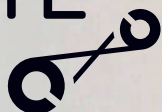


mallettes
MERITE



itinéraires
en sciences
et techniques :
expérimenter
et comprendre



CLASSES DE CYCLE 4

3^e

4^e

5^e

Technologie

itinéraire

Électricité : la produire, la partager

Concret pour les élèves

Démarche d'investigation

Clé en main
pour l'enseignant

Matériel dédié



Conçu par des scientifiques
et des enseignants

Testé en classe

mallettes
MERITE

itinéraires
en sciences
et techniques :
expérimenter
et comprendre



La collection



Itinéraires en sciences et techniques : expérimenter et comprendre

Conçues pour les enseignants du CM1 jusqu'à la classe de 3^e, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques abordant plusieurs disciplines et laissant une grande part à l'expérimentation par les élèves. Apprendre en se confrontant au réel, utiliser du matériel approprié, réfléchir et progresser en groupe sur des questions ouvertes issues du quotidien, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, s'approprier des concepts scientifiques et des savoir-faire techniques, tout cela est au cœur de la collection MERITE.

Des progressions clés en mains pour les enseignants

Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant l'itinéraire pédagogique réparti en modules et séances et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences. Elle constitue ainsi une ressource complète pouvant être utilisée en autonomie et de façon flexible par l'enseignant. Les contenus s'inscrivent dans les programmes scolaires et ouvrent sur la découverte des métiers.

Une approche concrète s'appuyant sur la démarche d'investigation

Les activités de classe s'appuient sur la démarche d'investigation pour encourager l'apprentissage progressif des élèves par l'action. Le matériel fourni est adapté au niveau des élèves et permet de réaliser des activités scientifiques et techniques pour toute une classe, disposée le plus souvent en îlots.

Une collection conçue par des scientifiques et testée en classe

Riche de 12 thématiques, cette collection de mallettes pédagogiques a été conçue par des scientifiques de 7 établissements d'enseignement supérieur, en co-construction avec des enseignants, et testée dans des classes de cycle 3 et 4 durant trois années scolaires.

Une collection au service de la diffusion de la culture scientifique et technique

La collection MERITE encourage la diffusion et la diversification de la culture scientifique et technique et s'adresse à tous. Les thématiques proposées se font parfois écho en utilisant des outils communs (outils mathématiques, utilisation de protocoles d'expérimentation...), démontrant ainsi que les disciplines ne sont pas cloisonnées. L'approche proposée permet de construire des apprentissages utiles au citoyen : réflexion, esprit critique, confiance en soi, créativité et innovation pour devenir capable de choix éclairés par des connaissances et compétences scientifiques et techniques bien comprises.

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.

Électricité : la produire, la partager

Sommaire

Introduction	11
Matériel	17
Séances	21
Itinéraire pédagogique	23
Glossaire	89

MODULE 1	PRODUIRE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	24
Séance 1	Énergie : sources et formes	27
	Notions sur l'énergie	30
	Les chemins de l'énergie : de sa source à son exploitation	32
	À la découverte de l'électricité	33
Séance 2	Découverte de la mallette	34
	La mallette mystère : l'enquête	36
Séance 3	Identification des paramètres influents	37
	Les paramètres influents	39
Séance 4	Mesure des paramètres influents	41
	Comment mesurer l'influence d'un paramètre ?	44
	Influence de l'inclinaison du panneau : résultats	45
Séance 5	Technologie des panneaux : analyse des données du constructeur	46
	Caractéristiques électriques d'un panneau photovoltaïque	49
	Données technologiques d'un panneau	50
MODULE 2	STOCKER L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	51
Séance 1	Comment stocker l'énergie électrique ?	53
	Moyens de stockage de l'énergie	56
	Mesurer le stockage de l'énergie	57
Séance 2	Conversion continu-alternatif : l'onduleur	59
	Étiquette-énergie	61
	Étiquette constructeur	62
MODULE 3	PARTAGER L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	63
Séance 1	L'autonomie énergétique : les limites	65
	Module de stockage	68
	Schéma électrique du module de stockage	69
	Observation du panneau photovoltaïque	70
Séance 2	La mise en réseau de l'énergie	71
	Les modules en réseau	74
	Schéma électrique du module de gestionnaire réseau	76
MODULE 4	LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES : UN SIÈCLE D'INNOVATION	77
Séance 1	De la découverte scientifique au développement de la technologie	79
	Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque	83
	L'histoire du photovoltaïque	84
	Comment fonctionne un panneau photovoltaïque ?	85
	Frise chronologique	86
	Le photovoltaïque : toute une histoire !	87

Technologie, Physique-Chimie

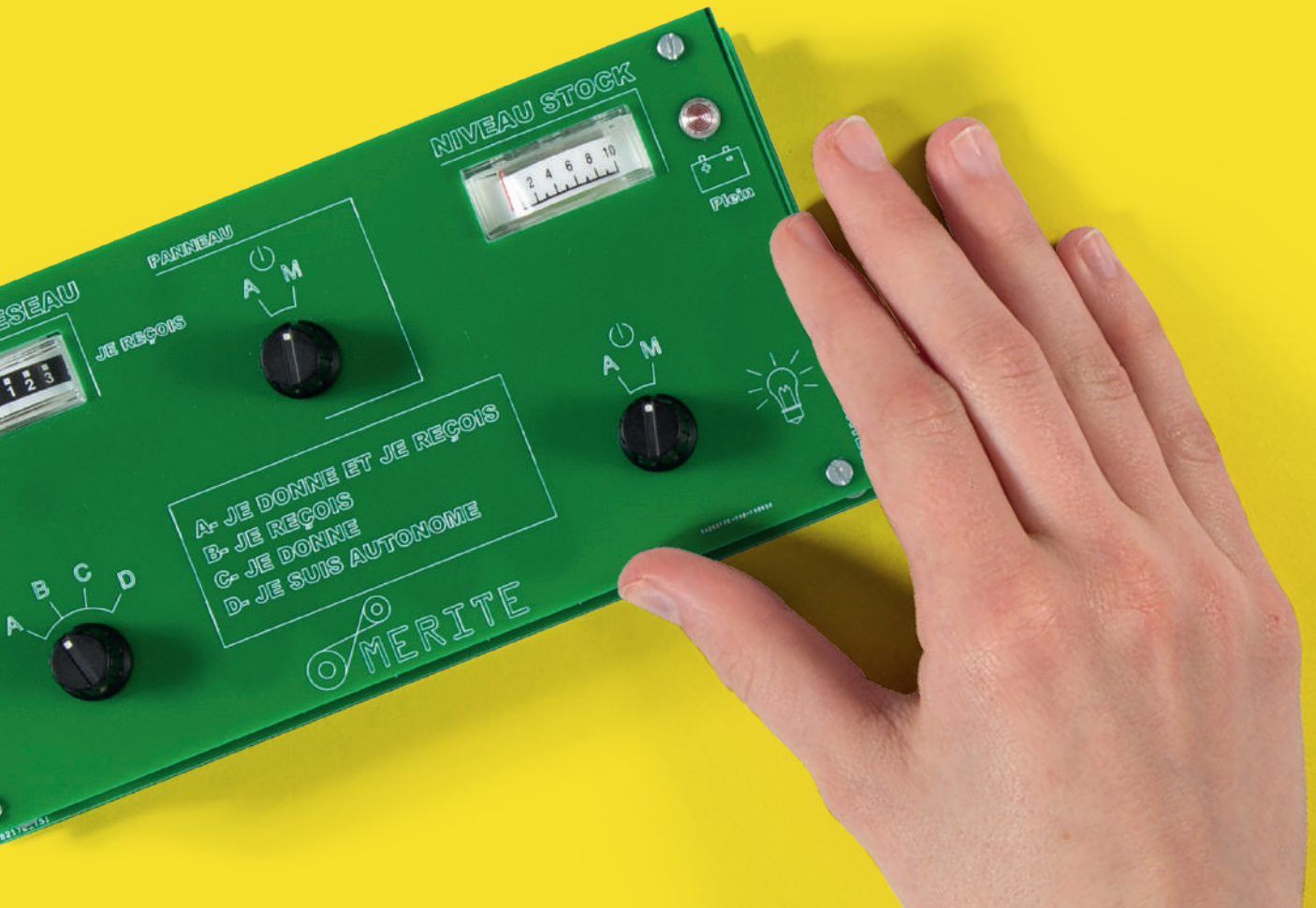
Électricité : la produire, la partager

CLASSES DE CYCLE 4

5^e 4^e 3^e

Contenus pédagogiques conçus
par l'Institut Universitaire de Technologie de Nantes (Université de Nantes)







