Mobiliser des notions d'électricité pour créer un objet technologique surcyclé

S:\3\ÉLECTRICITÉ\FICHE_PÉDAGOGIQUE

Cette séquence de cours permet de travailler et transférer des notions quantitatives d'électricité et de créer un objet à partir de matériaux de récupération. Elle propose aussi de réaliser certaines pièces en utilisant une imprimante 3D.

Cette séquence de cours s'adresse aux élèves de 3ème secondaire.

Cette séquence répond à de nombreux attendus des référentiels de sciences et de mathématiques, et à plusieurs attendus du volet numérique du FMTTN. Elle constitue un outil complet pour travailler les visées "créativité" et "développement durable" du FMTTN ainsi que la visée "orienter ses choix et agir en s'appuyant sur les sciences" du référentiel de sciences.

Cette séquence a été conçue et produite par :

Ce document est diffusé sous licence Creative Commons

Vous êtes autorisé·e à partager (copier et redistribuer) le matériel à condition de respecter les termes énoncés ci-dessous.

Attribution — Vous devez créditer l'œuvre de manière appropriée (en indiquant le nom du projet et l'organisme de financement), fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de toute manière raisonnable, mais sans suggérer que l'auteur ou le licencié vous soutient ou approuve l'usage que vous faites de l'œuvre.

Pas d'utilisation commerciale — Vous n'êtes pas autorisé·e à faire un usage commercial de ce matériel, en tout ou partie.

Pas de modification — Si vous modifiez, transformez ou adaptez ce matériel, vous n'êtes pas autorisé·e à diffuser le matériel modifié.

Tables des matières

Tables des matières _____ *2*

Objectifs pédagogiques de la séquence _____ *3*

Signification des pictogrammes utilisés dans la fiche pédagogique _____ *3*

Vocabulaire spécifique à la séquence _____ *3*

Prérequis pour les élèves _____ *4*

Points de vigilance pour l'enseignant·e. _____ *4*

Matériel nécessaire _____ *5*

Attendus travaillés au cours de la séquence : _____ *6*

Activité 1 \ Sensibilisation au surcyclage et au "faire-soi-même" _____ *8*

Activité 2 \ Explorer la notion de différence de potentiel avec un multimètre et une pile _ *11*

Activité 3 \ Tester et sélectionner un transformateur de courant ? _____ *15*

Activité 4 \ Explorer le fonctionnement d'une LED ainsi que les notions d'intensité du courant et de différence de potentiel dans des circuits électriques simples. _____ *17*

Activité 5 \ Tester, choisir et préparer une LED ou un module de LEDs ? _____ *25*

Activité 6 \ Souder le circuit électrique du luminaire et rechercher un modèle d'abat-jour à imprimer en 3D. _____ *27*

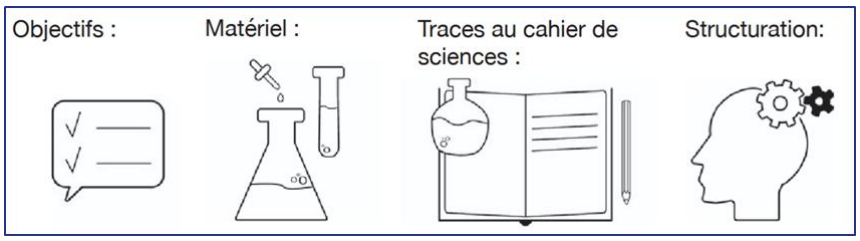
Activité 7 \ Coller l'abat-jour sur le circuit électrique. _____ *29*

Mobiliser des notions d'électricité pour créer un objet technologique surcyclé.

Objectifs pédagogiques de la séquence

- ✓ Expliquer les concepts de tension/différence de potentiel, de résistance, d'intensité, de puissance et d'énergie électrique.
- ✓ S'approprier ces concepts par l'expérimentation afin d'analyser des situations en lien avec l'électricité domestique.
- ✓ Définir les notions d'économie circulaire, de recyclage et de surcyclage d'appareils électriques.
- ✓ Pratiquer le surcyclage à partir de diodes électroluminescentes (LEDs) et des chargeurs/transformateurs électriques.
- ✓ Produire un objet original, unique et « durable ».

Signification des pictogrammes utilisés dans la fiche pédagogique



Vocabulaire spécifique à la séquence

Le **surcyclage** ou ***upcycling*** repose sur la récupération de composants issus d'objets obsolètes afin de leur conférer une seconde vie ou sur un détournement de la fonction première de l'objet.

Pourquoi est-il important de favoriser le surcyclage des appareils électriques et électroniques ? Pourquoi former les élèves à cette pratique ?

- Les parcs à conteneurs publics, comme nos greniers, sont remplis d'appareils inutilisables dans leur fonction d'origine. Tous contiennent toutefois des composants (LEDs, chargeurs, ...) parfaitement fonctionnels et/ou réutilisables.
- Le recyclage d'objets électroniques par les circuits conventionnels est très énergivore en comparaison au surcyclage.
- En Belgique, seuls 17,4% des déchets électroniques sont correctement collectés et recyclés (soit 9,3 millions de tonnes). Pour les 82,6% restant, le traitement n'est pas suffisamment documenté[1].
- Surcycler favorise la créativité des élèves. Notamment, en modifiant l'usage initial de l'objet ou de l'un de ses composants.
- Surcycler des objets électriques et électroniques nécessite de convoquer et mettre en pratique de nombreuses notions de physique (ex : électricité, forces, magnétisme…).

Prérequis pour les élèves

Il est souhaitable que les élèves aient travaillé les attendus du champ "Circuit électrique" de 5ème primaire:

- Identifier les composants d'un circuit électrique simple : fil électrique, générateur, récepteur, interrupteur.
- Distinguer le circuit électrique fermé du circuit électrique ouvert.
- Distinguer les matériaux isolants électriques des matériaux conducteurs électriques.
- Utiliser les termes : fil électrique, générateur, récepteur, interrupteur, isolant électrique, conducteur électrique, circuit électrique.
- Tester différents matériaux dans un circuit électrique simple, pour distinguer un isolant d'un conducteur.
- Construire un circuit électrique simple intégrant un interrupteur.
- Schématiser un circuit électrique au moyen de symboles.
- Concevoir, réaliser et présenter un projet nécessitant un circuit électrique simple.

Points de vigilance pour l'enseignant·e.

Comme la séquence comporte des activités pratiques incluant l'utilisation d'un fer à souder, l'enseignant devra sensibiliser les élèves aux risques liés à l'utilisation du matériel et au respect de règles de sécurité strictes pour le bon déroulement du projet. Il s'assurera également de posséder une trousse de secours et accès à l'eau afin de pouvoir intervenir en cas de coupure ou de brulure.

[1] https://www.ecoconso.be/fr/content/quelle-pollution-le-numerique-entraine-t-il-sur-lenvironnement ; https://www.ecoconso.be/fr/content/quelles-sont-les-limites-du-recyclage

Lors de séquences de cours sur l'électrocinétique, les élèves convoquent des raisonnements liés à des conceptions non conformes à la physique (Mercier-Dequidt et Morge 2014[2]). Mercier-Dequidt et Morge dressent la liste (non-exhaustive) suivante : conception unifilaire, conception à courants antagonistes, conception circulatoire avec épuisement, réaction du courant au fur et à mesure des obstacles rencontrés, pile débitant un courant constant quel que soit le montage du circuit et confusion entre tension et intensité. Les moments les plus susceptibles de mener les élèves à convoquer des conceptions fausses sont identifiés dans la description des activités décrites ici.

