

Livret enseignant

Cycle 2

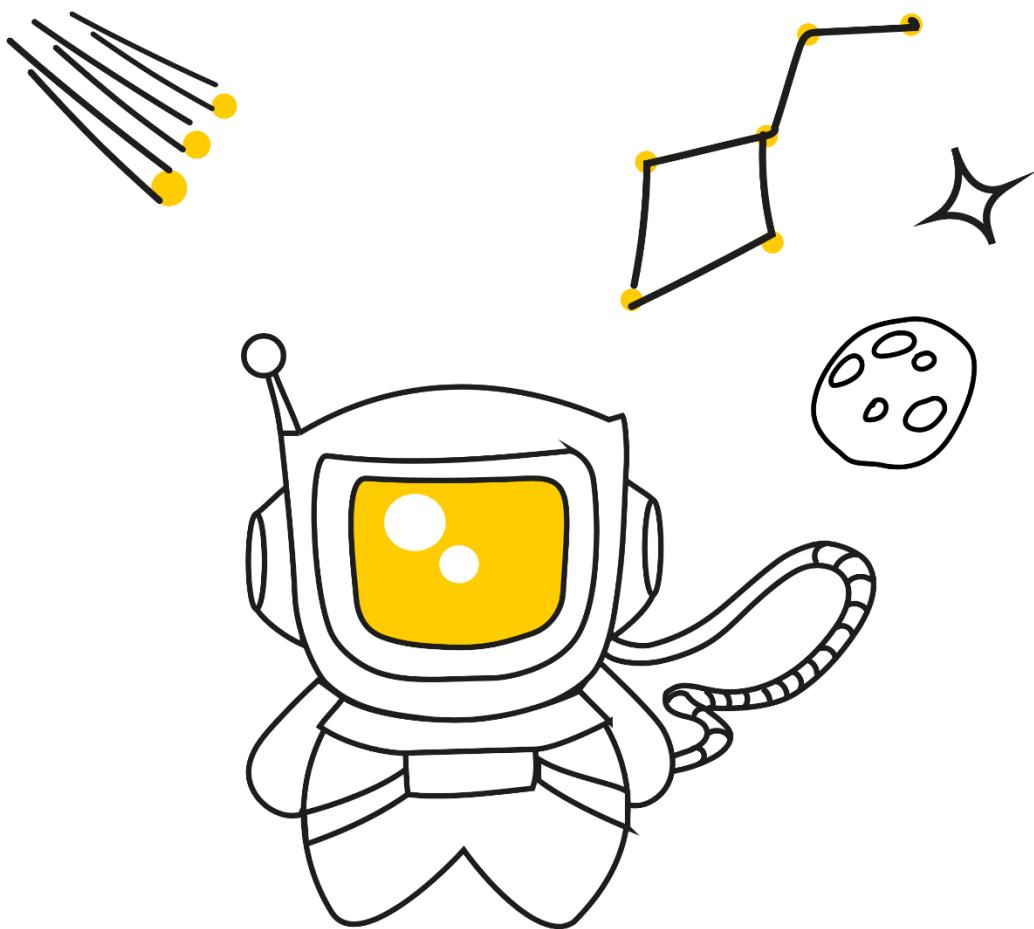
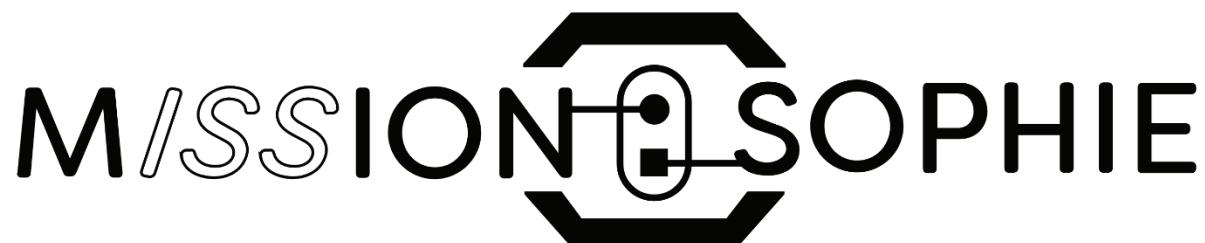
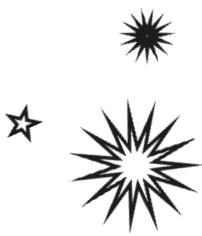
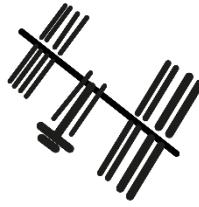