Électricité : la produire, la partager

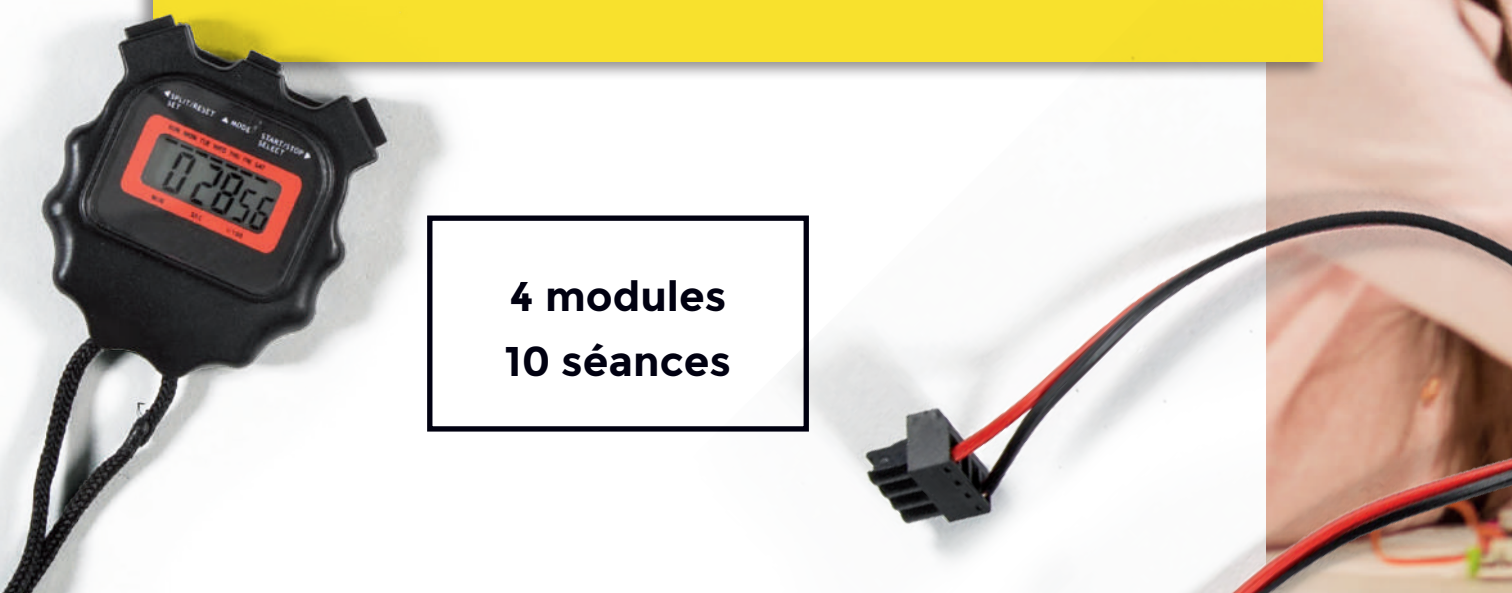
Introduction

Électricité : la produire, la partager

L'électricité est omniprésente dans notre quotidien. Les élèves la connaissent bien et savent la localiser : elle alimente une lampe, un four, une machine à laver, elle sert à charger un smartphone... Il leur est par contre plus difficile d'expliquer le phénomène. L'électricité est une forme d'énergie, un terme que tout le monde comprend mais qui n'est pourtant pas si évident à définir simplement. Ce manque de définition claire est largement compensé par les connaissances bien établies sur le concept d'énergie, à savoir qu'elle est parfaitement quantifiable, se conserve, et se présente sous deux aspects : source et forme.

Objectifs de la thématique

À travers l'exemple du photovoltaïque, la progression pédagogique propose aux élèves de découvrir trois problématiques liées à l'énergie électrique : sa production, son stockage et son partage. L'expérimentation constitue le cœur des séances qui permettent de l'aborder sous plusieurs angles : élaboration d'un protocole, expériences et observations, analyse et comparaison des résultats, prise de recul quant aux données. Le choix du photovoltaïque permet de faire découvrir une énergie renouvelable et s'inscrit dans une démarche d'éducation au développement durable.



4 modules
10 séances

La progression est organisée en quatre modules :

Le **premier module** débute par une introduction à l'énergie, avec un accent porté sur les notions de source et de forme. Puis, à l'aide d'expériences et de prises de mesures, les élèves découvrent les panneaux photovoltaïques et les paramètres qui influencent leur production d'énergie électrique. Une analyse de documents techniques leur permet enfin d'aborder les aspects technologiques des panneaux et leur fonctionnement.

La question du stockage de l'énergie est traitée dans le **deuxième module**, dans lequel est abordée l'importante notion de rendement.

Dans le **troisième module**, les élèves constatent par l'expérimentation que le stockage a ses limites, et qu'il est impératif de partager l'énergie par la mise en place d'un réseau muni d'un gestionnaire intelligent : le *smart grid*.

Le **quatrième module** permet aux élèves de découvrir l'effet photoélectrique, phénomène physique à l'origine de la production d'électricité par le panneau. En retraçant l'histoire de sa découverte, une réflexion sur le fonctionnement de la recherche permet d'aborder la notion de théorie scientifique. Enfin, un bref historique du photovoltaïque permet aux élèves de découvrir que la mise en œuvre d'une technologie est conditionnée par des paramètres sociaux-économiques.

Itinéraire pédagogique p. 23

Mots-clés

Énergie électrique

Photovoltaïque

Stockage

Réseau

Histoire des sciences

Pédagogie

Les séances privilégient largement le travail en groupe (demi-groupes, îlots, binômes). Cette organisation favorise les échanges, la mutualisation et la comparaison des résultats. La pédagogie est rythmée en général par des questions déclenchantes auxquelles l'on propose de répondre par la démarche d'investigation.

Synthèse des compétences travaillées

Les langages pour penser et communiquer

Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit

- L'élève parle, communique, argumente à l'oral de façon claire et organisée ; il adapte son niveau de langue et son discours à la situation, il écoute et prend en compte ses interlocuteurs.
- L'élève s'exprime à l'écrit pour raconter, décrire, expliquer ou argumenter de façon claire et organisée. Lorsque c'est nécessaire, il reprend ses écrits pour rechercher la formulation qui convient le mieux et préciser ses intentions et sa pensée.
- Il utilise à bon escient les principales règles grammaticales et orthographiques. Il emploie à l'écrit comme à l'oral un vocabulaire juste et précis.

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques

- Il produit et utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes, patrons ou figures géométriques. Il lit, interprète, commente, produit des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.
- Il sait que des langages informatiques sont utilisés pour programmer des outils numériques et réaliser des traitements automatiques de données. Il connaît les principes de base de l'algorithmique et de la conception des programmes informatiques. Il les met en œuvre pour créer des applications simples.

Les méthodes et outils pour apprendre

Organisation du travail personnel

- Il comprend le sens des consignes ; il sait qu'un même mot peut avoir des sens différents selon les disciplines.
- Pour acquérir des connaissances et des compétences, il met en œuvre les capacités essentielles que sont l'attention, la mémorisation, la mobilisation de ressources, la concentration, l'aptitude à l'échange et au questionnement, le respect des consignes, la gestion de l'effort.
- Il sait identifier un problème, s'engager dans une démarche de résolution, mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter les erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions, accorder une importance particulière aux corrections.