La probabilité que les prérequis listés ci-dessus ne soient pas maitrisés est assez grande. D'après Rouffiac-Missonnier et Closset (2004[3]) , la majorité des élèves français de 15 ans ne maitrisent pas les concepts de circuit, de circulation et de différence de potentiel. De plus, à cet âge, les élèves sont souvent incapables de prédire si une résistance va atténuer ou augmenter l'intensité du courant dans le circuit. Il conviendra donc de prêter du temps et une attention particulière à ses apprentissages.

Comme Rouffiac-Missionner et Closset (2004), nous choisissons d'introduire progressivement les différents concepts spécifiques (circuit, différence de potentiel, intensité, résistance, loi d'Ohm) et préconisons leur usage au détriment du concept de flou de courant.

Matériel nécessaire

Par groupe de deux élèves :

- 2-3 LEDs non montées (exemple de lien pour l'achat de LED blanches : https://www.gotronic.fr/art-assortiment-de-500-resistances-1-2w-1-190.htm)
- 1-2 transformateurs de courant (chargeurs de téléphones, de rasoir, de haut-parleurs ...) de récupération fournis par les élèves.
- 1-2 luminaires inutilisables et équipés de LEDs fournis par les élèves.
- 1 multimètre.
- 1 pile de 4,5 V.
- 1 pile bouton de 3V et son support.
- 4 pinces crocodiles.
- 1 pince à dénuder.

[2] Mercier-Dequidt, C., & Morge, L. (2014). Analyse didactique et épistémique d'une analogie mécanique pour l'enseignement de l'électrocinétique Analyse épistémique et didactique d'une nouvelle analogie pour enseigner l'électrocinétique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *14*(2), 187–206. https://doi.org/10.1080/14926156.2014.903318ï

[3] Rouffiac-Missonnier, M.-F., & Closset, J.-L. (2004) (Observation de chemins suivis par les élèves dans l'apprentissage des bases de l'électrocinétique / Student's learning paths observation in basic electricity. *Didaskalia*, *25*(1), 63–88. https://doi.org/10.4267/2042/25581

- 1 ordinateur ou 1 tablette.

Par classe :

- Minimum 2 fers à souder et 2 supports (3ème main) pour souder
- De l'étain.
- Un assortiment de résistances électriques (https://www.gotron.be/set-van-480-weerstanden-e3-reeks.html) avec des valeurs de résistance différentes.
- Minimum 2 pistolets à colle chaude et de la colle.
- Protections de tables (par exemple, plaques fines de MDF).
- Des matériaux pour réaliser un abat-jour à l'aide d'une découpeuse laser, d'une imprimante laser ou de la méthode de votre choix.
- 3 rouleaux de ruban adhésif isolant de couleur rouge.
- 3 rouleaux de ruban adhésif de couleur noire.

Attendus travaillés au cours de la séquence :

… en sciences dans la section « Approche quantitative de l'électricité »

- Préciser les conditions pour qu'un courant électrique circule dans un circuit ;
- Préciser la nature du courant électrique
- Différencier l'organisation d'éléments en parallèle et d'éléments en série dans un circuit ;
- Écrire la formule permettant de calculer :

- La résistance électrique (R=U/I) ;
- L'énergie électrique (E=P. t) ;
- La puissance (P=U.I).

- Associer les unités aux grandeurs correspondantes (unités SI et unités usuelles) : énergie (J, kWh), puissance (W, kW), durée (s, h), tension électrique/différence de potentiel (V), intensité (A), résistance (Ω) ;
- Rechercher la puissance d'un générateur/récepteur du quotidien ainsi que l'énergie électrique transformée en un temps donné ;
- Associer les symboles aux grandeurs correspondantes : énergie (E), puissance (P), temps (t), tension électrique/différence de potentiel (U), intensité électrique (I), résistance électrique (R) ;
- Calculer l'énergie et le coût de l'utilisation d'un appareil électrique pendant un temps donné ;
- Calculer l'intensité électrique à partir de la tension électrique et de la résistance électrique ;
- Proposer au moins un moyen pour diminuer la quantité d'énergie électrique utilisée dans une perspective de consommation responsable et justifier son choix sur la base de connaissances scientifiques.

…en FMTTN dans le champ « Objets technologiques »

- Expliciter les informations d'un logigramme, d'une fiche technique et/ou d'un mode d'emploi et/ou d'un dessin technique, en lien avec un objet technologique ;

… en FMTTN dans les visées transversales

- Modéliser numériquement un objet et le réaliser, à l'aide d'un outil de fabrication numérique (imprimante 3D, découpeuse LASER…) (SF, S2).

… dans le contenu commun aux différents champs du volet FMTTN

- Associer les risques et les dangers liés à l'environnement de travail, aux consommables, aux outils, aux ustensiles, aux machines et aux techniques ;
- Énoncer les équipements de protection requis, en lien avec l'environnement de travail, les consommables, les outils, les ustensiles, les machines et les techniques ;
- Choisir le matériel et les consommables parmi ce qui est mis à disposition. Les agencer sur son poste de travail. Vérifier l'opérationnalité du matériel (qui peut faire l'objet d'un montage par l'élève) ;
- Trier, en autonomie, dans leur cadre de production, les déchets recyclables, compostables, récupérables ;
- Adopter, avec l'aide de l'enseignant, une attitude proactive qui prend en considération les risques et les dangers, pour soi et pour les autres, lors de la préparation du poste de travail et de l'exécution des gestes techniques, en recourant notamment aux équipements de protection adéquats.

… en mathématique dans le champ 3

- Résoudre une équation du premier degré à une inconnue du type « ax+b=cx+d », « a, b, c, d » étant des nombres entiers ou des nombres rationnels ;
- Résoudre une équation en utilisant la règle du « produit en croix » (règle fondamentale des proportions).

… en mathématique dans le champ 4

- Interpréter une valeur obtenue en lien avec le caractère étudié et le contexte.
- Critiquer des informations (calculées ou obtenues par un outil numérique) portant sur une même situation.
- Choisir un paramètre ou un support adéquat pour répondre à la question posée.

Activité 1 \ Sensibilisation au surcyclage et au "faire-soi-même"

\\ Les élèves s'interrogent quant au devenir des nombreux chargeurs et LEDs qu'ils ont collectés à leur domicile. Ils se familiarisent avec une alternative au recyclage conventionnel, le surcyclage. L'enseignant explique que le reste de la séquence de cours permettra aux élèves d'explorer cette alternative tout en travaillant les attendus du chapitre sur l'approche quantitative de l'électricité.\\ 25 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Expliquer la différence entre surcyclage et recyclage.
- ✓ Esquisser les impacts de la consommation d'objets électriques et électroniques dans le monde.

Matériel et modalité de travail en classe

- # Des transformateurs de courant (chargeurs de téléphones, de rasoirs, de haut-parleurs ...) inutilisés fournis par les élèves.
- # Des luminaires inutilisables et équipés de LEDs fournis par les élèves.

Déroulement

- **<u>Une semaine avant l'activité</u>**, l'enseignant demande aux élèves d'amener tous les chargeurs (aussi appelé adaptateurs secteur) et les LEDs inutilisés qu'ils peuvent trouver chez eux.

