



Commission scolaire de la
BEAUCE-ETCHEMIN
Ensemble *vers l'avenir*

OUTIL D'EXPÉRIMENTATION

Génie électrique



Electrical Engineering, par Lafayette College, via Flickr®
[<https://www.flickr.com/photos/lafayette-college/5716554668/>]

Projet personnel d'orientation (PPO)

Version du document : 5.0

GÉNIE ÉLECTRIQUE

Guide des activités

Ce guide des activités a été rédigé en collaboration avec des professionnels des métiers et professions représentés dans ces activités et a été conçu pour être utilisé sous la supervision d'un enseignant. Les informations contenues dans ce document ne sont pas exhaustives et ne sont données qu'à titre indicatif. Ce guide des activités vous propose plusieurs liens extérieurs qui pourraient ne plus être actifs au moment où vous souhaiteriez les utiliser ou qui pourraient vous diriger vers des informations non souhaitées. Veuillez vérifier ces liens avant leur diffusion auprès des élèves puisque nous ne pouvons en garantir l'intégrité. Aussi, la Commission scolaire de la Beauce-Etchemin n'endosse pas ces liens et ne pourra être tenue responsable de leur contenu, de toute omission, erreur ou lacune pouvant s'y trouver ni des conséquences possibles qui en résulteraient. La Commission scolaire de la Beauce-Etchemin ne pourra, également, être tenue responsable d'une interprétation erronée ou d'une mauvaise utilisation de ces activités.

D'autre part, certaines œuvres contenues dans ce document (création) ne sont pas sous licence Creative Commons Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Partage des conditions initiales à l'identique 2.5 Canada puisqu'elles sont protégées par un copyright, tous droits réservés. Ainsi, toute utilisation totale ou partielle des œuvres portant la mention ©, à d'autres fins que celles prévues dans ce guide des activités, est interdite. Toutefois, la reproduction de ce document demeure autorisée en conformité avec les termes de la licence *Creative Commons* présentée ci-dessous et à condition que cette utilisation soit également conforme aux exigences mentionnées ci-dessus.

 **creativecommons** [\[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/deed.fr_CA\]](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/deed.fr_CA)



Partage du document – Vous avez l'autorisation de reproduire, distribuer et communiquer ce document par tous les moyens et sous tous les formats.



Adaptation du document – Vous avez l'autorisation de modifier, remixer, transformer, adapter ce document.



Paternité – Vous devez citer le nom de l'auteur de l'œuvre originale qui a été diffusée, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées au document. Vous pouvez le faire de différentes manières, mais en ne laissant aucunement croire que l'auteur vous approuve ou approuve l'utilisation personnelle que vous en faites.



Utilisation commerciale interdite – Vous n'avez pas l'autorisation de faire un usage commercial, total ou partiel, de ce document.



Partage des conditions initiales à l'identique – Si vous modifiez, transformez ou adaptez ce document, vous n'avez le droit de distribuer l'œuvre qui en résulte que sous une licence identique à celle dans laquelle fut diffusé le document original.

Le masculin est utilisé sans aucune discrimination, mais uniquement dans le but d'alléger le texte.

Numéro de document : 1

Version du document : 5.0

Année : 2018

Propriété de la Commission scolaire de la Beauce-Etchemin

Table des matières

INFORMATIONS GÉNÉRALES	1
INTRODUCTION	3
ACTIVITÉ 1	
QU'EST-CE QUE LE GÉNIE ÉLECTRIQUE?	4
CORRIGÉ	6
ACTIVITÉ 2	
AMENEZ L'ÉLECTRICITÉ DANS VOTRE MAISON	7
POUR TERMINER...	13
ACTIVITÉ 3	
LES TÉLÉCOMMUNICATIONS	14
POUR TERMINER...	22
ACTIVITÉ 4	
LE CRYPTAGE ET LES CODES SECRETS	24
ACTIVITÉ 5	
LES ROBOTS EN ACTION	26
CORRIGÉ	29
POUR TERMINER...	30
CONCLUSION	32

Liste du matériel :

La liste suivante énumère tout le matériel nécessaire pour compléter l'outil d'expérimentation d'environ 7 heures en génie électrique.

- Guide des activités
- Ordinateur multimédia

- 2 aimants en céramique
- 1 rouleau de fil de bobinage
- 1 ampoule électrique miniature (mini-lampe)
- 1 bande de carton pour affiche (environ 8 cm sur 30 cm)
- 1 clé hexagonale moyenne (Allen)
- 1 feuille de papier sablé
- 1 ruban adhésif
- 2 blocs de bois (environ 5 cm sur 5 cm)
- 1 languette de métal (environ 1cm sur 5cm)
- 1 marteau
- 1 clou
- 2 pinces crocodile
- 1 porte-piles
- 4 piles AA
- 1 interrupteur

Liste des sites Web :



Afin d'accéder aux sites Web proposés dans le présent guide des activités, vous êtes invité à consulter la page Liens PPO [<http://liensppo.qc.ca>], outil **Génie électrique**. En cliquant sur le logo ci-contre que vous verrez apparaître ici et là dans le texte, vous pourrez accéder aux liens correspondant aux activités. Si vous utilisez une copie électronique du guide des activités, cliquez directement sur le logo.

Conception :

D^{re} Isabel Deslauriers

Coordonnatrice du programme *Let's Talk Science Partnership Program*, de l'Université McGill

Adaptation :

Comité de validation pédagogique des guides des activités PPO

Traduction de l'anglais vers le français: M^{me} Ginette Latulipe

Informations quant aux droits d'auteur et Copyright :

Le logo de la Commission scolaire de la Beauce-Etchemin, qui figure dans le présent guide, est protégé par le droit d'auteur et n'est donc pas visé par la licence Attribution – Utilisation commerciale interdite – Partage à l'identique Canada 2.5 de *Creative Commons*.

Page couverture

Lafayette College est propriétaire de l'image de la page couverture (« Electrical Engineering »). Cette image est sous licence *Creative Commons*. Attribution – Non commercial – Share Alike 2.0 Generic [<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>] via Flickr® [<https://www.flickr.com/photos/lafayette-college/5716554668/>].