Table des matières

Présentation du kit	3
Le projet MISSION:SOPHIE	3
Note à destination du lecteur	3
Détails kit pédagogique	3
Lien avec les programmes	4
Objectifs pédagogiques.....	4
Français	4
Mathématiques	5
Enseignements artistiques	5
Questionner le monde	5
Présentation rapide des séances.....	6
Séances pédagogiques	7
SÉANCE 1 - L'histoire des télécommunications.....	7
SÉANCE 2 - Les circuits électriques.....	8
SÉANCE 3 - Créer son propre bouton poussoir	10
SÉANCE 4 - Le Morse, coder, envoyer et recevoir un message	13
SÉANCE 5 - Préparer la restitution – création d'une affiche.....	14
Ressources.....	15
SÉANCE 1	15
SÉANCE 2	15
SÉANCE 4	17
Pour aller plus loin	17



Présentation du kit



Le projet MISSION:SOPHIE

MISSION:SOPHIE est un projet pédagogique d'envergure qui implique des élèves de plusieurs niveaux d'enseignement, du CP à la terminale. Son acronyme – Station orbitale pour la Promotion des communications Hyperfréquences, de l'Inclusivité et de l'Espace – illustre parfaitement sa double ambition : initier les jeunes aux défis des communications spatiales tout en valorisant la diversité et l'inclusion dans les sciences.

Ce projet est porté par le département Génie électrique et informatique industrielle (GEII) de l'IUT de Bordeaux. Il s'appuie sur la labellisation SAPS – Science avec et pour la société de l'université de Bordeaux, gage de sa valeur en matière de médiation scientifique. Il est également soutenu par CAP ELENA, qui favorise la mise en synergie du département GEII avec les établissements scolaires de la région.

Note à destination du lecteur

Objectif du projet

L'objectif de **MISSION:SOPHIE** est de permettre aux élèves de mobiliser et de valider des compétences en concevant et en réalisant un objet capable d'assurer une communication à distance, qu'il s'agisse d'un télégraphe, d'une antenne ou d'un autre dispositif.

Au-delà de l'aspect technique, ce travail pratique vise à ancrer les savoirs théoriques et à encourager l'apprentissage par l'expérimentation. Il offre une approche interdisciplinaire qui associe les mathématiques pour les calculs et la modélisation, la physique pour comprendre les principes de transmission et de réception des signaux, la technologie pour la mise en œuvre matérielle, mais aussi l'histoire et le français pour saisir l'évolution des moyens de communication et leur utilisation.

Ce projet contribue également au développement de compétences transversales précieuses, telles que le travail en groupe, la créativité et la capacité d'innovation.

Détails kit pédagogique

Du télégraphe à l'ISS, une même logique de communication

Communiquer à distance est un besoin fondamental de l'humanité. Le **télégraphe électrique** inventé au XIX^e siècle représente une rupture majeure : il permet pour la première fois de transmettre des messages presque instantanément sur de longues distances et sans contact visuel.

Le code Morse, qui encode les lettres de l'alphabet en signaux courts et longs, permet d'optimiser cette transmission avec une syntaxe simple et universelle.

Aujourd'hui, les communications spatiales, notamment celles avec la Station Spatiale Internationale (ISS), reposent toujours sur les mêmes principes fondamentaux :

- ◆ Un signal codé (voix, données)
- ◆ Un émetteur et un récepteur (stations sol/ISS)
- ◆ Un canal de transmission (ondes radio, satellites relais)

Nous conseillons une progression avec :

- ◆ Une séance sur l'histoire de la télécommunication
- ◆ Une première partie autour de la création d'un circuit électrique et de son fonctionnement
- ◆ Une seconde partie qui consiste à la réalisation d'un télégraphe
- ◆ Les dernières séances permettent de découvrir le code Morse, la transmission d'une information et la réalisation d'un message codé

Une autre séance peut être ajoutée sur le thème des métiers de l'électronique et de l'espace, et dont les objectifs seraient de découvrir les métiers liés à l'électronique et à l'exploration spatiale, et déconstruire les stéréotypes autour de ces domaines.

Il s'agirait de :

- ◆ Identifier différents métiers autour de l'espace et des technologies
- ◆ Comprendre les compétences et qualités nécessaires dans ces domaines
- ◆ Réfléchir aux représentations (genre, origine, image) autour de ces métiers
- ◆ Favoriser la confiance en soi et l'ouverture des choix d'orientation

Les fiches métiers sont fournies dans le kit.

