

- RESSOURCE POUR LA CLASSE -

CYCLE 3

Les 1000 tours d'Edison

Le télégraphe



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

Auteure

Fatima Rahmoun

Partenaires

Académie Musicale de Villecroze, Ministère de l'Éducation 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, Nicolas Chleffer

En amont de cette séquence

Avant de démarrer les activités scientifiques du projet *Les mille tours d'Edison*, il est intéressant d'avoir fait vivre aux élèves la séquence introductive « Le sorcier de Menlo Park » : www.fondation-lamap.org/sorcier-menlo-park

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

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

Résumé

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

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?

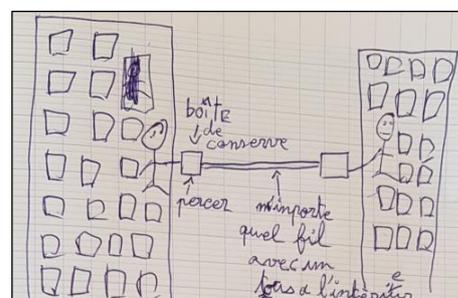
1. Un pigeon voyageur
2. crie par la fenêtre
3. on envoie un avion en papier
4. langue des signes ou gestes

fabriquer un lance pierre
 envoyer une lettre
 fabriquer une catapulte

Avoir une arbalète à avion en papier, deux, parler avec un appareil ou un mégaphone, trois, faire

code gramme

- 1 avec des produits chimiques
- 2 signaux de fumée



- 6 avec un message
- 7 une balle 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)

Résumé

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

Disciplines : Physique-Chimie et/ou Technologie

Déroulé et modalités : Le professeur demande aux élèves de réaliser 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, passoire, élastiques longs et solides, rouleaux de papier toilette, pistolets à colle.

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.

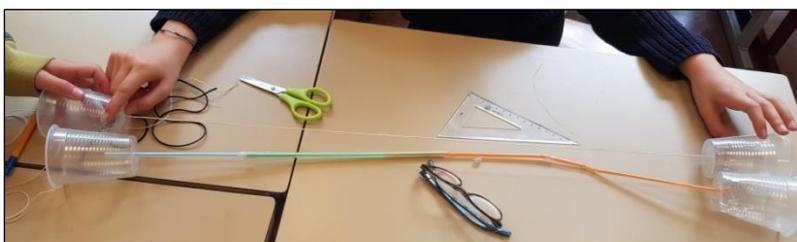
Note préliminaire

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 résumé. Dans le cas contraire, les élèves seraient vite bloqués dans leurs expérimentations.
- L'enseignant ne doit pas hésiter à écarter certaines propositions d'élèves (avions 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 séparer dans le temps la mise en œuvre des activités 1 et 2 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 ».



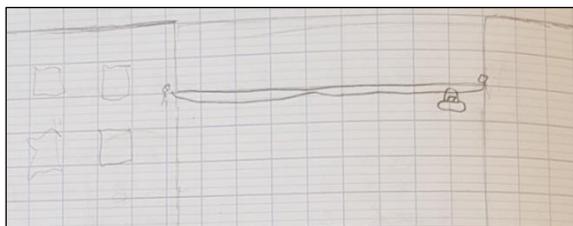
***A gauche, des élèves de CM1/CM2 essayant d'optimiser leur « yaourtophone » - Classe de Charlotte Marin.
A droite, des élèves de CM2 testant les ombres chinoises - Classe de Yassamin Behzadi (enseignante à Paris).***