Mobilisation

- Afin d'initier la séquence, l'enseignant demande aux élèves de rassembler tous les éléments qu'ils ont collecté au milieu de la classe.
- L'enseignant demande aux élèves ce que cette pile de matériel électronique leur inspire. Ensuite, il pèse le tout et propose aux élèves d'extrapoler cette masse à l'échelle de la Belgique et de l'Europe.

« Nous avons collecté 0,5 kilogrammes de chargeurs et de lampes inutilisés par foyer. Sachant qu'il y a environ 5 millions de ménages en Belgique[4], combien de kilos de chargeurs et de lampes sont accumulés en Belgique ? Sachant que la population belge représente environ 1/40 de la population de l'UE, combien de kilos sont accumulées en UE ? ... Et oui, on approche des 100 000 tonnes. »

[4] https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population/menages

ℹ Cette extrapolation approximative permet aux élèves de prendre conscience de la masse de déchets électroniques qui s'accumule en Europe.

- L'enseignant demande ensuite :

« On estime que les déchets électroniques représentent 12 millions de tonnes en Europe. Que pourrait-on faire pour éviter l'accumulation des déchets électroniques ? … On pourrait recycler, effectivement. … Je voudrais vous montrer une vidéo sur le recyclage des objets électroniques. Essayez d'identifier les avantages et inconvénient de cette approche. »

ℹ Nous vous suggérons d'utiliser un extrait de l'émission « Le dessous des cartes : Un monde de déchets[5] » (6'42'' à 8') pour introduire la problématique et un extrait du documentaire de France 24 « Ghana : avec les forçats des déchets électroniques »[6] . Il est intéressant de noter que malgré la tentative de fermeture de la décharge Agbogbloshie rapportée dans le documentaire d'Arte, cette décharge existe toujours et les pratiques présentées dans le documentaire sont toujours d'actualité au Ghana[7].

- L'enseignant demande aux élèves de rapporter les limites du recyclage conventionnel lorsqu'il s'agit de traiter les objets technologiques.

ℹ Le recyclage des objets technologiques est très couteux (notamment en main d'œuvre) et énergivore. L'enseignant peut aussi attirer l'attention sur les problèmes sanitaires et les enjeux géopolitiques associés au recyclage des objets électroniques.

- L'enseignant émet l'idée que des alternatives pourraient exister :

« Le transport de ces déchets pollue énormément. Ces derniers impactent également la santé des personnes qui les traitent. Tout cela pour un résultat assez modeste. Ce que je vous propose c'est de surcycler un objet. En anglais, on parle d'upcycling. »

- L'enseignant projette un exemple et demande aux élèves comment ils définiraient le surcyclage.

« C'est améliorer un objet ! »

[5] https://www.arte.tv/fr/videos/108458-022-A/le-dessous-des-cartes/
[6] https://www.france24.com/fr/20190614-reporters-dechets-electroniques-ghana-agbogbloshie-decharge-poubelle-europe-environnement
[7] https://www.greenpeace.org/static/planet4-africa-stateless/2026/04/951b3dcd-ghana-ewaste-policy-brief.pdf

https://www.jaykay67design.com/gallery/

- Il acquiesce et ajoute :

« C'est une alternative au recyclage. La commission européenne[8] explique le concept de surcyclage comme ceci : l'idée centrale de l'upcycling est de convertir ou de transformer les déchets ou les produits usagés en produits de haute valeur ou de qualité, que ce soit en tant que produits ou matériaux. »

- Il ajoute que l'avantage du surcyclage est qu'il est moins énergivore et moins coûteux et qu'il permet de s'inscrire dans la mouvance *Do it yourself*[9]. Une mouvance qui permet, entre autres, de libérer sa créativité.
- Il termine en expliquant que les élèves vont utiliser la pile de matériel qu'ils ont formée au centre de la classe pour produire un luminaire surcyclé. Pour construire ce luminaire, ils devront maîtriser les notions d'électricité reprisent dans le chapitre « Approche quantitative de l'électricité » du référentiel de sciences. Ils pourront, dans un second temps, libérer leur créativité pour « habiller » le luminaire.

« La question qui va guider notre démarche c'est *Comment choisir un module de LEDs et un chargeur adéquat pour notre lampe ?* »

ℹ A la fin de la séquence de cours, l'enseignant peut proposer aux élèves de dessiner un abat-jour en 3D et de l'imprimer en bioplastique (volet numérique du FMTTN) ou de construire un abat-jour à partir d'objet de récupération (champ Manuel du FMTTN). Dans les deux cas, la visée développement durable du FMTTN sera travaillée.

[8] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/upcycling_en?etrans=fr
[9] https://environnement.brussels/blog-citoyen/conseils-pratiques/se-lancer-dans-le-faire-soi-meme-do-it-yourself-diy

Activité 2 \ Explorer la notion de différence de potentiel avec un multimètre et une pile

\\ Les élèves se familiarisent avec les notions de différence de potentiel et d'intensité électrique en utilisant les fonctions voltmètre et ampèremètre du multimètre sur une pile bouton. Ils apprennent à représenter ces éléments dans un schéma de circuit électrique. \\ 25 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Mobiliser la définition de générateur pour décrire une pile.
- ✓ Définir la différence de potentiel (d.d.p.) et l'intensité électrique.
- ✓ Connaître les unités de la d.d.p et de l'intensité dans le système international.
- ✓ Illustrer les conventions qui permettent d'identifier un voltmètre, un ampèremètre et un générateur d'électricité.
- ✓ Utiliser un multimètre pour mesurer des différences de potentiel et l'intensité du courant aux bornes d'une pile.

Matériel et modalité de travail en classe

Par groupe d'élèves :

- # Un multimètre
- # Une pile bouton de 3V et son support.

Déroulement

- L'enseignant demande aux élèves s'ils connaissent l'objet ci-dessous. Les élèves proposent :

  « C'est une fraiseuse ! » … « C'est pour mesurer les voltages, non ? »

- L'enseignant confirme que cet outil peut être utilisé comme voltmètre et ajoute :

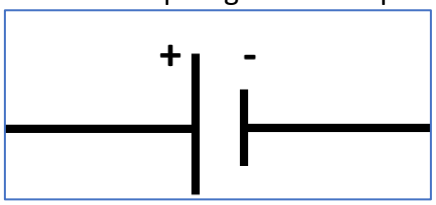
  « Il s'agit en fait d'un multimètre, car il permet également de mesurer d'autres grandeurs électriques. Ce sera votre principal outil de travail pendant la suite de la séquence. »

Générateur et polarité

- L'enseignant distribue un multimètre et une pile bouton (et son support) à chaque groupe, puis ajoute :

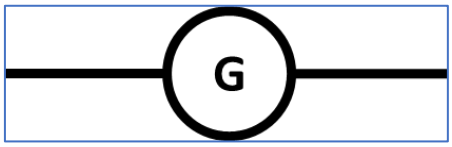
« Observez la pile électrique que je viens de vous distribuer. À votre avis que peut-on dire pour caractériser une pile électrique ? » … « C'est quelque chose pour allumer. » … « En d'autres termes, c'est une source d'énergie. **Une source d'énergie électrique est appelée un générateur.**» … « Il y a un '+'. » … « Bonne observation, on dira **qu'une pile électrique à une polarité** ! Elle possède une borne positive et une bonne négative.»