Durée

5 séances de 1h à 2h, pour un total d'environ 7 heures.

Lien avec les programmes

Objectifs pédagogiques

- ◆ Développer la culture scientifique et technique des élèves à travers un projet pluridisciplinaire centré sur la communication spatiale
- ◆ Favoriser la curiosité, l'esprit critique et la démarche expérimentale par la manipulation, l'observation et la création
- ◆ Familiariser les élèves avec les métiers de l'électricité, de l'électronique et des télécommunications, en découvrant leurs applications concrètes dans un contexte spatial

D'après le BOEN n°31 du 30 juillet 2020 et le BOEN n°41 du 31 octobre 2024 (cycle 2)

Français	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ecouter pour comprendre des messages oraux ou des textes lus ◆ Identifier des mots de manière de plus en plus aisée ◆ Ecrire des textes en commençant à s'approprier une démarche ◆ Maîtriser l'orthographe grammaticale des mots ◆ Participer aux échanges en respectant les règles, en écoutant les autres et en donnant son avis
-----------------	---

Mathématiques	<ul style="list-style-type: none"> ◆ S'engager dans une démarche de résolution de problèmes en observant, en posant des questions, en manipulant, en expérimentant, en émettant des hypothèses, si besoin avec l'accompagnement du professeur après un temps de recherche autonome ◆ Connaitre et utiliser les unités mètre, centimètre, kilomètre et les symboles associés (m, cm et km) ◆ Savoir mesurer la longueur d'un segment en utilisant une règle graduée ◆ Utiliser la règle comme instrument de tracé ◆ Construire et reproduire des assemblages de solides à partir d'un modèle en trois dimensions ou de représentations planes
Enseignements artistiques	<ul style="list-style-type: none"> ◆ S'approprier par les sens les éléments du langage plastique : matière, support, couleur... ◆ Observer les effets produits par ses gestes, par les outils utilisés ◆ Réaliser et donner à voir, individuellement ou collectivement, des productions plastiques de natures diverses ◆ Coopérer dans un projet artistique
Questionner le monde	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pratiquer des démarches scientifiques ◆ Imaginer, réaliser ◆ S'approprier des outils et méthodes ◆ Se situer dans l'espace et dans le temps ◆ Comprendre la fonction et le fonctionnement d'objets fabriqués ◆ Réaliser quelques objets et circuits électriques simples, en respectant les règles élémentaires de sécurité

Références utiles à l'enseignant

Une sitographie et des ressources complémentaires sont proposées **page 15** pour vous appuyer dans la prise en main du kit et des activités.

Explications du kit

L'ordre de mise en œuvre des séances peut être adapté par l'enseignant en fonction de ses projets.

Séances

Pour chacune des séances vous trouverez les éléments suivants :

- ◆ La durée
- ◆ Les objectifs
- ◆ Les compétences
- ◆ Le matériel nécessaire
- ◆ Le déroulement détaillé

Matériel fourni :

- ◆ Piles plates
- ◆ LED
- ◆ Ruban de cuivre adhésif (scotch de cuivre)
- ◆ Sticker LED

Matériel à prévoir :

- ◆ Carton
- ◆ Feuilles
- ◆ Décimètre
- ◆ Crayons et feutres

- ◆ Aluminium
- ◆ Paire de ciseaux
- ◆ Colles

Présentation rapide des séances

SÉANCE 1	1h15	L'histoire des télécommunications
SÉANCE 2	2x45min	Le télégraphe et les circuits électriques
SÉANCE 3	1h30	Créer son propre télégraphe / bouton poussoir
SÉANCE 4	1h20	Le Morse, coder, envoyer et recevoir un message
SÉANCE 5	2h	Préparer la restitution – création d'une affiche

Séances pédagogiques

SÉANCE 1 - L'histoire des télécommunications

Durée : 1h15

Objectifs généraux

- ◆ Découvrir quelques moyens de communication utilisés dans le passé et aujourd'hui.
- ◆ Comprendre que communiquer, c'est envoyer un message à quelqu'un, même de loin.