Notes pédagogiques

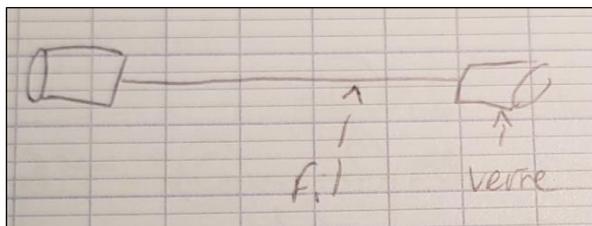
- Certaines propositions d'élèves sont intéressantes pendant la phase de recueil d'idées mais ne sont pas très pertinentes à mettre en œuvre (ex : signaux de fumée, sarbacane...). Lors des échanges avec les groupes, l'enseignant guide les élèves vers des solutions techniques plus exigeantes au niveau de la réalisation et met de côté les solutions peu

intéressantes à développer d'un point de vue technique (messager) 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 » : www.fondation-lamap.org/phonographe ; pour un éclairage sur la transmission de mouvement, la fiche connaissance dédiée : www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/pedago/fiches_connaissances/394_fiche_25.pdf).



Systeme poulie

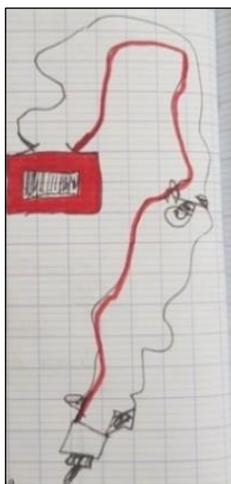


« yaourtophone »

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)

Résumé

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

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 Les mille tours d'Edison, 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

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 : fr.asmodee.com/fr/games/timeline/
- Les cartes de la Fiche 1T ont été réalisées à l'aide du logiciel gratuit Magic Set Editor : 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)

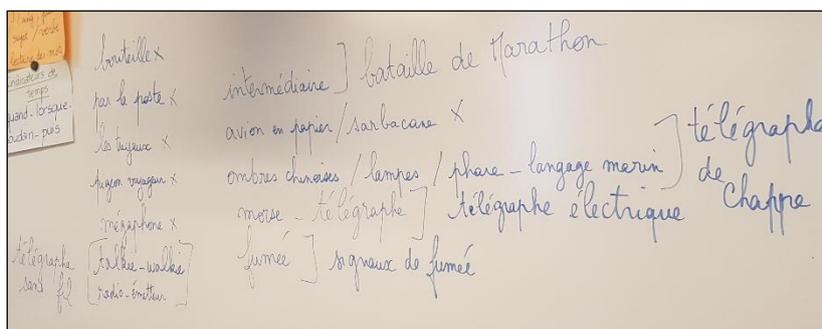
L'enseignant explique aux élèves qu'ils vont jouer à un jeu de cartes qui retrace l'histoire des télécommunications. Il présente rapidement les règles du jeu :

- 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.



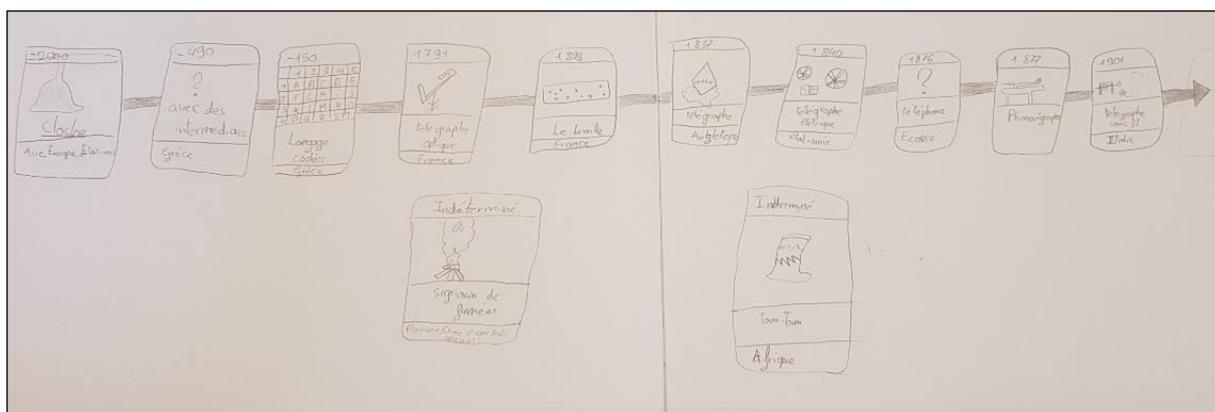
Correspondance idées de la classe / jeu de cartes - Classe de CM2 de Yassamin Behzadi