Coopération et réalisation de projets

- L'élève travaille en équipe, partage des tâches, s'engage dans un dialogue constructif, accepte la contradiction tout en défendant son point de vue, fait preuve de diplomatie, négocie et recherche un consensus.
- Il apprend à gérer un projet, qu'il soit individuel ou collectif. Il en planifie les tâches, en fixe les étapes et évalue l'atteinte des objectifs.
- L'élève sait que la classe, l'école, l'établissement sont des lieux de collaboration, d'entraide et de mutualisation des savoirs. Il aide celui qui ne sait pas comme il apprend des autres. L'utilisation des outils numériques contribue à ces modalités d'organisation, d'échange et de collaboration.

Médias, démarches de recherche et de traitement de l'information

- L'élève sait utiliser de façon réfléchie des outils de recherche, notamment sur Internet. Il apprend à confronter différentes sources et à évaluer la validité des contenus. Il sait traiter les informations collectées, les organiser, les mémoriser sous des formats appropriés et les mettre en forme. Il les met en relation pour construire ses connaissances.

La formation de la personne et du citoyen

Réflexion et discernement

- Il fonde et défend ses jugements en s'appuyant sur sa réflexion et sur sa maîtrise de l'argumentation. Il peut discuter... de quelques grands problèmes éthiques liés notamment aux évolutions sociales, scientifiques ou techniques.
- L'élève vérifie la validité de l'information et distingue ce qui est objectif de ce qui est subjectif. Il apprend à justifier ses choix et à confronter ses propres jugements à ceux des autres. Il sait remettre en cause ses jugements initiaux après un débat argumenté.

Responsabilité, sens de l'engagement et de l'initiative

- L'élève coopère et fait preuve de responsabilité vis-à-vis d'autrui. Il respecte les engagements pris envers lui-même et envers les autres.

Les représentations du monde et l'activité humaine

L'espace et le temps

- L'élève développe une conscience du temps historique. Ce domaine initie à la diversité des expériences humaines et des formes qu'elles prennent : les découvertes scientifiques et techniques.

Invention, élaboration, production

- Pour mieux connaître le monde qui l'entoure comme pour se préparer à l'exercice futur de sa citoyenneté démocratique, l'élève pose des questions et cherche des réponses en mobilisant des connaissances sur :
 - les grandes découvertes scientifiques et techniques et les évolutions qu'elles ont engendrées, tant dans les modes de vie que dans les représentations.

Les systèmes naturels et les systèmes techniques

Démarches scientifiques

- L'élève sait mener une démarche d'investigation. Pour cela, il décrit et questionne ses observations ; il prélève, organise et traite l'information utile ; il formule des hypothèses, les teste et les éprouve ; il manipule, explore plusieurs pistes, procède par essais et erreurs ; il modélise pour représenter une situation ; il analyse, argumente, mène différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique...) ; il rend compte de sa démarche. Il exploite et communique les résultats de mesures ou de recherches en utilisant les langages scientifiques à bon escient.

Conception, création, réalisation

- L'élève imagine, conçoit et fabrique des objets et des systèmes techniques. Il met en œuvre observation, imagination, créativité, sens de l'esthétique et de la qualité, talent et habileté manuels, sens pratique, et sollicite les savoirs et compétences scientifiques, technologiques et artistiques pertinents.

Responsabilités individuelles et collectives

- L'élève connaît l'importance d'un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé et comprend ses responsabilités individuelle et collective. Il prend conscience de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement.
- Il observe les règles élémentaires de sécurité liées aux techniques et produits rencontrés dans la vie quotidienne.
- Pour atteindre les objectifs de connaissances et de compétences de ce domaine, l'élève mobilise des connaissances sur :
 - la structure de la matière ;
 - l'énergie et ses multiples formes, le mouvement et les forces qui le régissent ;
 - les nombres et les grandeurs, la gestion des données ;
 - les grandes caractéristiques des objets et systèmes techniques et des principales solutions technologiques.








Comment utiliser ce guide ?



ITINÉRAIRE

Un **itinéraire pédagogique progressif** organisé en **modules** et **séances** est présenté. L'ordre de mise en œuvre des séances peut être adapté par l'enseignant en fonction de ses projets.

Des **pictogrammes** caractérisent les types de séances :

-  Découverte / Observation
-  Créativité / Réflexion
-  Expérimentation
-  Réinvestissement
-  Synthèse / Communication

Le nombre de **fiches pédagogiques** est précisé pour chaque séance :



-  fiches enseignant
-  fiches élève

Chaque module, composé d'une ou plusieurs séances, est présenté globalement et annonce les **compétences travaillées** ainsi que les **attendus de fin de cycle**.

MATÉRIEL

Une liste exhaustive du matériel contenu dans la mallette est présentée dans le **catalogue du matériel**. Chaque élément porte un numéro de référence.


Chaque page *Séance* contient une liste du matériel utile pour son bon déroulement. Pour faciliter la préparation de la séance et l'identification du matériel, les pictogrammes suivants indiquent :

-  le matériel non fourni
-  le numéro de référence dans le catalogue

SÉANCES


Les pages **Séance** (liseré jaune) contiennent tout ce dont l'enseignant a besoin pour mener la séance :


- les objectifs visés
- une liste du matériel
- un déroulement détaillé de la séance

 Une durée de la séance est donnée à titre indicatif.

Le déroulement des séances s'organise toujours de la même manière :

- une activité d'immersion
- des points de passages pour développer l'apprentissage visé
- une synthèse des découvertes réalisées par les élèves

 Des **post-it roses** récapitulent le vocabulaire spécifique de la séance et renvoient aux définitions du glossaire (situé à la fin du guide).

 Des **post-it kraft** renvoient à des conceptions naïves des élèves ou bien resituent une notion dans son contexte.

DES ENCARTS JAUNES

attirent l'attention sur des points d'organisation pédagogique ou de sécurité.

DES ENCARTS GRIS

soulignent les pistes pour aller plus loin.

Les **FICHES Enseignant** viennent compléter les pages **Séance** en apportant des notions supplémentaires ou en donnant des conseils sur l'organisation de la séance.

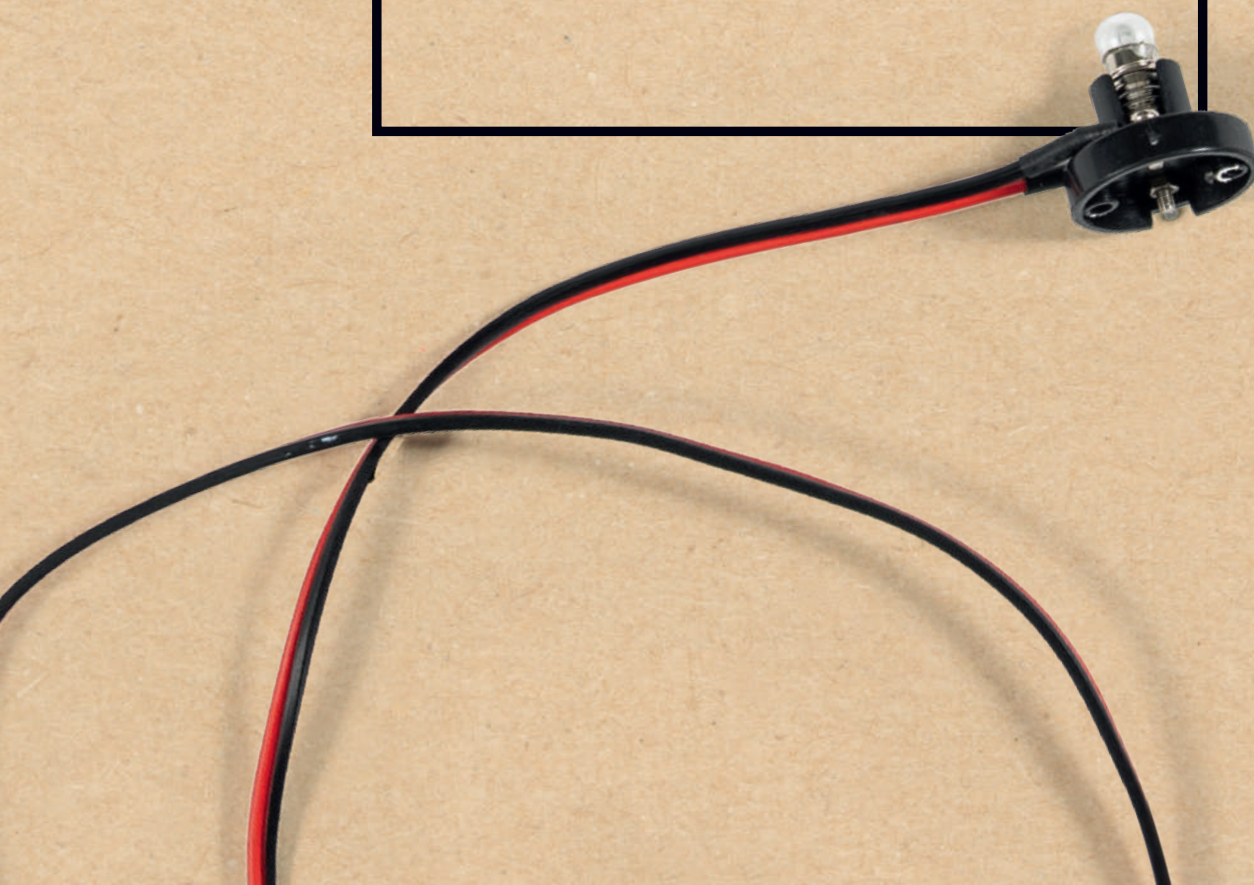
Des **FICHES Élève**, à imprimer et à distribuer à la classe sont à disposition dans le guide et téléchargeables sur le site du projet MERITE.