- L'enseignant rappelle que tous les éléments d'un circuit électrique peuvent être représentés par un symbole conventionnel. Il dessine le symbole du générateur électrique au tableau et insiste sur le fait que la longueur des barres verticales indique la polarité du générateur. La barre la plus grande indique le pôle positif du générateur.



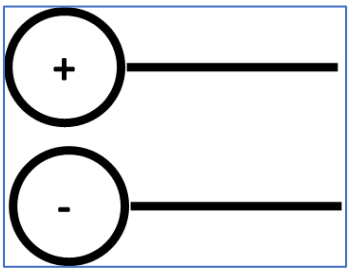
- Il ajoute qu'il existe en fait plusieurs conventions pour représenter un générateur dans circuit électrique. Il dessine la représentation symbolique formée d'un G dans un cercle et commente[10] :

« Cette représentation ne permet pas d'identifier la polarité du générateur. Par contre, elle illustre mieux le fait que le circuit électrique ne doit pas être considéré comme ouvert parce qu'il inclut un générateur. »



Vous pouvez également présenter la convention électrotechnique. Cette dernière permet d'augmenter la lisibilité des schémas électriques ou électroniques complexes. Il sera toutefois important d'insister sur le fait que le circuit électrique ne doit pas être considéré comme ouvert dans le générateur.

[10] Pour plus d'information concernant les malentendus d'apprentissage liés à la représentation des circuits électriques vous pouvez, par exemple, consulter Szczygielski, C. (2009. Lecture et compréhension dans différents systèmes sémiotiques en électricité. Aster, 48, 161–186) et Benseghir, A. & Closset, J.-L. (1993. Prégnance de l'explication électrostatique dans la construction du concept de circuit électrique : points de vue historique et didactique. Didaskalia, 2(1), 31–47. https://doi.org/10.4267/2042/20183).



- L'enseignant propose aux élèves d'ajouter la définition d'un générateur à leur cahier de traces. Il leur demande aussi de dessiner les trois représentations conventionnelles d'un générateur et de cocher la première, car c'est celle qui sera utilisée en classe.

Différence de potentiel (Tension) et voltmètre

- Il leur demande aux élèves d'allumer le multimètre et de placer le bouton de réglage sur 20 dans la zone avec le 'V' suivi d'une ligne pointillée surmontée de la ligne continue (= courant continu).

ℹ Sur la plupart des multimètres, l'enseignant précisera aux élèves de brancher le câble noir sur la broche COM et la broche rouge sur la broche avec le 'V'.

- Il les invite ensuite à placer l'extrémité rouge sur le pôle positif de la pile et l'extrémité du fil noir sur le pôle négatif de la pile et à lire la valeur indiquée sur l'écran.

« Cela indique 3,3. »

- L'enseignant commente et explique.

« En effet, cela indique 3,3. Comme nous avons réglé le multimètre sur 'V', il s'agit de Volts. Le **volt est l'unité de mesure d'une grandeur électrique qu'on appelle la différence de potentiel** ou **tension électrique**. Est-ce que la valeur mesurée avec le multimètre correspond à la valeur indiquée sur la pile ? Si la valeur mesurée est inférieure à celle indiquée sur la pile qu'est-ce que cela signifie ? Que se passe-t-il si vous inversez les fils ? »

- Après ce bref échange, l'enseignant fournit une définition simplifiée de la différence de potentiel que les élèves ajoutent dans leur cahier de traces.

- Il leur montre également la représentation conventionnelle du voltmètre dans un schéma électrique

Différence de potentiel* (aussi appelée tension) :

différence d'état électrique entre deux points d'un circuit (par exemple, entre les deux bornes d'une pile). Elle indique l'énergie disponible pour faire circuler les charges électriques (comme les électrons) dans le circuit. Elle se mesure en volts (V).

**Cette définition a été générée en tenant compte des connaissances des élèves de S3 et avec l'aide du 'Chat' de mistral.*

Activité 3 \ Tester et sélectionner un transformateur de courant ?

\\ Les élèves dénudent les câbles d'un transformateur puis utilisent le multimètre pour mesurer la différence de potentiel aux bornes de celui-ci. Ils la comparent à la valeur fournie sur le transformateur et relèvent la polarité du transformateur. Les transformateurs qui produisent une différence de potentiel entre 5 et 12 V seront utilisés dans les luminaires. \\ 25 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Utiliser un multimètre de façon adéquate pour mesurer des différences de potentiel en différents endroits d'un circuit électrique.
- ✓ Mobiliser des compétences en électricité pour choisir et modifier un transformateur.

Matériel et modalité de travail en classe

Par groupe d'élèves :

- # Un multimètre.
- # Un transformateur.
- # Une pince à dénuder.
- # 3 rouleaux de ruban adhésif isolant de couleur rouge.
- # 3 rouleaux de ruban adhésif de couleur noire.

Déroulement

- L'enseignant illustre comment dénuder l'extrémité des câbles d'un transformateur avec une pince à dénuder.

ⓘ Il est intéressant de montrer aux élèves qu'en dénudant les deux câbles avec un décalage de 2 cm on évite les courts-circuits involontaires.

- L'enseignant montre comment mesurer la tension en connectant le voltmètre au niveau des extrémités dénudées de fils.

ⓘ Bien que le risque d'électrisation avec des transformateurs de 5 ou 12 V soit quasi inexistant dans des conditions normales, il est important d'énoncer des consignes de sécurité (ex : ne jamais manipuler ni dénuder les fils du côté relié au secteur). Le respect de bonnes pratiques lors de l'utilisation d'appareils branchés sur le réseau électrique reste indispensable pour prévenir tout accident.

- L'enseignant attire l'attention des élèves sur la polarité du transformateur.

« Si j'inverse les fils de mon voltmètre, un signe moins apparait sur son écran. Cela m'indique que j'ai connecté la borne négative de mon transformateur au fil rouge de mon voltmètre. Je vous propose de marquer la borne positive de votre transformateur avec du papier collant d'électricien. Cela nous sera utile pour la suite. »

- L'enseignant distribue un transformateur par groupe ainsi que le matériel nécessaire pour répéter la tâche qu'il vient d'illustrer.

Il est préférable que l'enseignant effectue une présélection et écarte des transformateurs dont l'output est 12V/10A, par exemple.

- Si les élèves n'ont pas soulevé le fait que la tension de sortie (output) est indiquée sur le transformateur, l'enseignant leur demande de relever les indications reprises sur le boitier de cet objet.

« La tension de sortie est effectivement indiquée. Est-ce qu'elle est toujours égale à la tension que vous mesurez ? … En effet, dans certains cas, la tension mesurée est légèrement inférieure. »

- L'enseignant ajoute :

« La mesure de la tension nous permet de vérifier que le transformateur fonctionne. Connaître la valeur exacte de la tension du transformateur et identifier sa polarité nous sera très utile pour la suite. »

- L'enseignant demande aux élèves de compléter les deux phrases de leur carnet de traces
- L'enseignant clôture l'activité en soulevant une autre question.

« Est-ce que vous avez remarqué qu'il y une autre valeur indiquée concernant l'output du transformateur ? … Il y a en effet une seconde valeur dont l'unité est indiquée par un A. Il s'agit de l'intensité du courant électrique et nous reviendrons sur cette autre grandeur lors de l'activité suivante. »

Activité 4 \ Explorer le fonctionnement d'une LED ainsi que les notions d'intensité du courant et de différence de potentiel dans des circuits électriques simples.