Introduction

L'image *Binary Code Robot* a été prise par geralt. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/binary-code-privacy-policy-woman-2175285/>].

Activité 1

L'image *Artificial Intelligence* a été élaborée par geralt. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/artificial-intelligence-503592/>].

Activité 2

L'image *Substation Electricity* a été prise par maxmann. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/substation-electricity-current-1705947/>].

© L'activité 2 et les figures 2.1 et 2.2 sont reproduites avec la permission de William Beatty. À l'origine, cette activité a été publiée dans le site Internet Science Hobbyist : <http://www.amasci.com> (Ultra-Simple Electric Generator). Prenez note que cette activité de même que les figures 2.1 et 2.2 sont exclues de la licence *Creative Common* et sont protégées par les droits d'auteur. Toutes modifications ou utilisations de cette activité ou de ces photographies à d'autres fins que celles prévues pour le cours Projet personnel d'orientation, en tout ou en partie, sont interdites.

© Les figures 2.3 à 2.6 ont été fournies par Isabel Deslauriers avec la permission du McGill Let's Talk Science Partnership Program. Toutes modifications ou utilisations de ces photographies à d'autres fins que celles prévues pour le cours Projet personnel d'orientation, en tout ou en partie, sont interdites.

Activité 3

L'image *Space Orbital* a été prise par Sambet. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/space-orbital-orbit-orbiting-1970121/>].

Activité 4

L'image *ATM Card Cash* a été prise par 3dman_eu. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/atm-withdraw-cash-map-ec-card-1524870/>].

Activité 5

L'image *Robot Doctor* a été prise par tmeier1964. Elle est du domaine via Pixabay [<https://pixabay.com/en/doctor-consulting-office-hours-time-1193318/>].

Conclusion

L'image *Arduino Electronics* a été prise par LenaertsDaan. Elle est du domaine public, via Pixabay [<https://pixabay.com/en/arduino-electronics-1128227/>].

Remerciements :

M. William Beatty

Pour nous avoir permis de reproduire son activité et ses schémas pour l'activité 2 (Figures 2.1 et 2.2)

Introduction

Les ingénieurs sont des professionnels qui ont étudié les sciences, la technologie et les mathématiques. Ils utilisent leur savoir-faire pour concevoir, analyser et construire de l'équipement pratique. Par exemple :

- L'ingénieur mécanicien s'occupe de la conception et de l'amélioration des voitures, des avions, des robots, etc.
- L'ingénieur chimiste conçoit, entre autres, des piles à combustible, des installations de traitement de déchets et analyse les performances des équipements industriels dans le but de les bonifier.
- L'ingénieur de logiciels invente, entre autres, de nouveaux processeurs et de nouveaux logiciels.
- L'ingénieur civil conçoit des ponts, des routes, des bâtiments, etc.

Ce guide d'activités vous amènera à explorer une branche spécialisée de l'ingénierie : **le génie électrique**. Les ingénieurs électriciens étudient et utilisent l'électricité, l'électronique et l'électromagnétisme dans leur travail. Ils élaborent des projets qui portent sur les lasers, les robots, les lignes électriques, les satellites, les téléphones cellulaires, etc. Naturellement, il n'est pas possible qu'un ingénieur électricien soit familier avec tous ces sujets. Ainsi, les étudiants en génie électrique tendent à choisir une spécialité.

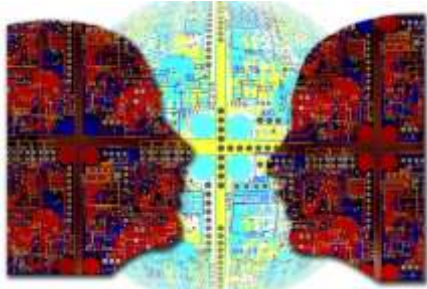
Dans ce document, vous vous interrogerez d'abord sur les différents types et concentrations de l'ingénierie. Puis, vous vous mettrez dans la peau d'un ingénieur électricien œuvrant au sein d'un organisme tel qu'*Ingénieurs sans frontières* afin de prêter main-forte aux pays en voie de développement en imaginant un prototype de générateur qui fournira de l'électricité à des villages isolés. Dans un troisième temps, vous vous familiariserez avec les télécommunications et le code morse, de même qu'avec les procédés de cryptage¹. Finalement, vous verrez l'implication de l'ingénierie électrique dans le domaine de la robotique.



Binary Code Robot, par geralt, CC0, via Pixabay
[<https://pixabay.com/en/binary-code-privacy-policy-woman-2175285/>]

Dans la conclusion de ce guide, vous trouverez des pistes pour explorer le secteur électrotechnique et télécommunication.

¹ **Cryptage** : opération consistant à rendre un message incompréhensible au lecteur grâce à l'utilisation de codes. Seule la personne connaissant le « code de décryptage » pourra en faire la lecture compréhensible.



Artificial Intelligence, par geralt, CC0, via Pixabay
[<https://pixabay.com/en/artificial-intelligence-503592/>]

Qu'est-ce que le génie électrique?

L'embauche d'un ingénieur électricien réputé

Les ingénieurs de toutes les spécialités présentées dans la page précédente travaillent souvent ensemble, soit en entreprise ou dans les laboratoires d'universités pour réaliser des inventions ou améliorer celles qui existent déjà. Voici une liste d'ingénieurs électriciens des plus célèbres :

- Nikola Tesla, pionnier du génie électrique;
- Julie Payette, astronaute canadienne;
- Douglas Engelbart, inventeur de la souris d'ordinateur;
- Cliff Stearns, membre de la chambre des congrès des États-Unis et aussi membre du sous-comité sur les télécommunications et l'Internet;
- David Bradley, connu pour avoir inventé la combinaison des touches « Control-Alt-Suppr », utilisées pour redémarrer l'ordinateur.