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 (puisqu'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'activité 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'activité 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 dupicateurs » 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 IT : 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 IT : Cartes « histoire des télécommunications » - Page A Verso

Indéterminé



Etats — Unis, Chine et sans doute ailleurs !

Signaux de fumée
 Pour communiquer à distance, les Amérindiens (*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 IT : Cartes « histoire des télécommunications » - Page B Recto



Fiche IT : 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.

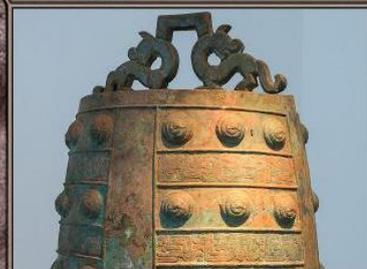
Indéterminé



Afrique

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

— 2 000

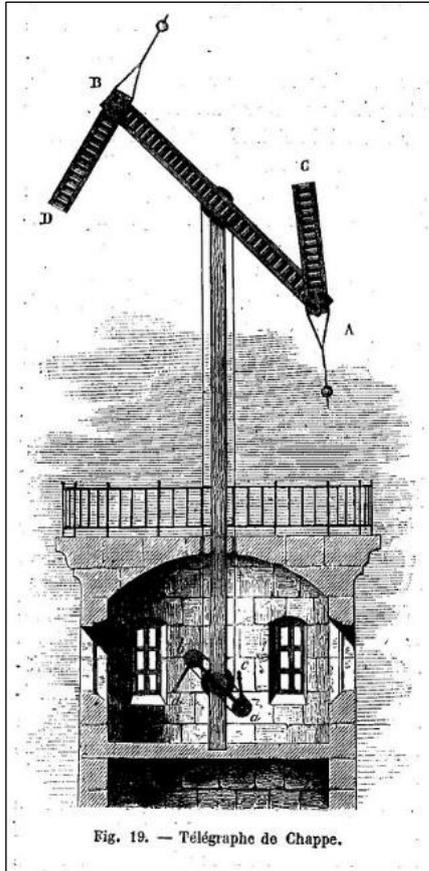


Asie, Europe, Etats-Unis

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

Fiche IT : Cartes « histoire des télécommunications » - Page C

Fiche 2T : Complément pour le jeu de cartes



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 >> *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 espacements
 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 !

Étape 2 : Encoder une information

Résumé

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

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

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

Résumé

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

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 papieranson, 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. L'enseignant jugera de la pertinence 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

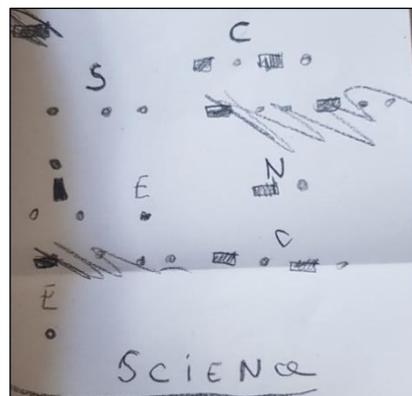
- Si les élèves n'ont pas encore réalisé de circuit électrique dans leur parcours scolaire, il est impératif de mettre en œuvre une à deux séances d'électricité avant de démarrer cette étape. Pour plus d'informations sur des séances préliminaires, il est possible de consulter la vidéo *Billes de sciences #4* de David Louapre sur les circuits électriques 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.