\\ Les élèves utilisent le multimètre pour mesurer l'intensité et la différence de potentiel aux bornes de générateurs et de LEDs montées en série ou en parallèle. Ils apprennent qu'une LED à une polarité, une tension spécifique de fonctionnement et qu'elle s'endommage si l'intensité de courant électrique est trop élevée. \\ 100 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Construire des circuits électriques avec différents générateurs et plusieurs LEDs placées en série ou en parallèle.
- ✓ Utiliser un multimètre de façon adéquate pour mesurer des différences de potentiel et des intensités de courant en différents endroits d'un circuit électrique.
- ✓ Expliquer le comportement de la différence de potentiel et de l'intensité dans des circuits électriques avec des dipôles placés en série ou parallèle.
- ✓ Mobiliser les apprentissages pour tester et choisir le récepteur électrique adéquat.

Matériel et modalité de travail en classe

Par groupe d'élèves :

- # 2 LEDs non montées (https://www.gotron.be/led-5mm-warm-wit-water-clear.html)
- # 1 multimètre
- # 1 pile de 4,5 V
- # 1 pile bouton de 3V et son support.
- # 4 fils électriques avec des pinces crocodiles.
- # Quelques résistances électriques.

Déroulement

- L'enseignant rappelle que la tension électrique (aussi appelée différence de potentiel, exprimée en volts) indique l'énergie disponible pour mettre en mouvement les porteurs de charge (électrons dans un conducteur métallique, ions dans un électrolyte, etc.).
- Il ajoute qu'une seconde grandeur dont l'unité est un A majuscule était indiquée sur les boitiers des transformateurs. Il propose une définition simple de cette grandeur.

« Cette grandeur se nomme **intensité du courant** électrique. À ce stade nous allons la définir comme **la mesure de la quantité d'électrons (ou de charges électriques) qui passent chaque seconde dans un circuit. Elle s'exprime en ampères (A)**. » … « Plus la valeur mesurée à un endroit d'un circuit électrique est élevée, plus il y a d'électrons qui circulent à cet endroit. »

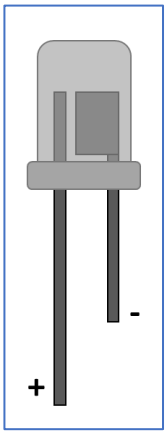
- Il demande aux élèves de noter cette définition dans leur carnet de traces puis leur propose d'investiguer le comportement de la tension électrique et de l'intensité du courant dans des circuits électriques composés d'un générateur, de fils conducteurs et de récepteurs appelés LED (Light-Emitting diode).
- Il distribue une pile bouton, deux LEDs transparentes (=lumière blanche) et quatre fils électriques équipés de pinces crocodiles à chaque groupe d'élèves.

Si vous souhaitez aborder la notion de puissance et/ou les dangers qu'un courant électrique représente pour l'humain vous pouvez vous référer aux informations reprises dans ce document Eduscol produit par le Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse français.

LEDs : polarité

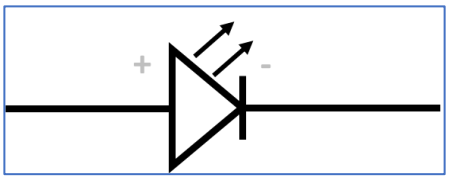
- Dans un premier temps, l'enseignant demande aux élèves de créer un circuit électrique qui permet d'allumer une LED.
- Il questionne ensuite les élèves :

« Est-ce que vous avez remarqué une différence avec une ampoule classique ? » … « La LED s'allume dans un sens et pas dans l'autre. » … « Tout à fait, une LED est polarisée. Elle doit être branchée dans un certain sens. Pour reconnaître la borne positive d'une LED, une inspection visuelle suffit. La borne positive possède une patte plus longue et une électrode interne plus fines. Cette dernière doit être connectée à la borne positive du générateur. »



- Sur le dessin schématisant une LED dans leur cahier de traces, l'enseignant demande aux élèves d'indiquer quelle patte doit être connectée à la borne positive de la pile.

- L'enseignant dessine au tableau le symbole conventionnel pour représenter une LED dans un schéma électrique. Il demande aux élèves d'en faire de même dans leur cahier de traces.



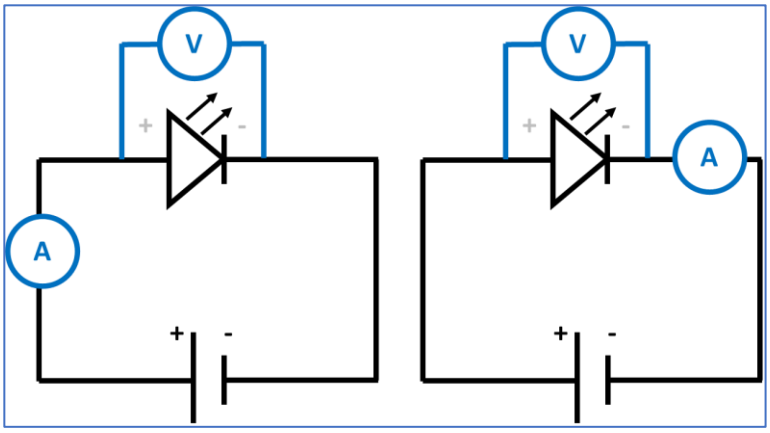
Voltmètre vs. Ampèremètre

- L'enseignant demande aux élèves de reproduire le circuit électrique n°1 de leur cahier de traces.
- L'enseignant demande aux élèves de mesurer la tension aux bornes de la LED et l'intensité du courant qui arrive à cette LEDs.

Il est important de s'assurer que les élèves placent l'ampèremètre en série dans le circuit et le voltmètre aux bornes de la LED. Cette différence dans le placement du multimètre peut éventuellement être expliquée aux élèves lorsque la loi d'Ohm aura été abordée.

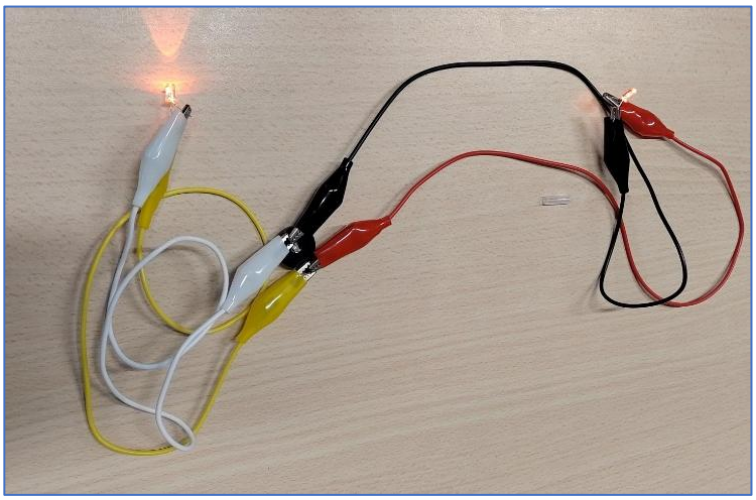
- L'enseignant demande aux élèves de représenter le voltmètre et l'ampèremètre sur la représentation schématique du circuit n°1 fournie dans leur cahier de traces.

La figure ci-dessous représente deux placements possibles du voltmètre et de l'ampèremètre.