Utilisez l'Internet pour effectuer des recherches sur l'un de ces ingénieurs. Une bonne adresse serait le site de l'encyclopédie Wikipédia. Consultez la page Liens PPO [<http://liensppo.gc.ca>], outil **Génie électrique** pour en apprendre davantage.

Ensuite, répondez à ces questions :

1. En quoi cet ingénieur est-il réputé? Dans quelle branche s'est-il spécialisé?
2. Imaginez que vous pourriez vous associer avec l'un de ces ingénieurs pour créer une nouvelle entreprise. Avec lequel aimeriez-vous vous associer? Quel genre d'entreprise désireriez-vous démarrer? Quels sont les autres professionnels que vous devriez embaucher pour faire fonctionner votre entreprise (à partir de cette liste : d'autres ingénieurs que vous connaissez ou d'autres professionnels tels que des comptables, des investisseurs, des spécialistes du marketing, etc.)?

Répondez à ces questions à la page suivante.

Corrigé

L'embauche d'un ingénieur électricien réputé

1. En quoi cet ingénieur est-il réputé? Dans quelle branche s'est-il spécialisé?

Nikola Tesla a travaillé dans les domaines de l'électricité, du magnétisme et des communications sans fil. Ses travaux théoriques sont à la base des systèmes électriques à courant alternatif. Il a été un inventeur très prolifique, notamment dans le domaine de la radio, des moteurs, du tube à vide (électronique). Dans les Temps modernes, il aurait sûrement souhaité étudier le génie électrique, un domaine qui couvre une grande partie de ses centres d'intérêt.

Julie Payette est une astronaute canadienne. Elle a été astronaute en chef pour l'Agence spatiale canadienne. Elle a occupé le poste de capcom au Centre de contrôle des missions, à Houston. Le capcom est responsable de l'ensemble des communications entre l'équipe au sol et les astronautes en vol. C'est une personne très polyvalente; ses centres d'intérêt portent sur l'ingénierie des télécommunications, des systèmes de contrôle et de l'informatique. En juillet 2017, M^{me} Payette a été désignée gouverneure générale du Canada et commandante en chef des Forces armées canadiennes.

Douglas Engelbart est un ingénieur américain, un inventeur, un pionnier de l'informatique. Il est reconnu pour être l'inventeur de la souris. Il a aussi travaillé sur le premier réseau informatique, l'ARPANET (le prédécesseur d'Internet). Il a probablement étudié le génie informatique.

Cliff Stearns est un politicien américain qui a été élu à la Chambre des représentants des États-Unis, la première fois en 1989. Il représente la Floride. Ses centres d'intérêt touchent principalement la réglementation d'Internet. Il a probablement étudié le génie informatique.

David Bradley était l'un des douze premiers ingénieurs à avoir travaillé sur le premier ordinateur IBM PC. Il est surtout connu pour avoir inventé la combinaison des touches « Ctrl-Alt-Suppr », qui est utilisée pour redémarrer l'ordinateur. Il s'est indubitablement spécialisé en génie informatique.

Garder en tête que certains de ces ingénieurs sont toujours actifs et qu'ils peuvent avoir réalisé d'autres projets depuis que ce texte a été rédigé.

2. Les réponses peuvent varier.



Substation Electricity, par maxmann, CC0, via Pixabay
[\[https://pixabay.com/en/substation-electricity-current-1705947/\]](https://pixabay.com/en/substation-electricity-current-1705947/)

Activité

2

Amenez l'électricité dans votre maison²

Les ingénieurs électriciens étudient les façons de convertir des formes d'énergie variées en électricité. Par exemple, l'énergie éolienne peut être convertie en électricité à l'aide d'un moulin à vent et l'énergie solaire peut aussi être convertie en utilisant un panneau solaire. Les ingénieurs électriciens cherchent aussi des moyens de transport efficaces pour acheminer l'électricité des centrales électriques aux maisons.

Construire un générateur électrique

Mise en situation :

Des organismes, tels qu'*Ingénieurs sans frontières*, utilisent le savoir-faire des ingénieurs électriciens canadiens pour prêter assistance aux pays en voie de développement. Imaginez que vous travaillez au sein d'un tel organisme et que vous devez construire le prototype d'un générateur bon marché et le présenter au directeur de votre équipe. Ce prototype pourra servir à développer un générateur qui fournira de l'électricité aux villages isolés.



Consultez sur la page Liens PPO, outil **Génie électrique**, Activité 2, les références proposées.

² © L'activité 2 et les figures 2.1 et 2.2 sont reproduites avec la permission de William Beatty. À l'origine, cette activité a été publiée dans le site Internet *Science Hobbyist* : <http://amasci.com> (*Ultra-Simple Electric Generator*). Prenez note que cette activité de même que les figures 2.1 et 2.2 sont exclues de la licence *Creative Common* et sont protégées par les droits d'auteur. Toutes modifications ou utilisations de cette activité ou de ces photographies à d'autres fins que celles prévues pour le cours Projet personnel d'orientation, en tout ou en partie, sont interdites.

Matériel nécessaire :

- 4 aimants en céramique;
- fil de bobinage;
- 1 ampoule électrique miniature (mini-lampe);
- 1 bande de carton (environ 8 cm sur 30 cm);
- 1 clé hexagonale (Allen) qui servira de manivelle;
- papier sablé;
- ruban adhésif;
- 1 paire de ciseaux (la vôtre), mais elle n'est pas obligatoire;
- 1 règle de 30 cm (la vôtre).