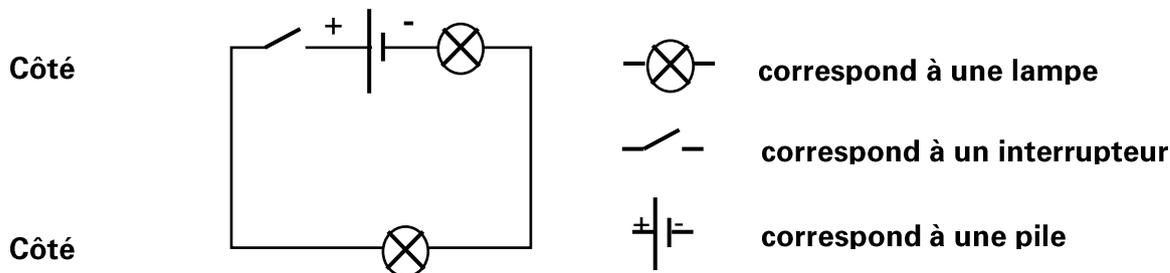
Elèves de CM1/CM2 en train de transmettre une information en morse - Classe de Charlotte Marin

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)

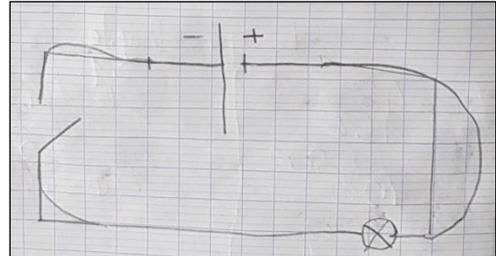
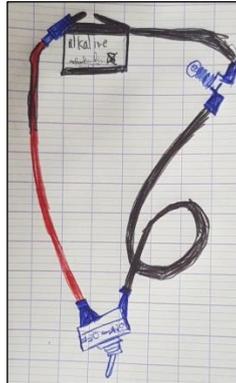
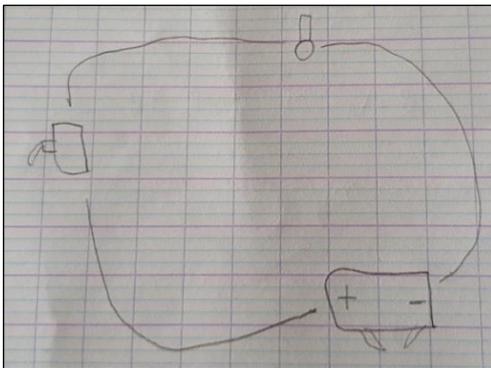
Si les élèves sont à l'aise avec un circuit série simple, le professeur peut leur proposer d'utiliser cette fois-ci le langage binaire pour transmettre, par exemple, « avance », « recule », « un pas à droite », « un pas à gauche » (comme dans l'étape 2). Les élèves sont alors obligés d'utiliser deux 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	— — — — —

Etape 4 : Consolidation et entraînement

Résumé

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

Disciplines : Physique-Chimie et/ou Technologie

Déroulé et modalités : Les élèves s'entraînent pour mieux maîtriser l'ensemble des notions travaillées.

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 (15 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

Fiche 6T : Exercices d'entraînement

Exercice 1 : Katia et Gabrielle se promènent dans la rue. Elles arrivent à hauteur d'un feu de signalisation. Un bonhomme vert est visible et on entend une voix d'automate dire « feu vert, vous pouvez traverser la route ».

1. Quelle est la nature des deux signaux mis à disposition de Katia et Gabrielle ?
2. Quelle information leur est transmise ?

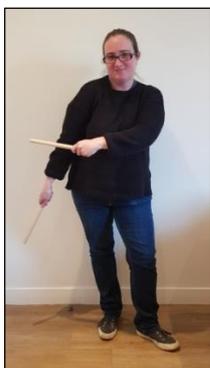
Exercice 2 : Voici un extrait d'un manuel de formation sur la circulation dans un aéroport.