Objectifs spécifiques

- ◆ Identifier différents moyens de communication
- ◆ Classer ces moyens dans un ordre simple (du plus ancien au plus récent)
- ◆ S'exprimer à l'oral pour expliquer comment on communique

Compétences visées

- ◆ Participer aux échanges en respectant les règles, en écoutant les autres et en donnant son avis
- ◆ Se situer dans l'espace et dans le temps
- ◆ Comprendre la fonction et le fonctionnement d'objets fabriqués

Matériel nécessaire

- ◆ Cartes illustrées représentant différents moyens de communication – *Disponible dans la fiche 2 de la ressource de la Fondation la main à la pâte - Séquence de classe – Les mille tours d'Edison B. Le télégraphe*
- ◆ Frise chronologique imagée et simplifiée - *Disponible dans les ressources - Modèle de frise simplifiée*

Déroulé détaillé :

1. Introduction (10 min)

- ◆ Question aux élèves : « Comment pouvons-nous faire pour dire quelque chose à quelqu'un qui est loin ? » / « Comment peux-tu parler avec un camarade qui se trouve dans une autre ville/immeuble/ maison ? » / « Comment peux-tu faire si tu veux raconter quelque chose à tes grands parents ? ».
- ◆ Échanges oraux. (Mots/phrases/dessins/images).

2. Jeu avec les cartes (30 min)

- ◆ Distribution des cartes représentant des moyens de communication.
- ◆ En groupes, les enfants discutent et essaient de mettre les images dans l'ordre chronologique (du plus ancien au plus récent).
- ◆ Mise en commun collective.
- ◆ Questionner sur l'image – « Que font les personnages ? » « Pourquoi ? »

Conseils : donner des indices sur l'époque et le contexte historique (comment était les maisons, les moyens de transports, etc.)

3. Découverte guidée (20 min)

- ◆ Présentation d'une frise imagée simple, comparaison avec le travail des élèves.
- ◆ Présentation en termes simples de Albert Turpain (en 1894, alors qu'il est à la faculté des sciences de Bordeaux, il effectue la première transmission radioélectrique en morse sans fil, sur une distance de 25 mètres).

4. Trace écrite (15 min)

- ◆ Coller les images avec légendes simples ou relier les images avec les bonnes légendes.

SÉANCE 2 - Les circuits électriques

Durée : 1h30 (2 x 45 min)

Objectifs généraux

- ◆ Découvrir ce qu'est un circuit électrique simple.
- ◆ Comprendre la différence entre conducteur et isolant.
- ◆ Mettre en pratique en construisant un petit circuit.

Objectifs spécifiques

- ◆ Identifier les matériaux qui laissent passer l'électricité (conducteurs) et ceux qui ne laissent pas passer (isolants).
- ◆ Réaliser un circuit simple avec une pile, du ruban de cuivre, une LED.
- ◆ Expliquer ce qui fait fonctionner le circuit.

Compétences visées

- ◆ Poser des questions, formuler des hypothèses simples.
 - ◆ Réaliser des expériences simples et observer.
 - ◆ S'engager dans une démarche de résolution de problèmes en observant, en posant des questions, en manipulant, en expérimentant, en émettant des hypothèses, si besoin avec l'accompagnement du professeur après un temps de recherche autonome
-

Matériel nécessaire

- Petits matériaux variés (plastique, bois, aluminium, caoutchouc...)
- Kit circuit simple (pile plate, ruban de cuivre, LED) (*fourni*)
- Schéma montage circuit (*fourni*) (Ressources **SÉANCE 2**)
- Feuilles
- Crayons, feutres

Déroulé détaillé :

Partie 1 : Construis ton circuit (45 min)

1. Présentation des pièces (10 min)

- ◆ Interroger les élèves « Qu'est-ce qui permet à une lampe de s'allumer ? »
 - Temps d'échanges
 - ◆ Identification des composants du circuit (pile, ruban de cuivre, LED).

2. Montage (25 min)

- ◆ Par groupes, montage d'un circuit simple qui allume une LED.
- ◆ Étape 1 : Tracer un trait pour coller le ruban de cuivre.
- ◆ Étape 2 : Indiquer où placer la pile plate (faire un cercle) Ajouter un + et un - pour indiquer la borne positive et la borne négative
- ◆ Étape 3 : indiquer où placer la LED (faire un cercle) OU imprimer le schéma (cf. schéma de montage circuit simple – **SÉANCE 2**)
- ◆ Étape 4 : Coller la LED, le ruban de cuivre et placer la pile plate.
À cette étape, le ruban de cuivre doit être enroulé autour des pattes de la LED

Attention ! Il faut bien placer un morceau du ruban de cuivre sur la borne + de la pile et un autre morceau sur la borne – de la pile.

Le morceau relié à la borne + de la LED (grande patte) va sur la borne + de la pile plate.

Le morceau relié à la borne - de la LED (petite patte) va sur la borne - de la pile plate.