LEDs : montages en série et en parallèle

- Il distribue une pile de 4,5 V à la moitié des groupes afin qu'ils l'utilisent comme générateur.
- L'enseignant demande aux élèves de réaliser les montages n°2, puis n°3 afin de compléter le tableau de leur cahier de traces.



- L'enseignant synthétise les résultats au tableau.

Avec le générateur capable de produire une tension de 3 V

Circuit n°2 Pile	2,82 V	~0 mA	
Circuit n°2 : LED 1	1,29 V	~0 mA	Eteinte
Circuit n°2 : LED 2	1,28 V	~0 mA	Eteinte
Circuit n°3 : Pile	2,06 V	21 mA	
Circuit n°3 : LED 1	2,06 V	3,4 mA	Allumée
Circuit n°3 : LED 2	2,05 V	18 mA	Allumée

Avec le générateur capable de produire une tension de 4,5 V

Circuit n°2 Pile	4,28 V	17,5 mA	
Circuit n°2 : LED 1	2,11 V	17 mA	Allumé
Circuit n°2 : LED 2	2,11 V	17 mA	Allumé
Circuit n°3 : Pile	4,4 V	~0 mA	
Circuit n°3 : LED 1	4,4 V	~0 mA	Eteinte (détruite)
Circuit n°3 : LED 2	4,4 V	~0 mA	Eteinte (détruite)

- L'enseignant demande aux élèves d'interpréter les valeurs mesurées en rapport avec le montage en série ou en parallèle puis il explique :

« Dans un circuit avec des récepteurs placés en série, la somme des tensions mesurées aux bornes des récepteurs est (quasiment) égale à la tension mesurée aux bornes du générateur. L'intensité électrique quant à elle est similaire au niveau du générateur et de chacune des deux LEDs. … Lorsque les récepteurs sont placés en parallèle, par contre, la tension aux bornes de chaque récepteur est (quasiment) égale à la tension aux bornes du générateur.

L'intensité mesurée à une borne du générateur est égale à la somme des intensités mesurée à côté de chaque LEDs. »

LEDs : Tension de fonctionnement.

- L'enseignant interroge alors les élèves :

« Comment expliquer qu'on ait mesuré des courants de 0 mA dans le circuit avec les LEDs en série alimentées par une pile bouton ? … Il existe en effet un seuil en dessous duquel la LED ne conduit pas ou très peu le courant. … Lorsque vous analysez les tensions mesurées et l'état allumé ou éteint de la LED, à quelle valeur pensez-vous que se situe ce seuil ? … Il semble en effet que le **voltage seuil soit approximativement de 2V pour chacune de nos LEDs**. »

- L'enseignant poursuit l'échange :

« Comment expliquer qu'on ait mesuré des courants de 0 mA dans le circuit avec les LEDs en parallèle alimentées par une pile de 4,5V ? Pourquoi les LEDs sont-elles éteintes ? « Elles ont cramé ! » …

- L'enseignant complète le retour fourni par les élèves :

« Pour qu'une LED s'allume, il faut atteindre sa tension seuil. Cependant, il est tout aussi important de ne pas dépasser sa tension maximale. En effet, au-delà de cette limite, appelée tension de claquage, l'intensité du courant qui la traverse augmente de manière exponentielle, provoquant une surchauffe qui endommage irréversiblement sa structure interne. Une fois détruite, la LED devient un circuit ouvert (ou un court-circuit selon le sens du courant) et ne conduit plus le courant.»

- L'enseignant conclut cette partie en expliquant que les LEDs, en fonction de leurs couleurs, nécessitent une certaine tension pour fonctionner. Les tensions seuil et maximale sont faciles à trouver dans les fiches techniques disponibles sur le net.

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V_F	I_F=20mA	1.8	---	2.2	V

https://cdn.sparkfun.com/assets/1/3/2/0/4/COM-09592-YSL-R531K3D-D2.pdf

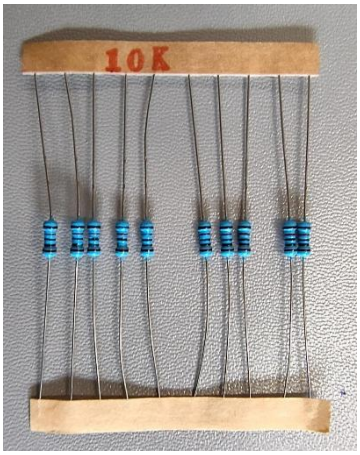
- L'enseignant invite les élèves à ajouter ces informations dans leur cahier de traces.

Associer une résistance à une LED pour assurer la chute de tension et contrôler l'intensité du courant.

- L'enseignant explique qu'il existe une méthode simple pour éviter de détruire une LED.

« Il suffit en effet de s'assurer que la tension aux bornes d'une LED soit dans la plage des tensions de fonctionnement de cette dernière. Concrètement, on va ajouter un élément qu'on appelle une résistance dans notre circuit électrique. Cette résistance on la monte en série par rapport à la LED. »

- L'enseignant montre une résistance aux élèves et explique que c'est un élément qui n'est pas polarisé.
- L'enseignant explique ensuite que la grandeur 'résistance électrique' peut-être définie comme la capacité d'un matériau ou d'un composant à freiner le passage du courant électrique. Il ajoute qu'elle peut être mesurée et s'exprime en Ohm dont le symbole est un Omega majuscule (Ω).



Dix résistances électriques de 10 000 Ω.

- L'enseignant demande aux élèves d'ajouter ces informations dans le cahier de traces.
- L'enseignant demande aux élèves de consulter le circuit n°4 dans leur carnet de traces puis il ajoute :

« Expliquez-moi pourquoi la résistance est placée en série et non en parallèle par rapport à la LEDs ? Aidez- vous des valeurs que vous avez relevées dans le tableau précédent et gardez en tête qu'on veut que la tension aux bornes de la LED soit plus faible que la tension aux bornes du générateur. … En effet, grâce à ce montage la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions mesurées aux bornes des éléments placés en série. »

- Il ajoute :

« Il existe une loi, appelée loi d'Ohm qui énonce que, pour un dipôle ohmique (comme une résistance ou un fil électrique), la tension (U) à ses bornes est proportionnelle à l'intensité (I) du courant qui le traverse. Cette relation s'écrit : U = R × I, où R est la résistance du dipôle. »

- L'enseignant demande aux élèves de noter la formule illustrant cette loi dans leur cahier de traces puis il explique en illustrant au tableau :

« Pour protéger une LED, on utilise la loi d'Ohm appliquée à la résistance série, avec la relation suivante : R = (Ualim – Uled) / Iled. Où R = Résistance à ajouter (en ohms), Ualim= Tension d'alimentation (en volts), Uled = Tension directe de la LED (en volts), Iled = Courant direct (ou forward current) souhaité pour la LED (en ampères). »

