Fiche 1A : extrait de *Les mille tours d'Edison*, opéra de Julien Joubert et Gaël Lepingle, commande de l'Académie Musicale de Villecroze.

Fiche 4A :

- Plaque devant l'ancienne résidence de J. Swan (photographie non retouchée) : HJ Grey (CC-BY-2.0)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Joseph_Swan_blue_plaque.jpg
- Portrait de Joseph Swan dans son laboratoire de Underhill : Tyne & Wear Archives & Museums (libre de droit pour usage non commercial)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_Swan_in_his_Laboratory_\(9672405514\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_Swan_in_his_Laboratory_(9672405514).jpg)
- Dépôt de brevet de l'ampoule : Thomas Edison (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_bulb_Edison.jpg
- Poster Ediswan : Tyne & Wear Archives & Museums (libre de droit pour usage non commercial)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:This_poster_is_from_the_Swan_Collection_of_Tyne_%26_Wear_Museums,_held_at_the_Discovery_Museum_in_Newcastle_upon_Tyne._\(9672405368\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:This_poster_is_from_the_Swan_Collection_of_Tyne_%26_Wear_Museums,_held_at_the_Discovery_Museum_in_Newcastle_upon_Tyne._(9672405368).jpg)
- Early types of Electric lightning 1921 (image non retouchée) : Wellcome Collection gallery CC-BY-4.0
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Early_types_of_Electric_lightning._Wellcome_M0015309.jpg
- L'avenue de l'opéra éclairée par les lampes Jablochhoff : A. Ringel (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:L%27avenue_de_l%27op%C3%A9ra_eclair%C3%A9e_par_les_lampes_Jablochhoff.jpg
- Portrait de Humphry Davy (License ouverte)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Davy,_Humphrey_-_Davy,_Humphry_\(1778-1829\)_CIPA0261.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Davy,_Humphrey_-_Davy,_Humphry_(1778-1829)_CIPA0261.jpg)
- Portrait de Sir William Robert Grove (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:William_Robert_Grove.jpg
- Portrait de Thomas Edison (domaine public)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas_edison_gl%C3%BChbirne.jpg