- ◆ Aide et accompagnement de l'enseignant.

3. Test et explication (10 min)

- ◆ Allumage de la lampe, explication orale simple : « L'électricité passe dans les fils pour allumer la lampe ».

Partie 2 : Conducteurs et isolants (45 min)

1. Introduction (5 min)

- ◆ Présentation : « Qu'est-ce que le courant électrique ? »
Possibilité d'échanger sur les dangers de l'électricité. (Ressource **SÉANCE 2**)

2. Expériences (30 min)

- ◆ Création d'un circuit électrique simple ouvert.
Reprendre circuit réalisé (lors de la partie 1) ou refaire un nouveau circuit pour comparer les deux.
- ◆ Retirer une partie de la bande de cuivre pour réaliser un circuit ouvert : la LED ne s'allume plus.
- ◆ Les élèves testent différents objets (métal, plastique, bois, etc.). Ils peuvent observer s'ils laissent passer l'électricité ou non.
- ◆ Introduction des notions de matériaux conducteurs/isolants.
- ◆ Observation et tri des objets en 2 groupes : conducteurs / isolants.

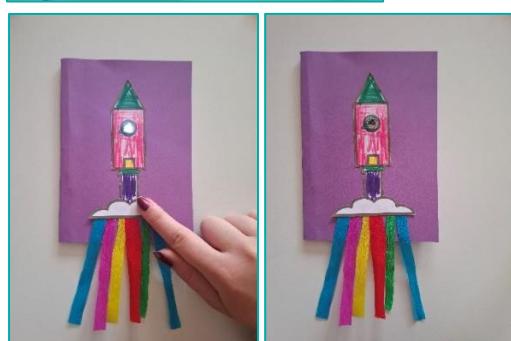
3. Bilan et vocabulaire (10 min)

- ◆ Écriture/dessin pour résumer : tableau conducteurs/isolants.

Possibilité de réaliser une carte lumineuse avec le matériel fourni en reprenant les concepts acquis lors de la séance :



Remarque : lorsque la feuille est pliée en deux, le ruban de cuivre sur le côté gauche touche la pile sur l'autre côté. Cela permet à la LED de s'allumer.



Exemple de carte et de circuit électrique simple avec du ruban de cuivre, une LED et une pile plate

SÉANCE 3 - Créer son propre bouton poussoir

Durée : 1h30

Objectifs généraux

- ◆ Mettre en pratique le montage d'un bouton poussoir
- ◆ Comprendre comment envoyer un signal (clic sonore, lumière)
- ◆ Personnaliser son télégraphe

Objectifs spécifiques

- ◆ Assembler un bouton poussoir
- ◆ Comprendre le rôle de l'interrupteur pour envoyer un message
- ◆ Décorer son bouton poussoir

Compétences visées

- ◆ Utiliser la règle comme instrument de tracé
- ◆ Construire et reproduire des assemblages de solides à partir d'un modèle en trois dimensions ou de représentations planes
- ◆ Réaliser et donner à voir, individuellement ou collectivement, des productions plastiques de natures diverses
- ◆ Coopérer dans un projet artistique

Matériel nécessaire

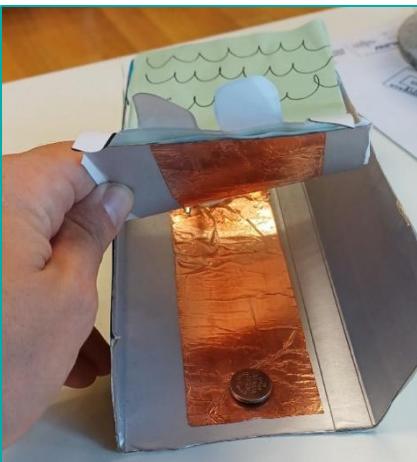
- ◆ Kit bouton poussoir (piles plates, LED, pinces crocodiles) (*fourni*)
- ◆ Carton
- ◆ Aluminium
- ◆ Feuilles de brouillon
- ◆ Paires de ciseaux
- ◆ Matériel de décoration (feutres, gommettes, papiers colorés)

Déroulé détaillé :

1. **Rappel rapide (5 min)**
 - ◆ « Qu'est-ce qu'un télégraphe/ bouton poussoir ? »
2. **Montage (60 min)**
 - ◆ Les élèves assemblent leur bouton poussoir avec aide.



Étape 1 : Plier ou façonner un carton pour créer un clapet qui, lorsqu'on appuie dessus, touche le socle et allume la LED.