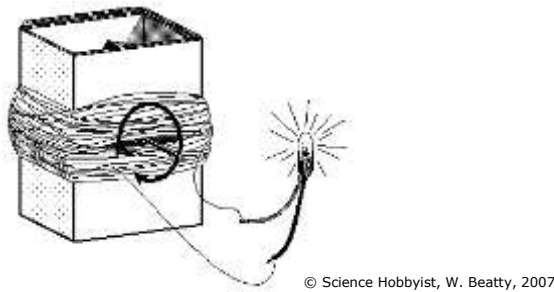
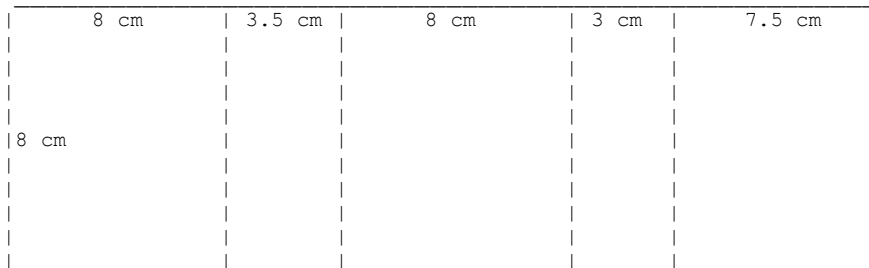


Figure 2.1

Au cours de cette activité, vous construirez un générateur électrique, lequel consiste en un dispositif qui convertit un mouvement circulaire (une manivelle qui tourne) en énergie électrique (voir la figure 2.1).

1^{re} étape

Vous construirez d'abord une boîte creuse. Coupez une bande de carton de 8 cm sur 31 cm. Tracez des repères verticaux de pliage aux dimensions mentionnées à la figure 2.2.



© Science Hobbyist, W. Beatty 2007

Figure 2.2

2^e étape

Pliez la bande de carton selon les repères indiqués à l'étape 1 et maintenez la boîte en place avec du ruban adhésif.

3^e étape

Faites un trou à travers les deux côtés de la boîte en enfonçant la clé hexagonale (Allen) (voir la figure 2.3). Si vous le désirez, vous pouvez utiliser des ciseaux pour vous aider à percer le trou.

Agrandissez légèrement le trou afin que la clé puisse tourner librement à l'intérieur (attention de ne pas trop agrandir le trou).



Figure 2.3³

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

4^e étape

Prenez le rouleau de fil de bobinage, puis collez le bout du fil sur le côté de la boîte en laissant dépasser environ 10 cm de fil.

Enroulez ensuite le fil autour de la boîte environ 250 fois (250 tours). Laissez dépasser le fil de 10 cm, comme indiqué à la figure 2.4.

Ensuite, avec du ruban adhésif, collez temporairement la dernière extrémité de votre fil afin qu'il ne se déroule pas.

³ Toutes les photographies de cette section (les figures 2.3 à 2.6) ont été fournies par Isabel Deslauriers avec la permission du *McGill Let's Talk Science Partnership Program*.



Figure 2.4

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

5^e étape

En utilisant du papier sablé, poncez, sur une longueur d'environ 2 cm, le revêtement de plastique qui recouvre chaque extrémité du fil (voir la figure 2.5), à moins que le travail ait déjà été fait par un autre élève ayant fait le montage avant vous.

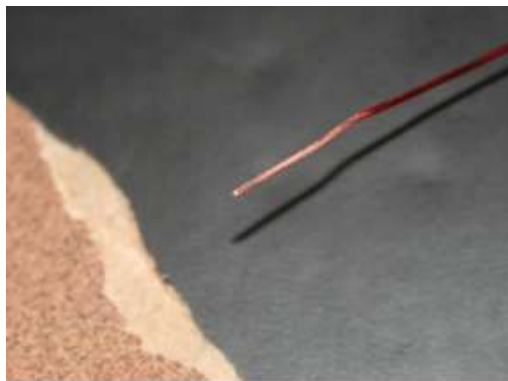


Figure 2.5

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

6^e étape

Insérez la clé hexagonale (Allen) dans les trous.

Placez les deux aimants de chaque côté de la clé, à l'intérieur de la boîte.

Assurez-vous que le tout peut tourner aisément et collez de façon sécuritaire les aimants à la clé à l'aide de ruban adhésif (voir la série de figures 2.6).



Figures 2.6

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

7^e étape

Enroulez de façon sécuritaire les extrémités du fil de bobinage que vous avez grattées autour du bout argenté de chacun des fils de la petite ampoule électrique en effectuant un mouvement de torsade. (Si nécessaire, grattez encore un peu plus de plastique sur les fils de l'ampoule.)

Maintenant, on devrait retrouver un bout du fil attaché à un fil de l'ampoule et l'autre bout, à un autre fil de l'ampoule (voir la figure 2.6). Fixez chaque torsade obtenue à l'aide de ruban adhésif afin de maintenir le tout en place. Assurez-vous que les couplages (les deux torsades obtenues) ne se touchent pas.



Figure 2.6

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

8^e étape : Testez votre prototype de générateur

Placez votre générateur sur le bord de votre table de travail, afin que la clé hexagonale (Allen) n'accroche pas celle-ci. À l'aide de la clé, faites tourner les aimants à très grande vitesse. L'ampoule devrait s'allumer faiblement. Si cela ne fonctionne pas, faites l'expérience dans une pièce sombre et vous verrez alors la faible lueur. Au besoin, demandez à un collègue de classe de tenir la boîte pendant que vous tournez la clé. Si nécessaire, ajustez la position des aimants afin qu'ils ne touchent pas le carton de la boîte.

9^e étape : Défaire votre montage

Défaites avec précaution votre montage, puisque d'autres élèves utiliseront le même matériel que vous. Libérez l'ampoule, déroulez lentement votre fil de bobinage et remplacez-le comme il était initialement. Rangez le tout dans votre coffret-projet.

Comment ça marche?

Tous les métaux possèdent une substance mobile que l'on appelle « charge électrique ». Les atomes contenus dans le fil métallique constituent la moitié des charges positives (les protons) et la moitié des charges négatives (les électrons). Les métaux sont différents, car leurs électrons ne restent pas connectés aux atomes du métal; ils se promènent à l'intérieur du métal et forment un genre de « fluide » électrique à l'intérieur du fil.