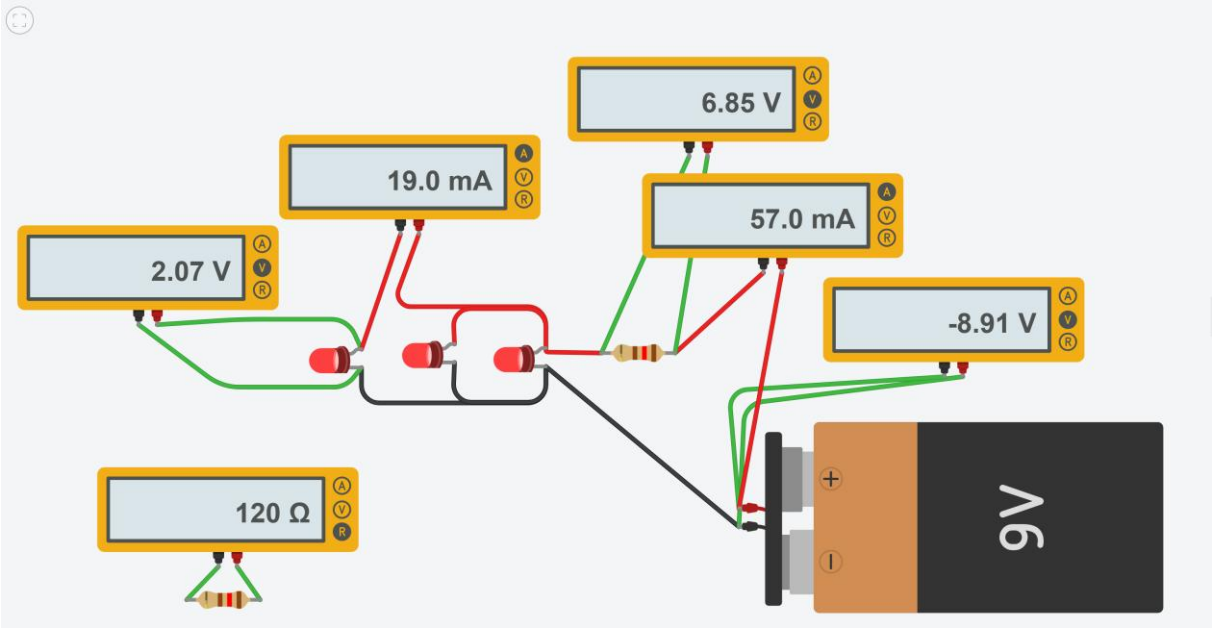
- Il termine cette partie en remplaçant les lettres par les valeurs chiffrées et conclut qu'il faudra une résistance de 125 Ω si Ualim = 4,5 V, Uled = 2 V et Ilef = 20 mA.
- **Pour aller plus loin**, l'enseignant peut proposer aux élèves l'exercice sur le circuit électrique 5 qui compte 3 LEDs identiques.

La solution la plus simple est de placer une résistante d'environ 120 ohms en série avec l'ensemble des 3 LEDs. Explication en quatre temps :

1. Les trois LEDs sont montées en parallèle les unes par rapport aux autres. Aucune des LED ne possède sa propre résistance. En conséquence, Iled1 = Iled2 =Iled3.
2. La résistance est montée en série par rapport aux LEDs. En conséquence, l'intensité du courant qui traverse la résistance (= intensité du courant aux bornes du générateur) est égale à la somme des intensités de courant qui traversent chacune des trois LEDs. Soit, Ires = Iled1 + Iled2 +Iled3 = 3 X Iled.
3. Pour qu'une LED classique fonctionne de façon optimale, elle doit être traversée par un courant dont l'intensité est de 20 mA environ. En conséquence, le courant qui traverse la résistance devrait être de 60 mA environ. Soit Ires = 3 X 20 mA = 60 mA.
4. La tension de fonctionnement d'une LED rouge est entre 1,6 et 2 V. En conséquence, la résistance qui permettra un fonctionnement optimal des LEDs dans ce circuit électrique peut être calculée comme suit : R= (9V-1,8V)/0,06A = 120 Ohms.

Cet exercice de dépassement est difficile. Vous pouvez proposer à vos élèves de réaliser le montage sur une « breadboard[11] » afin qu'il puisse prendre des mesures à différents endroits. Il est également possible d'utiliser ce lien[12] pour que les élèves puissent réaliser plusieurs simulations. En cliquant « copier et éditer » les élèves pourront modifier la valeur de la résistance et ajouter des voltmètres et des ampèremètres à différents endroits du circuit.

[11] https://arduino.developpez.com/cahiers-pratiques/utiliser-platine-cablage/
[12] https://www.tinkercad.com/things/6Qc4UdZnAQl-simulation-exercice5-sciencenum?sharecode=y2QS5SRXtYFId9E0GHuyu_Mu_qcqH1jw2yfIa6R972M


6.85 V
19.0 mA
57.0 mA
2.07 V
-8.91 V
120 Ω
9V

Activité 5 \ Tester, choisir et préparer une LED ou un module de LEDs ?

\\ Les élèves mobilisent leurs apprentissages pour tester et sélectionner des LEDs ou des modules de LEDs pour leurs luminaires. \\ 25 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Mobiliser les apprentissages pour tester et choisir le récepteur électrique adéquat.

Matériel et modalité de travail en classe

Par groupe d'élèves :

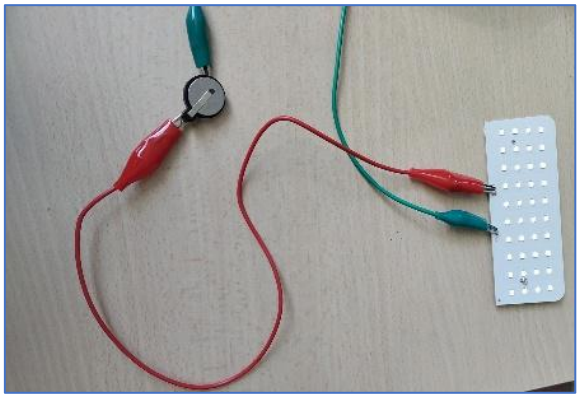
- # 1 multimètre
- # 1 pile de 4,5 V
- # 1 pile bouton de 3V et son support.
- # 2 fils électriques avec des pinces crocodiles.
- # Les lampes contenant des LEDs amenées par les élèves.
- # Quelques résistances électriques.

Déroulement

- L'enseignant demande aux élèves de choisir une ou deux LEDs, ou un module de LEDs dans la pile d'objets qu'ils ont ramenés.
- Il ajoute :

« Votre objectif est de répondre à ces questions :

1. Est-ce que la ou les LED(s) fonctionne(nt) ?



ℹ Si les élèves ont choisi une LED sans résistance, il leur suffit d'associer une pile bouton et une résistance pour tester son bon fonctionnement. S'ils sont confrontés à un module composé de plusieurs LEDs dont l'organisation (série vs. parallèle, présence de résistances intégrées) n'est pas facilement observable, les élèves mobilisent les apprentissages de l'activité précédente et effectuent plusieurs tests. Ils utilisent d'abord une pile de 3V. Si les

LEDs du module s'allument, ils sont placés en parallèle. Si ce n'est pas le cas, les LEDs sont placés en série (au moins pour une partie d'entre eux) ou défectueux. Les élèves peuvent alors calculer le voltage nécessaire pour allumer X LEDs placés en série et réaliser des tests supplémentaires en associant plusieurs piles boutons ou en utilisant des piles de voltage plus élevé. Lors de ces tests, il est préférable qu'ils soient attentifs à l'ampérage que les générateurs d'électricité peuvent fournir. Il s'agira surtout d'éviter que l'intensité du courant dépasse 20mA dans chaque LED lorsque la tension seuil sera atteinte. Imaginons que les LEDs du module présenté sur la photo ci-dessus ne s'allument pas. Les élèves pourraient tester l'hypothèse suivante : les LEDs ne se sont pas allumés car les quatre LEDs qui une forment ligne sont placés en série et les 10 lignes de LEDs sont organisées en parallèle. Le générateur utiliser pour tester cette hypothèse devra fournir une différence de potentiel d'environ 8 V. Un courant électrique d'une intensité d'environ 200 mA devrait permettre aux LEDs de fonctionner de façon optimale.