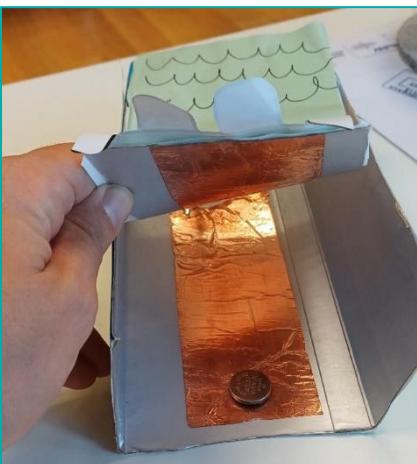
Étape 2 : Coller une bande d'aluminium/de cuivre sur les faces opposées de la boite.

Attention : laisser une longueur supplémentaire (10 cm environ maximum) pour relier la LED. (Étape 3)



Étape 3 : Tourner la boite. Positionner la LED et relier chaque patte de la LED à un morceau de ruban de cuivre.

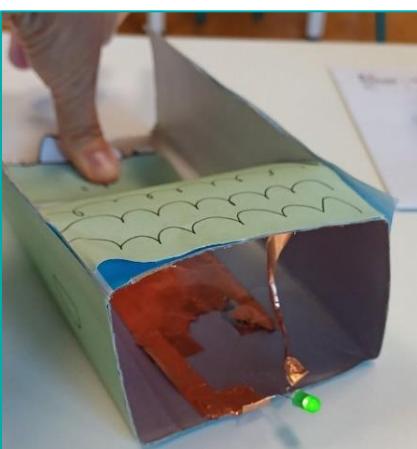
Attention : Vérifier le sens de la LED (borne positive + avec la plus longue patte). Vous pouvez noter un + et un – sur la boite ou ajouter une pastille de couleur.



Étape 4 : Placer la pile plate de l'autre côté de la boite.

Attention : Vérifier le sens de la pile plate (borne positive + sur la bande de cuivre reliée à la borne + de la LED). Vous pouvez noter un + et un – sur la boite ou ajouter une pastille de couleur.

Étape 5 : Découper la moitié de la partie supérieure de la boite (Photo – Étape 4).



Étape 6 : Appuyer sur la partie découpée pour allumer la LED.

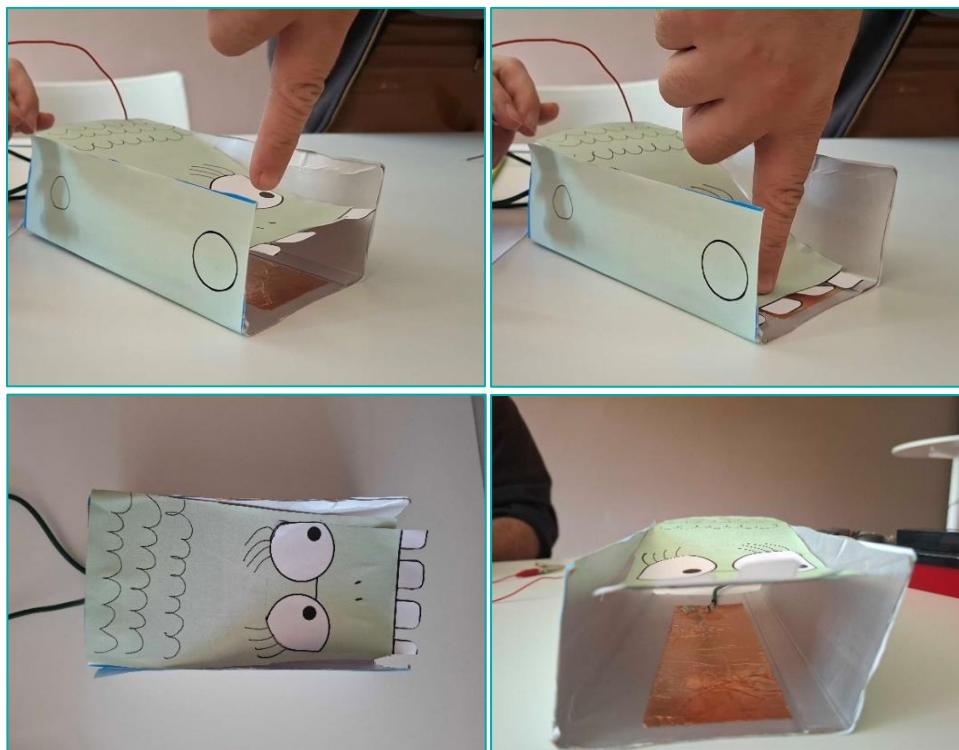
Il faut que la bande de cuivre soit en contact avec la pile plate pour que la LED s'allume.