Le mouvement des aimants attire les électrons et les fait bouger à l'intérieur du fil. Lorsque les charges contenues à l'intérieur du fil de cuivre passent dans le mince filament de l'ampoule, leur vitesse augmente rapidement. Lorsque les charges quittent le filament et retournent dans le gros fil de cuivre, ils ralentissent de nouveau. À l'intérieur du mince filament, les charges, qui se déplacent à grande vitesse, chauffent le métal dans un genre de friction électrique. Le filament de métal chauffe tellement qu'il s'illumine. Les charges chauffent aussi légèrement les fils du générateur, mais comme les aimants sont beaucoup plus épais, toute la chaleur se dirige vers le filament de l'ampoule.

Pour terminer...

Retour sur la mise en situation

Maintenant que vous avez un prototype simple en main, demandez à un collègue de classe, un parent ou un ami de jouer le rôle du directeur de votre entreprise et présentez-lui votre prototype. Expliquez-lui le mode de fabrication et de fonctionnement. Quels ont été les commentaires formulés par votre partenaire une fois votre présentation faite?

Puis, imaginez comment, en tant qu'ingénieur, vous pourriez adapter votre prototype de générateur afin qu'il puisse produire suffisamment d'électricité pour alimenter un village isolé d'une cinquantaine d'habitations. Discutez-en avec le directeur de votre entreprise.

Notez vos réponses et réflexions dans le Carnet de travail.



Space Orbital par Sambaet, CC0, via Pixabay
[\[https://pixabay.com/en/space-orbital-orbit-orbiting-1970121/\]](https://pixabay.com/en/space-orbital-orbit-orbiting-1970121/)

Activité

3

Les télécommunications

L'ingénierie des télécommunications est une concentration relativement récente du génie électrique. Elle comprend l'étude des systèmes de communication tels que les téléphones cellulaires, les téléphones traditionnels, les réseaux satellites ainsi que les communications câblées et optiques.

Selon Claude Elwood Shannon⁴, considéré comme un des pères fondateurs de la théorie de l'information moderne dans les années 1940, « Le problème fondamental de la communication est de reproduire à un endroit précis exactement ou approximativement un message provenant d'un autre endroit ».

La théorie des communications a été développée pour couvrir plusieurs aspects de la transmission de l'information, incluant la **compression** et la **confidentialité** de l'information, que l'on appelle aussi **cryptage**. La compression et le cryptage de l'information impliquent souvent que l'on doit réécrire l'information sous une autre forme, que l'on appelle **encodage**. Cela vous fait peut-être penser aux codes secrets avec lesquels vous êtes probablement familiers : crypter l'information et la réécrire. Dans les sections suivantes, nous donnons des exemples simples de techniques d'encodage utilisées par les ingénieurs électriciens qui étudient la théorie des codes.



L'activité 2 du Guide des activités **Statistiques et mathématiques** publié sur la page Liens PPO [<http://lienspoo.qc.ca>], vous présente en détail plusieurs autres techniques de cryptage, vous propose maints sites Web vous permettant de vous exercer en ligne. N'hésitez pas à consulter ce document pour en apprendre davantage.

⁴ C. E. Shannon, « A Mathematical Theory of Communications » *Bell System Technical Journal* 27 (juillet 1948): 379; reproduit en ligne avec corrections en format PDF, p. 1, Bells Laboratories, *Mathematical and Algorithmic Sciences Research Center* (<http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/paper.html>) : 28 juin 2007.

Le code morse

Le code morse a été inventé pour transmettre du texte sur des lignes télégraphiques. En code morse, chaque lettre de l'alphabet est représentée par une série de points et de traits (voir la figure 3.1). Les séquences de points et de traits les plus courtes sont assignées aux lettres les plus utilisées. Par exemple, la lettre E est représentée par un simple point, tandis que la lettre Q est représentée par la séquence « trait-trait-point-trait ». C'est une façon de rendre la transmission la plus courte possible puisque les séquences courtes sont plus fréquentes que les séquences longues. De plus, les mots courants ont leur propre séquence.

CODE MORSE INTERNATIONAL

1. Un trait est égal à trois points.
2. L'espace entre les parties de la 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 cinq 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	— — — — —

Figure 3.1⁵

⁵ Rhey T. Snodgrass et Victor F. Camp, *Radio Receiving for Beginners* (New York: MacMillan, 1922), p. 96; l'image numérique provient du site *Wikipédia* (<http://en.wikipedia.org> : 7 juin 2018). Cette image est libre de droits.

Construire un télégraphe à code morse

Mise en situation :

Imaginez que vous devez créer, avec un collègue ingénieur, un télégraphe morse afin de le comparer avec les systèmes de télécommunication modernes, tels que les modems développés par votre entreprise. Voici ci-dessous les étapes à suivre.

Matériel nécessaire :

- 2 blocs de bois;
- 1 marteau;
- 1 clou;
- 2 pinces crocodile;
- 1 porte-piles;
- 4 piles;
- ruban adhésif;
- 1 interrupteur;
- papier sablé;
- 1 trombone (attache-feuille);
- bande de carton (1cm par 5 cm);
- fil de bobinage;
- règle de 30 cm;
- ciseaux.

1^{re} étape

Enroulez de façon très serrée le fil autour du clou, en laissant dépasser la première extrémité du fil de 10 cm. Effectuez au moins 200 tours avec votre fil.

Laissez dépasser le fil résiduel de 10 cm, comme indiqué à la figure 3.2.



Figure 3.2

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

2^e étape

En utilisant du papier sablé, poncez, sur une longueur d'environ 2 cm, le revêtement de plastique qui recouvre chaque extrémité du fil (voir la figure 2.5), à moins que le travail ait déjà été fait par un autre élève ayant fait le montage avant vous (voir la figure 3.3).