2. Est-ce que la tension fournie par mon transformateur est compatible avec la tension de fonctionnement de ma ou mes LEDs ?
3. Est-ce que je dois ajouter des résistances dans mon circuit électrique ? Si oui, lesquelles ?

Pour répondre à ces questions, vous pouvez utiliser le matériel que j'ai mis à votre disposition. »

- L'enseignant demande aux élèves de noter leurs réponses à ces questions dans le cahier de traces et de l'appeler pour en discuter lorsqu'ils ont fini.

- Avec l'enseignant, les élèves connectent (sans souder les différents éléments) leur transformateur à leur LED(s) et testent le montage électrique.

ℹ Il est par exemple possible de torsader la broche d'une résistance avec celles d'une LED pour assurer le passage du courant.

ℹ Nous avons délibérément choisi de ne pas intégrer d'interrupteur et de privilégier le débranchement du transformateur pour éteindre la lampe. Cette solution est en effet plus économe en énergie : un transformateur branché continue de consommer une faible quantité d'électricité, même lorsque le circuit auquel il est connecté est ouvert.

- L'enseignant revient sur les difficultés rencontrées par les différents groupes puis clôture cette activité.

Activité 6 \ Souder le circuit électrique du luminaire et rechercher un modèle d'abat-jour à imprimer en 3D.

\\ Les groupes d'élèves se succèdent à la table de soudure. Les élèves qui ne soudent pas (Option 1) effectuent une recherche sur le net afin de sélectionner un modèle d'abat-jour à imprimer en 3D ou (Option 2) construisent un abat-jour à partir de papier, d'une cuiseuse vapeur en bambou, … \\ 50 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Appliquer des gestes précis pour souder deux éléments à l'étain.
- ✓ Effectuer une recherche sur le World Wide Web OU
  Applique des gestes précise pour fabriquer un abat-jour.

Matériel et modalité de travail en classe

Pour la classe

- # Minimum 2 fers à souder et des supports (3ème main) pour souder
- # De l'étain

Par groupe d'élèves :

- # 1 ordinateur ou une tablette

Déroulement (Option 1)

- L'enseignant explique qu'il a préparé une zone pour réaliser les soudures sur une table au centre de la classe. Il rappelle les consignes de sécurité (ex : un fer à souder est manipulé par une seule personne à la fois, l'extrémité est très chaude, les broches de la LED chauffent sont chauds après la soudure, éviter de respirer les vapeurs …)

ℹ Limiter le nombre de postes de soudage à deux ou trois et les concentrer dans une zone de la classe permet à l'enseignant d'assurer une surveillance accrue des élèves réalisant la tâche de soudure.

- L'enseignant projette ou écrit une URL au tableau (ex : https://www.youtube.com/shorts/2N6uXyUPfgA) et propose aux élèves de visualiser la vidéo associée à cette page web.

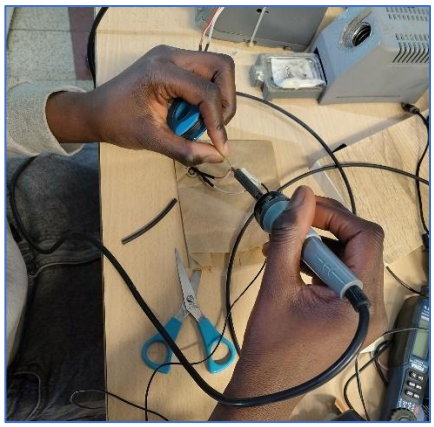
  « Pour ce faire vous devez taper l'URL dans la barre d'un navigateur du web. »

ℹ L'enseignant peut également réaliser une démonstration. Il sera cependant plus difficile pour tous les élèves de voir les gestes à réaliser.

- L'enseignant projette ensuite deux autres URL (https://www.thingiverse.com/ ; https://www.printables.com/) et demande aux élèves de les recopier dans leur cahier de traces.

- Il explique que ces URL renvoient sur des sites web qui rassemblent des fichiers pour l'impression 3D. Il propose à chaque groupe de choisir un fichier et de lui envoyer une copie de l'URL de la page web du modèle choisi par email.

- En fonction du nombre de postes de soudures, l'enseignant invite deux ou trois groupes à venir souder leur matériel. Les autres groupes peuvent rechercher un fichier pour l'impression 3D. Dès qu'un groupe a réalisé sa tâche de soudure, il est remplacé par un autre groupe.



- Lorsque tous les groupes ont réalisé leurs soudures et s'il a accès à une imprimante 3D dans l'enceinte de l'école, l'enseignant peut sélectionner un fichier envoyé par un élève et leur montrer comment on lance une impression.

ℹ Dans certains « fablabs », il possible d'utiliser des imprimantes 3D gratuitement (ex : https://b3.provincedeliege.be/exploratoiredespossibles/fablab ; https://fab-c.be/).

ℹ Option 2 : Il est également possible d'envisager des **options *low-tech*** qui permettent de fabriquer des abat-jours originaux. Relevons les abat-jours en « origami » de papier (ex : https://www.youtube.com/watch?v=JH-6vdYpNJg) ou surcyclés à partir d'un cuiseur vapeur en bambou (https://macrocosme.be/index.php/artisanat/), à titre d'exemples. Il suffit alors de proposer à vos élèves des vidéos explicatives et/ou des tutoriels sur papier.

Activité 7 \ Coller l'abat-jour sur le circuit électrique.

\\ Les élèves récupèrent les abat-jours qu'ils avaient choisis et y collent le système électrique. \\ 25 min.

Objectifs pédagogiques

- ✓ Appliquer des gestes précis pour coller deux éléments.

Matériel et modalité de travail en classe

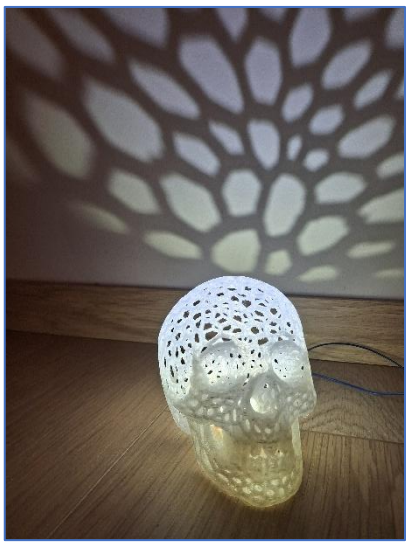
Par groupe d'élèves :

- # 1 abat-jour
- # 1 circuit électrique pour éclairer l'abat-jour.
- # 1 pistolet à colle chaude.

Déroulement

Avant l'activité 7, l'enseignant imprime les abat-jours choisis par les élèves.

- L'enseignant rassemble les élèves au centre de la classe et leur montre comment utiliser un pistolet à colle chaude en toute sécurité.
- L'enseignant distribue le matériel aux élèves et les invite à réaliser le collage.



- L'enseignant résume les apprentissages réalisés pendant la séquence.