3. Personnalisation (15 min)

- ◆ Décoration individuelle ou collective boutons poussoirs.

4. Test simple (10 min)

- ◆ Essayer d'allumer et d'éteindre le signal. Appuyer sur la zone découpée du bouton poussoir.



Exemple du bouton poussoir

SÉANCE 4 - Le Morse, coder, envoyer et recevoir un message

Durée : 1h20

Objectifs généraux

- ◆ Découvrir le code Morse de façon ludique
- ◆ S'initier à coder et décoder un message simple
- ◆ S'entraîner à envoyer et recevoir un message

Objectifs spécifiques

- ◆ Associer un son court (point) et un son long (trait)
- ◆ Coder quelques lettres simples en Morse
- ◆ Échanger des messages avec le télégraphe

Compétences visées

- ◆ Reconnaître, produire des sons différents
 - ◆ Utiliser un code simple pour communiquer
 - ◆ Identifier des mots de manière de plus en plus aisée
 - ◆ Ecrire des textes en commençant à s'approprier une démarche
-

Matériel nécessaire

- ◆ Tableau alphabets Morse simplifiés (Ressources **SÉANCE 4**)
- ◆ Bouton poussoir (**SÉANCE 3**)

Déroulé détaillé :

1. **Présentation du Morse (20 min)**
 - Découverte du code avec sons courts/longs.
2. **Activité de codage (20 min)**
 - Codage de son prénom en Morse et quelques mots courts (exemple : SOS)
3. **Échanges de messages (20 min)**
 - En binôme, envoyer un message simple via votre bouton poussoir.
4. **Décodage collectif (10 min)**
 - Chaque groupe essaie de comprendre les messages reçus.
5. **Bilan (10 min)**
 - Discussion sur les notions abordées.

SÉANCE 5 - Préparer la restitution – création d'une affiche

Durée : 2h

Objectifs généraux

- ◆ Exprimer ce qu'ils ont appris à travers une affiche simple
- ◆ Travailler la communication orale et visuelle

Objectifs spécifiques

- ◆ Résumer en images et phrases simples les étapes du projet

Compétences visées

- ◆ Coopérer dans un projet artistique
 - ◆ S'approprier par les sens les éléments du langage plastique : matière, support, couleur...
-

Matériel

- ◆ Feuilles grandes format, crayons, feutres, ciseaux, colle
- ◆ Photos ou dessins réalisés pendant les séances

Déroulé détaillé :

1. **En groupe, les élèves réfléchissent** à ce qu'ils veulent montrer sur l'affiche
2. **Réalisation collective de l'affiche**

Ressources

SÉANCE 1

- ◆ Fondation la main à la pâte – Le télégraphe : communiquer des informations à distance
<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/le-telegraphe-communiquer-des-information-a-distance>
- ◆ Fondation la main à la pâte - Séquence de classe – Les milles tours d'Edison B. Le télégraphe – activités 1 et 2 - **Page 12 à 19**
https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/le-telegraphe-activites-1-et-2.pdf
- ◆ Histoire des sciences – L'histoire des systèmes et réseaux de télécommunications - CEA
<https://www.youtube.com/watch?v=LKGkmbz57ds>
- ◆ Document ressource – Les communications – Académie Versailles
http://technoschool.free.fr/files/Ressources_les_communications.668.pdf

Frise chronologique

- ◆ Chronologie générale – Site de l'Inrap
<https://frise-chronologique.inrap.fr/>
- ◆ Modèle de frise simplifiée
<https://www.classeetgrimaces.fr/wp-content/uploads/2020/08/Frise-Chronologique-Histoire-Les-grandes-periodes-A4..pdf>
<https://www.classeetgrimaces.fr/wp-content/uploads/2020/08/Frise-Chronologique-Histoire-Les-grandes-periodes.pdf>

SÉANCE 2

Électricité

- ◆ Fondation la main à la pâte – Fiche connaissances sur l'électricité
<https://fondation-lamap.org/documentation-pedagogique/fiche-connaissances-sur-l-electricite>
- ◆ Conducteur/isolant : réalisation de circuits électriques
<https://eduscol.education.fr/document/49808/download>