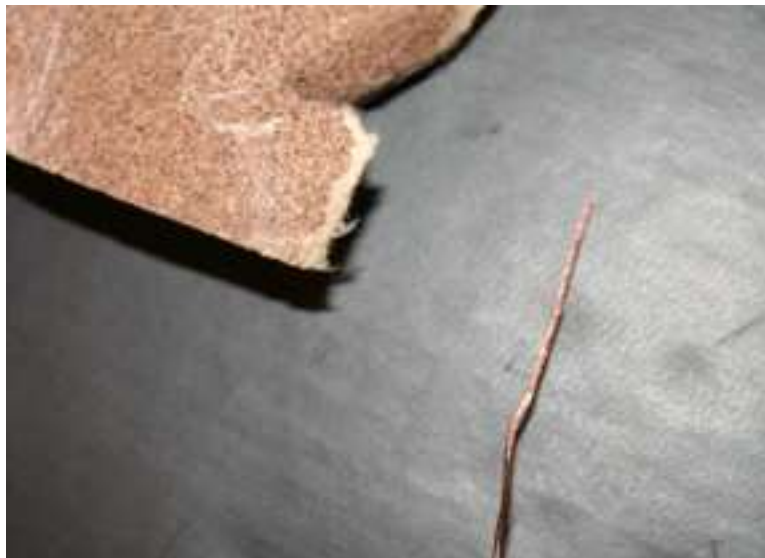


Figure 3.3

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

3^e étape

Placez les blocs de bois l'un sur l'autre, avec l'avant du bloc supérieur décalé environ 5 cm de l'autre (voir le schéma 3.4). Fixer les blocs avec du ruban adhésif.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.4

4^e étape

Plantez le clou dans le bloc de bois de dessous afin qu'il s'y maintienne solidement, tout en évitant de l'enfoncer complètement. La tête du clou doit être située 3 mm plus bas que le haut du bloc supérieur (voir figure 3.5). Il vous est possible d'utiliser un morceau de bois auquel un clou a déjà été fixé. Si nécessaire, choisissez un autre emplacement pour votre clou.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.5

5^e étape

Coupez un morceau de carton de 1 cm sur 5 cm et fixez-le au bloc supérieur à l'aide de ruban adhésif. Attachez le trombone (attache-feuille) au bout du morceau de carton. Ajustez l'emplacement du morceau de carton et du trombone afin de vous assurer que l'extrémité du trombone soit placée juste au-dessus de la tête du clou, comme le présente la figure 3.6.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.6

6^e étape

Assurez-vous que l'interrupteur du porte-piles est bien en position d'arrêt et insérez les quatre piles (voir figure 3.7).



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.7

7^e étape

Utilisez les pinces crocodile pour fixer les fils du porte-piles à chaque extrémité du fil enroulé autour du clou (voir figure 3.8). Assurez-vous que les pinces crocodile sont positionnées sur la partie dénudée des fils.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.8

8^e étape

Avant de poursuivre, vérifiez si votre montage ressemble à celui illustré à la figure 3.9.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 3.9

9^e étape

Placez l'interrupteur du porte-piles en fonction. Le trombone devrait bouger et s'approcher du clou. Ne vous en faites pas si le trombone ne touche pas au clou.

Si le trombone ne bouge pas, ajustez la position du carton ou du trombone pour les rapprocher du clou.

10^e étape

Mettez l'interrupteur du porte-piles en position d'arrêt. Le trombone devrait s'éloigner du clou.

Si le trombone ne s'éloigne pas du clou, ajustez la position du carton ou du trombone pour les éloigner quelque peu du clou.

ATTENTION! Si vous laissez l'interrupteur du porte-piles en fonction, vos piles vont perdre leur charge rapidement.

Comment ça marche?

Pour faire fonctionner le télégraphe, appuyez sur l'interrupteur. Lorsque l'interrupteur est en fonction, nous disons que le circuit est fermé. Lorsqu'il est fermé, le courant provenant des piles circule librement à l'intérieur du fil. Lorsque le courant circule autour du clou, les particules formant le clou s'alignent de telle façon qu'elles se transforment en aimant. Le trombone de métal est attiré vers le clou chaque fois que le circuit est fermé (l'interrupteur est en fonction). Le message que vous tapez en utilisant l'interrupteur est alors reproduit à l'autre bout du circuit.

11^e étape

Maintenant que votre télégraphe à code morse est construit, il est temps de le tester.

Dans l'encadré qui suit, utilisez les traits et les points du code morse afin d'inscrire un court message de cinq ou six mots.

VOTRE MESSAGE

Transmettez votre message en utilisant votre télégraphe :

- 1) Pour envoyer un point, fermez l'interrupteur pendant une seconde.
- 2) Pour envoyer un trait, fermez l'interrupteur pendant trois secondes.
- 3) Faites une brève pause entre les lettres. Ainsi, votre partenaire sera en mesure de savoir à quel moment la lettre suivante commencera à être transmise.

Votre partenaire transcrira sur une feuille de brouillon les points et les traits reçus par le trombone et décodera le message. C'est de cette façon que les personnes communiquaient, en utilisant l'électricité, avant que le téléphone ne soit inventé!

12^e étape : Défaire votre montage

Comme d'autres élèves utiliseront le même matériel que vous, défaites avec précaution votre montage. Libérez le fil et le clou, déroulez lentement votre fil de bobinage et remplacez-le comme il était initialement. Rangez le tout dans votre coffret-projet.

Pour terminer...

Retour sur la mise en situation

Souvenez-vous que dans la mise en situation initiale, vous deviez construire ce télégraphe afin de le comparer avec les systèmes de télécommunication modernes.

Maintenant que vous avez construit un télégraphe à code morse, vous et votre collègue ingénieur vous interrogez sur les différences entre ce télégraphe et les systèmes de télécommunication modernes tels que les modems et les téléphones cellulaires. Faites une recherche sur Internet pour en découvrir davantage.

Quelles fonctionnalités aimeriez-vous retrouver sur les téléphones cellulaires de la prochaine génération? Discutez-en avec votre collègue. Dites-vous que les ingénieurs sont souvent à la source de plusieurs innovations technologiques!



ATM Card Cash, par 3dman_eu, CC0, via Pixabay
<https://pixabay.com/en/atm-withdraw-cash-map-ec-card-1524870/>

Activité

4

Le cryptage et les codes secrets

Que vous soyez un agent secret ou un élève qui exécute des transactions bancaires par l'intermédiaire d'Internet, il est important de garder secrètes, sauf pour le récipiendaire, les informations que vous transmettez. Par exemple, si vous devez transmettre de façon urgente un mot de passe à un ami par courriel, vous seriez bien avisé de l'écrire de manière à ce qu'il soit le seul à pouvoir le comprendre.