Les ressources numériques utiles à la séance sont accessibles depuis le site du projet MERITE (www.projetmerite.fr).



Électricité : la produire, la partager

Matériel



Matériel

Comment utiliser ce catalogue du matériel ?

Ce catalogue présente l'ensemble du matériel inclus dans la mallette, ainsi que des conseils sur l'utilisation de chaque élément. Le matériel non fourni utile pour mener les séances est listé à la fin du catalogue.

Après chaque séance, au moment de ranger le matériel, vérifiez que le **nombre d'exemplaire(s)** correspond à la mallette d'origine.

Cette référence est rappelée dans le listing matériel des séances. Elle vous permettra d'identifier et de préparer plus rapidement le matériel nécessaire avant une séance.

Matériel manquant

Si des éléments du matériel sont manquants ou ont été endommagés, consultez le site du projet MERITE (www.projetmerite.fr) pour en savoir plus sur les modalités de remplacement.

2 x **Panneau photovoltaïque**

Réf. 1



Ce panneau photovoltaïque est monté sur un statif qui lui permet d'être incliné (pour simuler l'inclinaison d'un panneau) et de pivoter (pour simuler la position relative du panneau selon l'heure de la journée). Des rapporteurs permettent une inclinaison et une rotation contrôlées afin de garantir la précision des mesures et la répétabilité des expériences.

On peut directement brancher un appareil utilisateur (lampe, moteur) sur le panneau ou bien le relier à un module de stockage d'énergie.

2 x **Module de stockage**

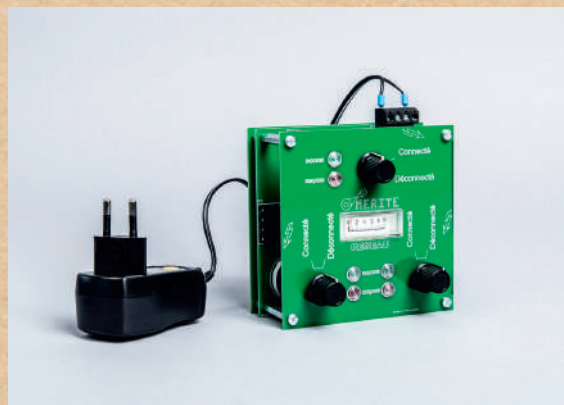
Réf. 2



Ce module permet de stocker l'énergie produite par le panneau. Un galvanomètre permet de connaître le stock d'énergie à tout moment. Ce module peut être relié à un autre module de stockage ou à un module de gestionnaire réseau.

1 x **Module de gestionnaire réseau**

Réf. 3



Ce module permet d'interconnecter plusieurs modules de stockage (jusqu'à 3). Le galvanomètre renseigne sur le sens des échanges. Le module est également équipé d'un bloc secteur.

2 x Projecteur halogène Réf. 4



Ce projecteur est branché sur le secteur et permet d'éclairer le panneau photovoltaïque. Il joue ainsi le rôle du Soleil lors des expériences.

2 x Moteur électrique + roue Réf. 5



Ce moteur peut être branché directement au panneau ou au module de stockage d'énergie. Dans le premier cas, sa vitesse est proportionnelle à l'énergie lumineuse reçue par le panneau.

4 x Câble de connexion Réf. 6



Ces câbles de connexion permettent de relier différents composants entre eux. La mallette en contient 2 grands et 2 petits.

2 x Ampoule à incandescence Réf. 7



Cette ampoule à incandescence est montée sur un support et reliée à un câble de connexion. Elle peut être reliée directement au panneau ou à un module de stockage.

2 x Chronomètre Réf. 8



Ces chronomètres permettent, indirectement, de mesurer la vitesse du moteur lors des expériences.

18 x Fiches techniques Réf. 9



La mallette contient 3 fiches techniques différentes (panneau, cellules, connecteur), chacune en 6 exemplaires. Elles renseignent sur différents paramètres et propriétés du composant concerné.

Matériel non fourni

Désignation du matériel	Séances concernées	Quantité nécessaire par binôme	Quantité pour une classe
Appareil électrique lampe, ventilateur...	Module 1 - Séance 1	-	1
Moyens de mesure du temps montres, smartphones...	Module 1 - Séance 4	1	1 quinzaine si les élèves sont groupés en binômes
1 connecteur MC4 optionnel	Module 1 - Séance 5	-	1
1 convertisseur DC/AC optionnel	Module 2 - Séance 2	-	1



Électricité : la produire, la partager

Séances



Commentaires sur l'itinéraire pédagogique

La page ci-contre présente une proposition d'itinéraire pédagogique. La progression a été conçue pour une mise en œuvre des modules à la suite l'un de l'autre, dans l'ordre, ou bien de façon imbriquée. L'enseignant est libre d'adapter son itinéraire au gré de ses projets et de ses besoins. Il peut choisir de modifier l'ordre de certaines séances, de ne pas en réaliser certaines voire d'imaginer des séances supplémentaires en s'appropriant le matériel de la mallette.