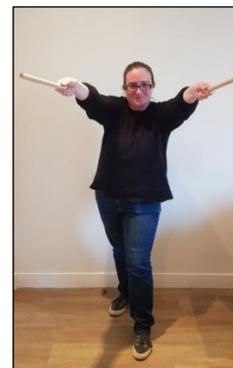
« A partir de maintenant, suivre les indications du signaleur. »



« Se placer devant moi. »



« Se placer devant le signaleur suivant. »



« Avancer. »

1. Quelle est la nature des signaux utilisés ?
2. Quelles sont les informations transmises par le signaleur ?
3. Quel signal indique au pilote de placer l'avion devant le signaleur ?
4. Encoder ces informations en langage binaire en utilisant des lampes torche à la place de mouvements.
5. Le langage binaire est-il plus adapté à la situation ?

Exercice 3 :

1. Encoder en morse les mots « Bonjour », « Edison ».

2. Décoder :
 - a. $\text{—} \bullet \text{—} \bullet \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \bullet \bullet \bullet$
 - b. $\text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \bullet \text{—} \bullet \bullet \bullet \bullet$

Eclairage historique et 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.

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 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 – www.fondation-lamap.org/fr/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*
www.fondation-lamap.org/fr/ampoule
www.fondation-lamap.org/fr/phonographe
- Séquences dédiées à l'électricité disponibles sur le site de la Fondation *La main à la pâte*
www.fondation-lamap.org/fr/electricite
- Séquences dédiées à la nature de la science du projet thématique *Esprit Scientifique, Esprit Critique*
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
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
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*
www.fondation-lamap.org/fr/europe-decouvertes
- Article décrivant différents types de télégraphes rédigé par Thomas Edison
www.telegraph-history.org/edison/appletons/index.html
- *123... Codez !*, tomes 1 et 2, Le Pommier 2016-2017
www.fondation-lamap.org/fr/123codez
http://newsletters.artips.fr/Sciencetips/Morse_Telegraphe/

Crédits

Fiche 1T :

- The Smoke Signal (Frederic Remington domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Remington_The_Smoke_Signal_1905.jpg
- Polybe (Jonathan Martineau CC-BY-SA-4.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Carr%C3%A9_de_Polybe_Wikip%C3%A9dia.png
- Télégraphie aérienne Chappe (Zubro CC-BY-SA-3.0-migrated)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Chappe_Telegraph.jpg

- Télégraphe de Cooke et Wheatstone (Geni CC-BY-SA GFDL)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Cooke_and_Wheatstone_electric_telegraph.jpg?uselang=fr
- Télégraphe de Morse (Zubro CC-BY-SA-3.0-migrated)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Morse_Telegraph_1837.jpg
- Edison et son phonographe (Levin C. Handy, bibliothèque du Congrès des USA, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_and_phonograph.jpg
- Bell téléphone à Chicago depuis New York en 1892 (domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Graham_Telephone_in_Newyork.jpg
- Marconi posant devant ses appareils radio (domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Guglielmo_Marconi_posing.jpg
- Le soldat de Marathon, Luc-Olivier Merson (domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Phidippides.jpg?uselang=fr
- Code braille indiquant le mot premier (Christophe MOUSTIER)
commons.wikimedia.org/wiki/File:DSC_4050-MR-Braille.jpg
- Tam tam (Tatoute CC-BY-SA-3.0-migrated)
commons.wikimedia.org/wiki/File:TamTam.jpg
- Cloche chinoise Bo (Myrabella CC-BY-SA-3.0)
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)
commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A9l%C3%A9graphe_Chappe_1.jpg
- Phonographe (Magere Hein CC-BY-SA-4.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_phonographs.jpg

Fiche 3T :

- IGN 2012 ou 2016 - Licence ouverte.
publicdomainvectors.org/fr/gratuitement-des-vecteurs/Contour-monde-politique-carte-graphiques-vectoriels/15892.html
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)
commons.wikimedia.org/wiki/File:International_Morse_Code-fr.svg