L'activité 2 du Guide des activités **Statistiques et mathématiques**, publié sur la page Liens PPO [<http://lienspoo.qc.ca>], vous présente en détail plusieurs techniques de cryptage et vous propose maints sites Internet vous permettant de vous exercer en ligne. N'hésitez pas à consulter cette activité pour en apprendre davantage.

Voici quelques exemples de techniques de cryptage.

La manière la plus simple est d'utiliser un **code par substitution**, ce qui signifie que chaque lettre de votre mot de passe est remplacée par une lettre différente de l'alphabet, en utilisant une liste de codes que vous avez définis ensemble. Par exemple, chaque lettre pourrait être remplacée par la prochaine lettre de l'alphabet; si votre mot de passe était « MILOU », vous le récrieriez « NJMPV » avant de le faire parvenir à votre ami.

Si quelqu'un interceptait votre message, il devrait essayer plusieurs codes par substitution avant de déchiffrer votre message. Cependant, imaginez que vous êtes un ingénieur travaillant pour la Défense nationale. Pourriez-vous trouver une façon plus astucieuse de décoder le message intercepté? En fait, vous pourriez utiliser **l'analyse des fréquences** pour **décrypter** ou **décoder un message codé**. Comme différentes fréquences sont utilisées pour chaque lettre de l'alphabet, si nous avons une assez longue pièce de **cryptogramme**, ou un message codé, il est possible d'examiner la fréquence avec laquelle chaque lettre encodée apparaît. La lettre la plus courante est le « E » et la moins courante est le « Q ».



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 4.1¹

Essayez-vous au décodage de texte



Pour en savoir plus sur l'histoire de la cryptologie et pour expérimenter une version informatique du cryptage par substitution, rendez-vous à la page Liens PPO [<http://liensppto.qc.ca>], *Génie électrique*, Activité 4.

1. Définissez le codage que vous allez employer. Les lettres bleues correspondent aux lettres de votre texte et les lettres rouges aux lettres du texte codé. Par exemple, pour remplacer la lettre A par la lettre X, il suffit de faire glisser la lettre X rouge sous la lettre A bleue et ainsi de suite.
2. Tapez ensuite votre texte à coder dans la zone de texte de gauche et cliquez sur « Crypter ». Vous verrez alors apparaître votre texte codé dans la zone de texte de droite. N'utilisez que des majuscules et ne mettez pas les accents.
- 2) Donnez ce message à un ami pour voir s'il peut décrypter le message en utilisant les analyses de fréquences. Vous devrez probablement lui fournir quelques trucs...
- 3) Pour décrypter un message codé à partir d'une substitution que vous connaissez, tapez le texte codé dans la zone de texte de droite et cliquez sur « Décrypter ».

Une façon de déchiffrer un code est d'essayer tous les modèles de substitution possible d'un message et de voir si le message a du sens. Cela pourrait s'avérer long, mais, grâce à l'ordinateur, c'est maintenant possible. Les théoriciens de codage sont toujours à la recherche d'un système d'encodage plus sécuritaire.

Comme vous le savez probablement, les mathématiciens, les informaticiens et les ingénieurs travaillent souvent ensemble pour résoudre des problèmes reliés à ce domaine. En fait, les étudiants en génie électrique doivent suivre plusieurs cours en mathématique et en informatique pour obtenir leur diplôme.



Robot Doctor, par tmeier1964, CC0, via Pixabay
<https://pixabay.com/en/doctor-consulting-office-hours-time-1193318/>



Les robots en action

Au Centre des machines intelligentes de l'Université McGill, les ingénieurs électriciens et les informaticiens travaillent ensemble pour concevoir des machines qui peuvent parler, nager et prendre des décisions. Les chercheurs de ce laboratoire sont particulièrement réputés pour leur innovation dans la construction de robots qui peuvent bouger.



Figure 5.1⁶



Figure 5.2⁷

© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

L'Université McGill n'est pas la seule université où les chercheurs étudient les robots.

En tant qu'ingénieur électrique en herbe, jetez un coup d'œil aux différentes ressources liées à la robotique proposées sur la page Liens PPO, **Génie électrique**, Activité 5.

En faisant une recherche sur Internet, vous pourrez découvrir plusieurs sites présentant des vidéos de robots qui peuvent grimper, manipuler des objets, nager, marcher et même parler. Consultez-en quelques-uns. Peut-être même que des projets sur la robotique ont cours dans votre école. Informez-vous!

⁶ Un groupe d'ingénieurs de la NASA posant autour du *Rover 2* et de son prédécesseur dans une photo de famille d'astronobiles pour la planète Mars. « Rover Family Photo » image numérique, ID PIA04421 (8 novembre 2002), NASA Jet Propulsion Laboratory, *NASA Image eXchange* (<http://www.nix.nasa.gov> : 10 juillet 2007. Cette image est du domaine public.

⁷ Un chercheur du *CIM* faisant une démonstration de robots à des élèves du secondaire. La photo a été fournie par Isabel Deslauriers avec la permission du *McGill Let's Talk Science Partnership Program*.

À partir de ce que vous avez visionné et lu sur Internet, imaginez les caractéristiques d'un robot à concevoir si vous vous retrouviez dans les circonstances suivantes. Quels groupes de recherche, parmi ceux que vous avez analysés sur le Web, solliciteriez-vous pour faire partie de l'équipe qui concevra ce robot?

1. Vous travaillez pour la Défense nationale et vous voulez construire un robot qui peut détecter les mines sous-marines.

2. Vous travaillez pour l'Agence spatiale canadienne et vous voulez construire un bras robotisé qui soit plus performant pour la navette spatiale.