Légendes


Types de séances

 Découverte / Observation

 Créativité / Réflexion

 Expérimentation

 Réinvestissement

 Synthèse / Communication

Fiches pédagogiques

 Fiches enseignant

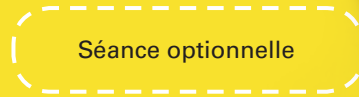
 Fiches élève



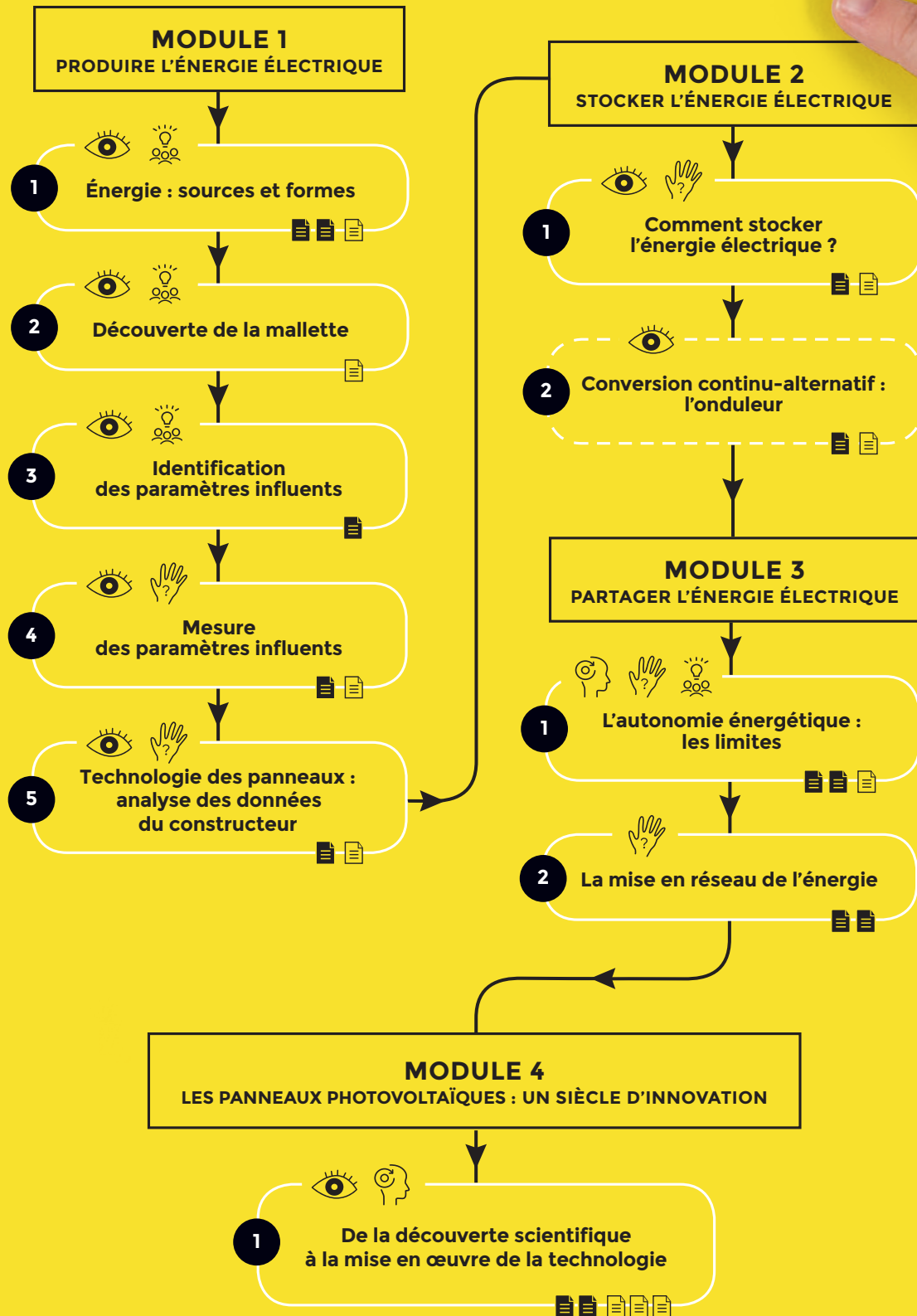
Itinéraire pédagogique



Proposition d'itinéraire



Séance optionnelle



MODULE 1

PRODUIRE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Présentation générale

En 5 séances, les élèves se familiarisent d'abord avec la notion d'énergie en distinguant sources et formes puis ils découvrent du matériel technologique spécifiquement conçu pour la classe qu'ils observent attentivement pour en décrire la composition, le fonctionnement et l'usage.

Ils se questionnent sur la meilleure façon de faire fonctionner un panneau photovoltaïque et proposent un protocole permettant de tester l'inclinaison optimale de ce panneau. Un travail interdisciplinaire Physique/Technologie/Mathématiques peut être exploité autour de la notion de mesure, de dispersion, de courbe d'influence. C'est l'occasion d'exercer son esprit critique.

Pour finir, les élèves sont invités à utiliser un document technique pour choisir les informations utiles au choix et à la bonne utilisation d'un panneau photovoltaïque.

Apprentissages visés

Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Concevoir, créer, réaliser

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier les flux d'énergie dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

Associer des solutions techniques à des fonctions

Imaginer des solutions en réponse au besoin

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

S'approprier des outils et des méthodes

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Pratiquer des langages

Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, la structure et le comportement des objets

5 séances

Séances du module

SÉANCE

1

Énergie : sources et formes



SÉANCE

2

Découverte de la mallette



SÉANCE

3

Identification des paramètres influents



SÉANCE

4

Mesure des paramètres influents



SÉANCE

5

Technologie des panneaux : analyse des données du constructeur



Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p>• Technologie :</p> <p>Design innovation et créativité Imaginer des solutions en réponse aux besoins</p> <p>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p> <p>• Physique-Chimie :</p> <p>Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie</p>	<p>Identifier un besoin et énoncer un problème technique ; identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Imaginer, synthétiser et formaliser une procédure, un protocole</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées sorties</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Les activités expérimentales ont pour objectif de vérifier les performances d'un objet technique</p> <p>Diagrammes graphes</p> <p>Identifier les flux d'énergie sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Réflexion doit être menée entre les résultats de mesure et le contexte de leur obtention</p> <p>Mesurer des grandeurs de manières directe ou indirecte</p> <p>Instruments de mesure usuels</p> <p>Interpréter les résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Identifier les différentes formes d'énergie</p> <p>Identifier les sources, les transferts et les conversions d'énergie</p> <p>Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée</p> <p>Notion de puissance</p>





Énergie : sources et formes

SÉANCE
1

Objectifs

Montrer aux élèves que l'énergie est présente partout dans leur quotidien.

Découvrir que tout ce qui engendre une action (que ce soit un mouvement, de la chaleur, un son...) nécessite de l'énergie.

Apprendre que l'énergie est fournie par une source et peut prendre différentes formes, comme l'énergie électrique par exemple.

Matériel

- **1 appareil électrique** nf
exemple : lampe, ventilateur
- **FICHE À la découverte de l'électricité**
1 exemplaire par élève

nf Matériel non fourni

Déroulement pédagogique



Immersion

L'enseignant lance une discussion pour faire un état des lieux des conceptions initiales des élèves sur l'énergie et les appareils qui en utilisent.

Des questions peuvent être posées à la classe :

Qu'est-ce que l'énergie ? Pour quoi l'utilise-t-on ?

Éclairer la salle, se chauffer, faire pousser des plantes...

Pouvez-vous identifier dans la classe des appareils qui utilisent de l'énergie ?

Les lampes, le chauffage, l'ordinateur, le TBI...

Comment savez-vous qu'ils en utilisent ? D'où vient l'énergie utilisée par l'ordinateur, le téléphone portable ?

De l'électricité.

Quelles sources d'énergie pouvez-vous citer ?

Le vent, le soleil, le gaz, le pétrole, le bois...

Points de passage

DÉCOUVERTE DE L'ÉNERGIE

L'enseignant distribue la **FICHE À la découverte de l'électricité** à la classe. Les élèves sont répartis en groupes de 4 et dressent une liste d'appareils qui ont besoin d'énergie pour fonctionner (tableau de la question 1, colonne de gauche).

L'enseignant explique à la classe que l'appareil fonctionne en produisant une forme d'énergie. Les élèves réfléchissent et remplissent la deuxième colonne du tableau.

GLOSSAIRE

Énergie

DÉFINIR L'ÉNERGIE

Quand on utilise le terme d'énergie, les élèves comprennent immédiatement de quoi on parle. Ils savent citer des exemples, identifier des appareils qui en utilisent etc. Il leur est, par contre, beaucoup plus difficile d'expliquer ce concept avec précision.

1 Énergie : sources et formes

POINT D'ATTENTION

À ce stade, il est important de faire une mise en commun pour s'assurer que les élèves ne confondent pas source et forme d'énergie. Par exemple, il est très commun qu'un élève pense à l'électricité comme source d'énergie d'un appareil électrique. L'électricité n'est pas une source mais une forme d'énergie.