Vidéos complémentaires

- ◆ Billes de Sciences #4 David Louapre – Premiers circuits électriques
<https://www.youtube.com/watch?v=37Baszg-Aqo&t=3s>
- ◆ Les dangers de l'électricité – Réseau Canopé
<https://enseignants.lumni.fr/fiche-media/00000005181/les-dangers-de-l-electricite.html>

Cycle 2 – Activités sur l'électricité

- ◆ La main à la pâte du Grand Nancy – Parcours Electricité – Cycle 2
https://metz.centres-pilotes-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf_cp/map_parcours_electricite_cycle_2_0.pdf
- ◆ Conducteur/isolant : réalisation de circuits électriques
<https://eduscol.education.fr/document/49808/download>

◆ Kit d'assemblage circuit simple

Kit d'assemblage circuit simple

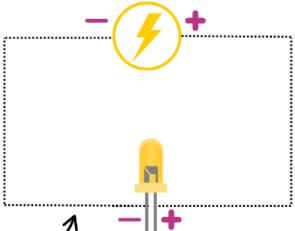
Eléments dont vous avez besoin :

- LED
- 1 pile plate
- Scotch de cuivre

MISSION @ SOPHIE

Circuit simple

- ✓ Déposer les éléments en fonction des symboles ci-dessous :



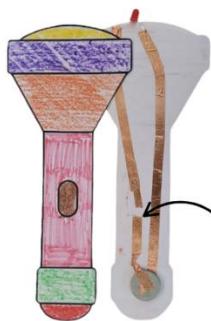
Coller le scotch sur les pointillés
Astuce la pate longue permet de reconnaître le côté + de la LED



MISSION @ SOPHIE

Circuit simple

- ✓ D'autres exemples



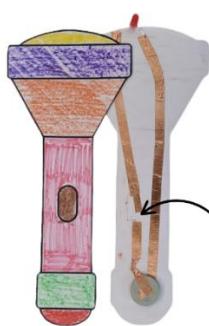
La partie manquante est sur le recto de l'autre partie pour fermer le circuit.



MISSION @ SOPHIE

Circuit simple

- ✓ Test de conductivité



Cette zone « manquante » peut aussi permettre de tester ce qui est conducteur ou ce qui est isolant. N'hésitez pas à utiliser plusieurs supports (gomme, crayon mais aussi la main, un trombone, un aimant, une règle...).



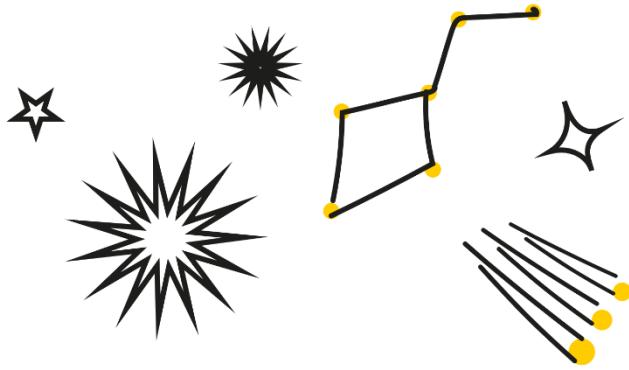
MISSION @ SOPHIE

SÉANCE 4

- ◆ Fondation La main à la pâte - Signaux et informations – Défi scientifique
https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/activites/fizziq/Defi_Signaux-et-informations.pdf
- ◆ Utilisation de l'application FizziQ-junior
<https://www.fizziq.org/>
<https://www.fondation-lamap.org/fr/fizziq>
- ◆ Code morse simplifié
<https://www.bayard-jeunesse.com/infos/wp-content/uploads/2024/05/ImagesDoc-426-labo-science-morse.pdf>
https://pedagogie.ac-strasbourg.fr/fileadmin/pedagogie/physiquechimie/college/Cycle_3/Activites_pour_les_eleves/De_code_les_exercices_-_Morse.pdf
- ◆ Code Morse international
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/International_Morse_Code-fr.svg/1200px-International_Morse_Code-fr.svg.png

Pour aller plus loin

- ◆ Projet MERITE avec des activités clefs en main | Exemple de projet : Créez vos objets animés - entre programmation et électronique
<https://www.projetmerite.fr/>
- ◆ Fondation La main à la pâte - Transmettre de l'information
<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/transmettre-de-l-information>



Livret réalisé dans le cadre du label « Science avec et pour la société » de l'université de Bordeaux.

Ce livret est le fruit d'un travail partagé entre les partenaires suivants :



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR-23-CMA-0021.