3. Vous travaillez pour une entreprise qui fabrique des assistants robotisés pour les élèves handicapés.

4. Vous êtes un producteur de télévision et vous voulez créer un jeu télévisé mettant en vedette des robots.

5. Vous êtes un alpiniste qui veut développer de l'équipement de sauvetage.

6. À partir des robots que vous avez vus sur les sites Internet, y en aurait-il un qui serait plus approprié pour chacun de ces scénarios? Quelles caractéristiques de ces robots aimeriez-vous améliorer pour les rendre plus efficaces pour les tâches qu'ils devront accomplir? Pensez-vous que ces améliorations soient réalisables? Combien de temps faudrait-il pour développer les robots améliorés? Ce sont là toutes les questions que les ingénieurs en place doivent se poser.



Figure 5.3⁸ © McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

⁸ Un robot construit par les étudiants participant au Défi CRC Robotics Challenge. La photo a été fournie par Isabel Deslauriers avec la permission du *McGill Let's Talk Science Partnership Program*.

Corrigé

Les réponses de cette activité dépendent de votre façon d'aborder le problème. Par exemple, est-ce que votre robot détecteur de mines pourra nager, flotter sur l'eau ou rouler au fond de l'océan? Différents groupes de recherche seront peut-être nécessaires pour chacune de ces approches.

Derrière les robots, il y a l'intelligence artificielle

Quelquefois, les chercheurs utilisent les idées de robotique pour construire quelque chose de complètement nouveau. Par exemple, les idées sur l'intelligence artificielle peuvent être utilisées pour concevoir un système de recommandation, comme c'est le cas au laboratoire de la robotique mobile de l'Université McGill. Leur système de recommandation « Recommendz » collige les informations sur les activités qui vous intéressent (les films, les sites de nouvelles, les blogues et les baladeurs). Il utilise ensuite ces informations pour vous recommander automatiquement d'autres activités qui seraient susceptibles de vous intéresser. « Recommendz » vous fait correspondre, par l'intérieur de son système, avec d'autres utilisateurs ayant des goûts semblables en vous recommandant les choses que ceux-ci ont aimées.



© McGill Let's Talk Science Partnership Program, I. Deslauriers, 2007

Figure 6.1⁹

⁹ Un robot possédant une intelligence artificielle rudimentaire construit par un élève d'une école secondaire. La photo a été fournie par Isabel Deslauriers avec la permission du McGill Let's Talk Science Partnership Program.

Pour terminer...



Si vous êtes intéressé par ce genre de résolution de problèmes, vous aurez peut-être envie d'assister ou de participer à des concours de robotique, tels le Défi CRC ou le Festival de robotique. Peut-être que des versions locales de ces événements sont organisées dans votre secteur. Consultez la page Liens PPO et faites des recherches sur le Web.

Conclusion

Vous venez de passer quelques heures à la découverte de différents domaines de l'ingénierie électrique. Les gens œuvrant dans ce vaste secteur sont à la fine pointe de la technologie et peuvent faire carrière dans une multitude d'endroits.

Par exemple, les étudiants universitaires peuvent choisir, entre autres, une des concentrations suivantes :

1. **Dispositifs bioélectroniques** : L'étude de l'application de l'électronique et de l'informatique pour aider à comprendre le fonctionnement du corps humain, ce qui permettra de fabriquer, par exemple, des prothèses, de mettre au point des bases de données informatiques pour les hôpitaux et de concevoir des robots.
2. **Nanomatériaux et nanoélectronique** : La conception de pièces électroniques minuscules qui peuvent servir de piles et de capteurs. Ces pièces pourraient un jour être intégrées dans le corps humain, dans du tissu ou dans la peinture intelligente.
3. **Systèmes intelligents** : L'utilisation de l'intelligence artificielle pour construire des robots ou des puces d'ordinateur. Des programmes qui peuvent reconnaître les visages ou les signatures, ou travailler comme une équipe.
4. **Microélectronique et systèmes informatiques** : La conception de composants électroniques pour alimenter les ordinateurs, les téléphones cellulaires, etc.
5. **Systèmes photoniques** : L'étude de l'utilisation des fibres optiques à l'intérieur des ordinateurs ou pour la communication sur de longues distances.
6. **Génie de l'énergie électrique** : La conception de meilleures façons de produire, de convertir l'énergie (éolienne, solaire, etc.) en électricité et la mise au point de moyens efficaces de transmettre cette électricité dans les maisons.
7. **Conception assistée par ordinateur** : La conception de logiciels encore plus rapides, plus puissants et plus performants.
8. **Commande automatique des systèmes** : L'invention de méthodes pour contrôler les mouvements des robots, la planification dans les usines de fabrication ou la réaction des systèmes de chauffage.



Arduino Electronics, par LenaertsDaan, CC0, via Pixabay
<https://pixabay.com/en/arduino-electronics-1128227/>

9. **Télécommunications et traitement du signal** : La conception des satellites, des réseaux de téléphones cellulaires, de systèmes sans fil, de codes secrets, etc.
10. **Génie biomédical** : La conception de systèmes pour la surveillance des fonctions physiologiques, l'assistance au diagnostic et au traitement des patients.
11. **Avionique** : La conception de systèmes électroniques (communication, navigation, radar, autopilotage, etc.) pour les avions.
12. **Photonique** : L'étude de composants permettant la création, la transmission, le traitement ou la conversion de signaux optiques : laser, DEL, fibre optique, etc.

Peut-être serez-vous intéressé à diversifier votre exploration de ce secteur en consultant les outils suivants disponibles sur la page Liens PPO [<http://liensppo.qc.ca>] :

- *Fabrication d'un système de sécurité;*
- *Initiation à l'électricité;*
- *La recherche en physique et autres sciences;*
- *Statistiques et mathématiques; etc.*



Le site du Répertoire PPO [<http://www.repertoireppo.qc.ca>] vous permet d'effectuer une recherche qui vous conduira vers des liens externes qui sauront vous intéresser. Vous pourrez ainsi expérimenter des fonctions de travail qui s'apparentent à celles exercées par des travailleurs spécialisés (programmes d'études professionnelles) ou des techniciens (programmes d'études collégiales). Enfin, vous pourrez y trouver divers témoignages de différents travailleurs ou professionnels.