- que les appareils électriques fonctionnent grâce à l'énergie électrique qui provient d'une source d'énergie : hydraulique (barrages), vent (éoliennes), solaire (photovoltaïque), fossile (centrales à charbon),
- que cette source d'énergie passe par différentes formes d'énergie avant de produire la forme électrique, utilisée par les appareils.

APPLICATION À L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT

Pour vérifier que ces éléments ont bien été compris, l'enseignant présente un appareil électrique en fonctionnement (une lampe, un ventilateur...) et interroge les élèves :

Quelles formes d'énergie sont produites par l'appareil ?

Rayonnante (lumineuse) et thermique (chaleur) pour la lampe, mécanique (mouvement) pour le ventilateur.

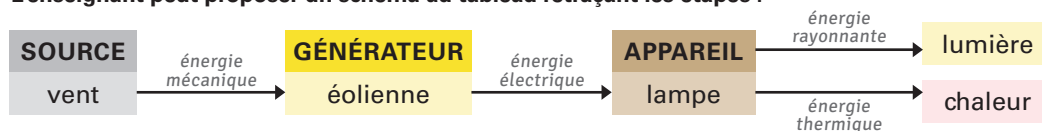
Quelle forme d'énergie est utilisée par l'appareil pour faire son action ?

L'énergie électrique.

Quelle est la source de cette énergie ?

La source dépend du type de générateur (uranium si centrale nucléaire, soleil si panneaux photovoltaïques, vent si éoliennes...).

L'enseignant peut proposer un schéma au tableau retraçant les étapes :



SOURCES ET FORMES

Les élèves confondent très souvent source d'énergie et forme d'énergie. Un des objectifs de la séance est de clarifier ces deux notions : la forme d'énergie est la forme (chimique, électrique, mécanique, thermique) sous laquelle se manifeste l'énergie lorsqu'elle est utilisée pour effectuer une action alors que la source d'énergie fait référence à l'origine de cette énergie (solaire, atomique, éolienne, hydraulique).

Que s'est-il passé au niveau de la lampe ?

L'énergie électrique a été transformée en énergie rayonnante (lumineuse) et thermique. On dit qu'elle a été convertie d'une forme à une autre forme : c'est la conversion de l'énergie.

Combien de formes d'énergie différentes observez-vous dans la classe ?

Électrique (prises et câbles), thermique (chauffage), rayonnante (lampe), mécanique (ventilateur), etc.

GLOSSAIRE

Conversion
Générateur

FORMALISATION DES CONNAISSANCES

L'enseignant demande ensuite aux différents groupes de définir, en quelques mots, ce qu'est l'énergie. Il note les réponses au tableau et interroge la classe :

Quel est le point commun entre toutes ces réponses ?

L'énergie permet de réaliser des actions (éclairage, chauffage, déplacement...).

Découvertes réalisées

Les élèves prennent en note les acquis de la séance dans leurs cahiers :

- l'énergie existe sous plusieurs formes : électrique, thermique, rayonnante (lumineuse), mécanique, chimique...,
- les appareils électriques ont besoin d'énergie sous forme électrique pour fonctionner,
- l'énergie électrique est généralement produite dans une centrale électrique,
- la centrale électrique tire son énergie d'une source : le soleil, le vent, l'uranium, le bois, le pétrole, la force de l'eau...

L'électricité est donc un exemple de forme d'énergie très utilisée dans la vie quotidienne, pour se chauffer, travailler, se déplacer, communiquer... Elle peut être produite à partir de plusieurs sources et convertie en d'autres formes d'énergie selon l'appareil concerné. ■

POUR ALLER PLUS LOIN...

Si l'enseignant le souhaite, un approfondissement sur les notions d'énergies renouvelables et non-renouvelables est possible. Ce sont les sources d'énergie à partir desquelles l'électricité est produite qui déterminent le caractère fossile ou renouvelable. Les énergies renouvelables regroupent les sources qui sont inépuisables ou qui se renouvellent à l'échelle humaine (le soleil, le vent, la force de l'eau, la biomasse). Les énergies non-renouvelables regroupent les sources qui sont épuisables à l'échelle humaine (charbon, pétrole, gaz naturel, uranium).

1 Énergie : sources et formes

Notions sur l'énergie

L'énergie se présente sous une forme donnée pour effectuer son action (chimique, électrique, mécanique, thermique...). La source d'énergie fait référence, quant à elle, à l'origine de celle-ci (solaire, atomique, éolienne, hydraulique...).

LES FORMES D'ÉNERGIE

**Électrique**

L'énergie prend la forme d'un mouvement de particules chargées au sein d'un matériau conducteur.

**Thermique**

Il s'agit d'une énergie sous forme de chaleur qui s'explique par une agitation moléculaire.

**Mécanique**

Il s'agit de l'énergie liée au mouvement d'un corps. Elle se décompose en énergie cinétique (liée à sa vitesse) et énergie potentielle (liée aux forces de gravitation).

**Nucléaire**

Il s'agit de l'énergie associée aux forces liant les éléments du noyau d'un atome.

**Rayonnante**

Il s'agit de l'énergie transmise sous forme de rayonnement (exemple : rayonnement infrarouge).

**Chimique**

Elle constitue l'énergie contenue dans la matière grâce aux liaisons entre atomes et molécules. La rupture de ces liaisons entraîne une libération d'énergie.

LES SOURCES D'ÉNERGIE

On peut classer les sources d'énergie en deux grands groupes : les énergies renouvelables, qui sont inépuisables ou qui se renouvellent à l'échelle humaine et les énergies non-renouvelables qui sont épuisables (qui ne se renouvellent pas à l'échelle humaine).

Énergies non-renouvelables*Les combustibles fossiles (énergie fossile)*

Il s'agit de matière organique (principalement végétale) dont la décomposition a pris plusieurs dizaines voire centaines de millions d'années. Ils contiennent des molécules, les hydrocarbures, qui produisent beaucoup d'énergie lorsqu'on les brûle mais qui sont aussi responsables de l'effet de serre (et donc du réchauffement climatique). La chaleur produite par leur combustion permet de faire tourner une turbine qui génère de l'électricité.

Exemples : le charbon, le pétrole, le gaz naturel

Les combustibles nucléaires (énergie nucléaire)

Il s'agit d'un mélange d'éléments radioactifs qui entrent en fission dans le réacteur des centrales nucléaires et produisent ainsi une très forte quantité d'énergie thermique. Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur qui permet de faire tourner une turbine générant de l'électricité.

Exemple : l'uranium

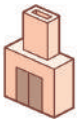
Énergies renouvelables

Les rayons du soleil (énergie solaire)



L'énergie qui nous provient du Soleil tire son origine du phénomène de fusion nucléaire qui se déroule à l'intérieur. Cette énergie atteint notre planète sous forme d'un rayonnement électromagnétique, en partie perceptible (lumière). Elle peut être convertie en électricité grâce à des panneaux photovoltaïques, ou encore en chaleur.

La biomasse (bioénergie)



Cette appellation recouvre toute la matière organique qui peut fournir de l'énergie. Cette énergie peut être extraite par combustion directe (bois) ou par combustion après transformation (biogaz par exemple). On range les biocarburants (bioéthanol, biogazole...) dans cette catégorie.

Le vent (énergie éolienne)



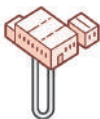
Le vent est un phénomène météorologique qui consiste en un déplacement d'air. Il est lié au réchauffement différentiel des masses d'air par le soleil et à la rotation de la Terre. Des structures comme les éoliennes sont capables de convertir cette énergie mécanique en électricité.

La force de l'eau (énergies hydraulique, hydrolienne et marémotrice)



Tout comme le vent, les mouvements de l'eau sont une source d'énergie mécanique importante : courants marins, forces liées à la marée, force d'un torrent... Cette énergie peut être convertie en énergie électrique grâce aux hydroliennes, aux usines marémotrices et aux barrages.

La chaleur interne du globe (énergie géothermique)

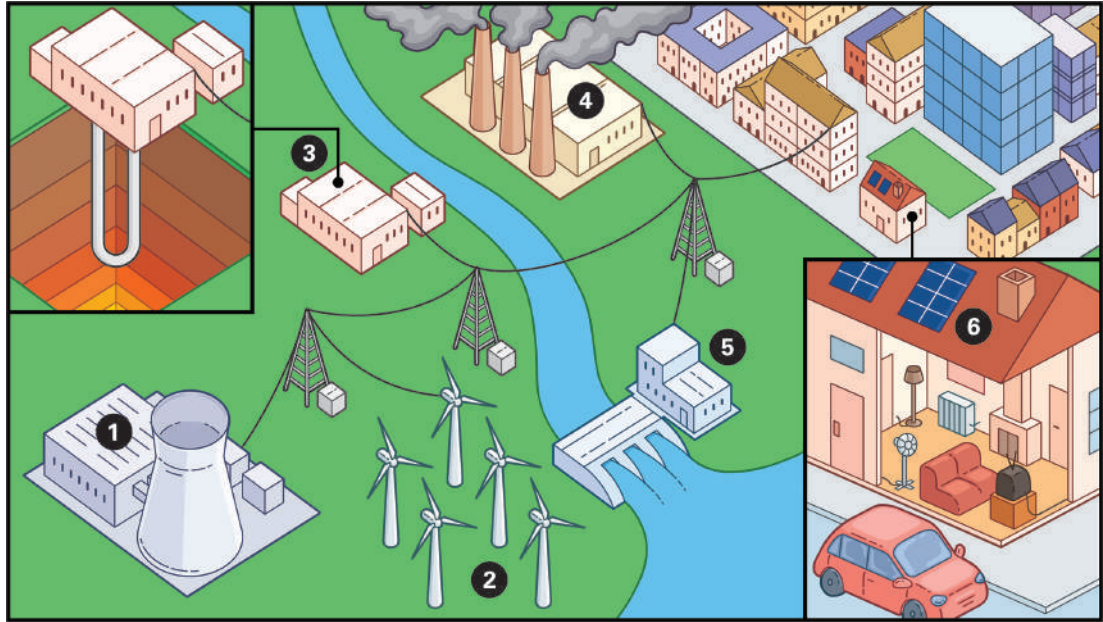


Une grande quantité d'énergie thermique nous provient des profondeurs terrestres. Cette énergie a pour origine la désintégration d'éléments radioactifs présents dans certaines roches mais aussi, plus marginalement, de la dissipation de l'énergie accumulée lors de l'accrétion de la planète. Il est possible de récupérer la chaleur interne terrestre pour chauffer des bâtiments voire même parfois pour produire de l'électricité (dans des régions à gradient géothermique élevé).

1 Énergie : sources et formes

Les chemins de l'énergie : de sa source à son exploitation

Au cours de la séance, les élèves sont amenés à remplir un schéma (fiche élève de la page ci-contre) et à identifier différentes sources et formes d'énergie. Les réponses sont données ci-dessous.



1 Centrale nucléaire

3 Centrale géothermique

5 Centrale hydroélectrique

2 Éoliennes

4 Centrale à charbon

6 Panneaux photovoltaïques

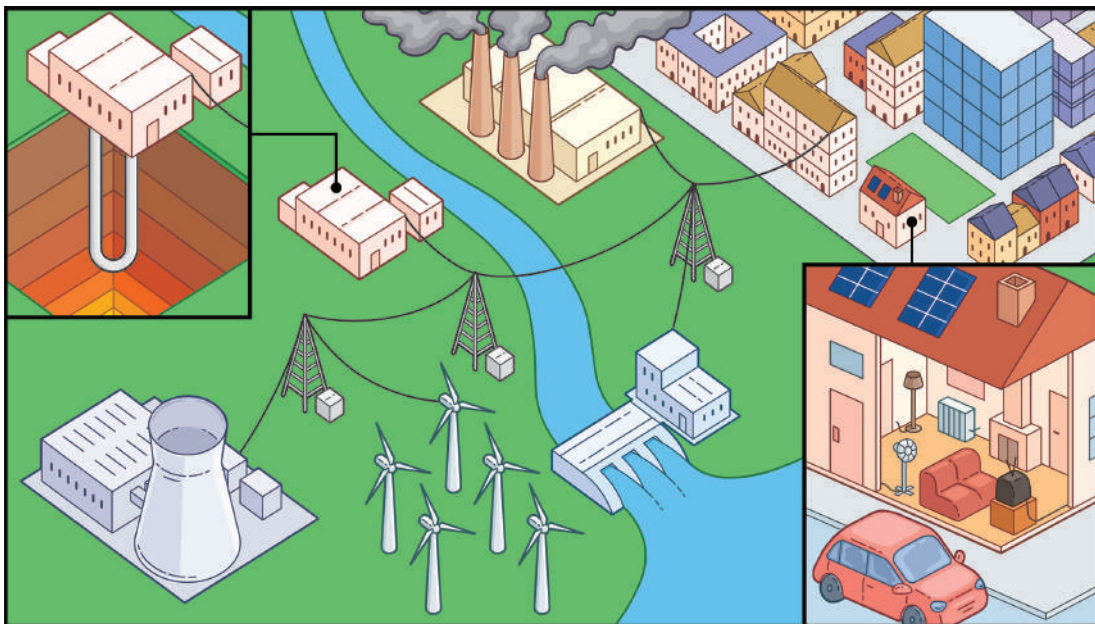
SOURCE	FORME	FORME	FORME
uranium	nucléaire	électrique	rayonnante
vent	mécanique	électrique	thermique
chaleur terrestre	thermique	électrique	mécanique
charbon	chimique	électrique	thermique
force de l'eau	mécanique	électrique	rayonnante
soleil	rayonnante	électrique	mécanique
pétrole		chimique	thermique
biomasse		chimique	thermique

À la découverte de l'électricité

1. Quels appareils ont besoin d'électricité ? Quelle forme d'énergie produisent-ils ?

Appareil	Forme(s) d'énergie produite

2. En observant le dessin ci-dessous, compléter les sources et formes d'énergie :



SOURCE	FORME	FORME	FORME

Découverte de la mallette



Objectifs

Découvrir la mallette en partant de la simple observation de ses constituants.

Construire des hypothèses sur l'utilisation que l'on peut en faire. S'approprier la mallette par un processus d'observation – hypothèse – déduction.

Faire émerger collectivement les principaux concepts portés par la mallette.

Matériel

- **matériel de la mallette**
disposé au centre de la classe
- **FICHE** La mallette mystère : l'enquête
1 exemplaire par élève

Déroulement pédagogique

1h

Immersion

L'enseignant présente sommairement la mallette sans dévoiler son usage.

Il annonce aux élèves qu'ils vont devoir répondre individuellement, par écrit, à deux questions :

Qu'est-ce que c'est ? À quoi ça peut servir ?

La **FICHE** La mallette mystère : l'enquête est distribuée à chaque élève.

Le travail d'investigation des élèves pourra être encouragé par la « mise en scène » du caractère énigmatique de la mallette par l'enseignant.

Points de passage

INVESTIGATION

Chaque élève, en silence, peut se déplacer, observer le matériel, lire les inscriptions y figurant et doit répondre individuellement par écrit aux deux questions.

L'enseignant circule parmi les élèves et les guide dans leurs investigations.

Après un temps de découverte, il peut proposer une méthode d'inventaire des objets :

- les répertorier,
- leur donner un nom (explicite si les élèves sont sûrs de leur identification, ou un nom hypothétique),
- repérer les caractéristiques marquantes ou qui semblent importantes de chaque objet (par exemple : le panneau photovoltaïque est orientable dans deux directions et ces directions sont mesurables avec des cercles gradués),
- faire des hypothèses sur la fonction de chaque objet, les classer par ordre de vraisemblance,
- rédiger un paragraphe sur l'objectif global de la mallette.

POINT D'ATTENTION

Il est souhaitable de ne pas trop détailler, à ce stade, les fonctions des objets complexes - comme le module de stockage d'énergie - afin de préserver la progression pédagogique qui suivra.



COMPARAISON ET DISCUSSION

L'enseignant répartit la classe en groupes. Les élèves d'un même groupe comparent leurs écrits et confrontent leurs hypothèses. Le groupe élabore des idées maîtresses, débat et essaie de formuler une hypothèse commune. Une synthèse collective écrite est produite par chaque groupe.

L'enseignant guide les élèves et cadre le travail des groupes.

RESTITUTION

Chaque groupe désigne un porte-parole qui vient présenter à l'oral sa synthèse. L'enseignant orchestre la restitution. Au tableau, il note les idées et mots clés afin de faire émerger des réponses pertinentes.

● Découvertes réalisées

Les élèves prennent des notes sur les résultats du débat.

L'enseignant fait brièvement le lien entre le matériel de la mallette et les notions vues à la séance précédente (sources d'énergie, formes d'énergie, conversion de l'énergie). Un lien peut être fait avec l'environnement immédiat de l'élève. ■

La mallette mystère : l'enquête



Qu'est-ce
que c'est ?

.....

.....

.....

.....

Quels sont les mots clés ou les termes qu'on peut lire sur les constituants de la mallette et qui peuvent renseigner sur leur nature ?

À quoi
ça sert ?

.....

.....

.....

.....

Lister les constituants de la mallette et essayer de donner une fonction à chaque objet :

Proposer un scénario d'utilisation des différents constituants :



Identification des paramètres influents

SÉANCE
3

Objectifs

Mettre en évidence l'existence de paramètres influant sur l'efficacité des panneaux photovoltaïques (ensoleillement, inclinaison, perturbations atmosphériques...).

Élaborer un protocole expérimental pour mesurer ces paramètres.

Matériel

- **panneau photovoltaïque** [1] pour l'immersion

[0] Référence dans le catalogue

Déroulement pédagogique



Immersion

L'enseignant dispose le panneau photovoltaïque inclinable en évidence sur sa pailasse ou au centre de la classe et interroge les élèves :

Quelle source d'énergie est convertie par le panneau en électricité ?

C'est la lumière (énergie rayonnante).

La réponse est assez évidente pour les élèves et amène une seconde question :

Qu'est ce qui limite la quantité de lumière du soleil reçue par le panneau ?

Points de passage

Les élèves font des propositions qui sont notées au tableau par l'enseignant.

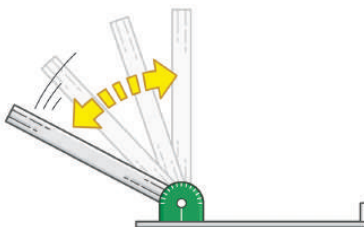
Les paramètres influents que les élèves doivent réussir à identifier sont les suivants :

- paramètres atténuants de type atmosphérique (nuages, pollution, pluie, etc.),
- paramètres géophysiques et géométriques (inclinaison, latitude du lieu, saison).

L'enseignant peut donner plus de détails sur ces paramètres à la classe en s'aidant de la **FICHE Les paramètres influents**. Les calculs de l'orientation optimale des panneaux ne doivent cependant pas être présentés à la classe à ce stade. Ces notions seront abordées à la séance suivante.

Les élèves classent ensuite les paramètres influents par ordre d'importance.

La seconde partie de la séance est consacrée à l'élaboration d'un protocole expérimental permettant de mesurer un de ces paramètres : l'inclinaison du panneau par rapport aux rayons lumineux.



CONCEPTIONS NAÏVES

Une idée répandue concerne la distance du Soleil à la Terre qui varierait dans de grandes proportions avec les saisons, le soleil serait plus éloigné en hiver, ce qui est faux. De façon générale l'excentricité de l'orbite terrestre n'est que de quelques pour cent tout au long de l'année.

La course du soleil est la même dans le ciel tout au long de l'année. La différence d'ensoleillement s'explique par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre (consulter la **FICHE Les paramètres influents**) et par une couverture nuageuse plus importante en hiver.

3 Identification des paramètres influents

Par binôme ou par groupe, les élèves établissent une liste de matériel, rédigent les étapes du protocole et produisent un ou plusieurs schémas. Une correction collective est menée pour que chaque élève puisse repartir avec un protocole expérimental pertinent. L'activité de la séance suivante constitue un exemple de protocole opérationnel.

● Découvertes réalisées

Les élèves prennent des notes sur les principaux acquis de la séance :

- des paramètres influencent la quantité de lumière reçue par le panneau,
- il y a les paramètres atténuants de type atmosphérique (nuages, pollution, pluie...),
- des paramètres géophysiques et géométriques jouent aussi un rôle important (inclinaison, latitude, saison). ■



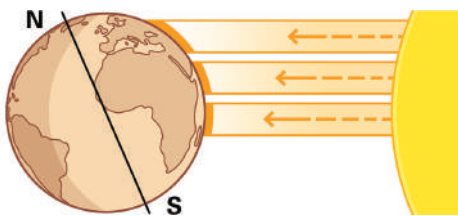
Les paramètres influents

Paramètres atténuants de type atmosphérique

L'état de l'atmosphère est un des facteurs qui va profondément influencer la quantité d'énergie lumineuse reçue par le panneau. Si le ciel est dégagé, les rayons du soleil ne rencontrent pas d'obstacles et parviennent en plus forte intensité jusqu'au panneau photovoltaïque.

Les obstacles peuvent être d'ordre météorologique (couverture nuageuse, brouillard, pluie...) ou anthropique (pollution, hauteur des bâtiments alentours...).

Paramètres géophysiques et géométriques (inclinaison, saison)

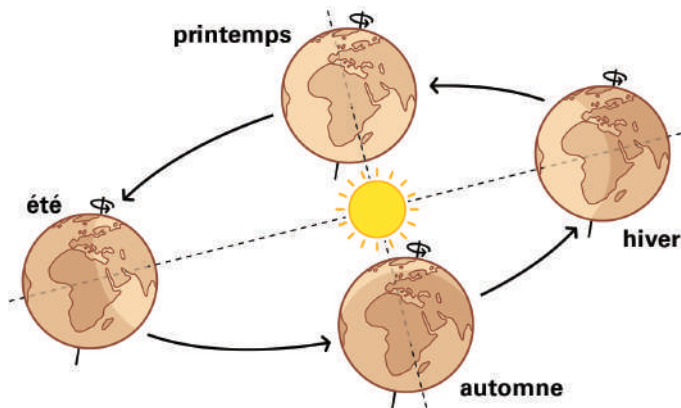


La **latitude** du lieu d'implantation des panneaux influence également la quantité d'énergie lumineuse reçue. Par exemple, plus les rayons du soleil arrivent de façon verticale sur la région (c'est à dire plus l'angle entre rayon et région est proche de 90°), plus la quantité de lumière reçue par unité de surface est grande. Ainsi, l'énergie solaire reçue à l'équateur est plus grande que celle reçue aux pôles.

Pour un même lieu, la quantité d'énergie lumineuse reçue va aussi évoluer au cours du temps :

Selon la saison

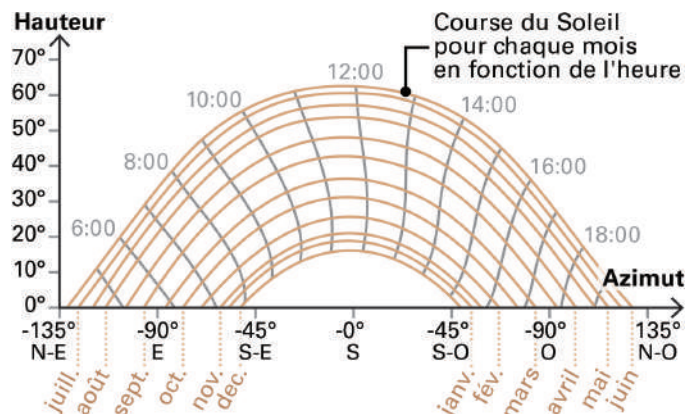
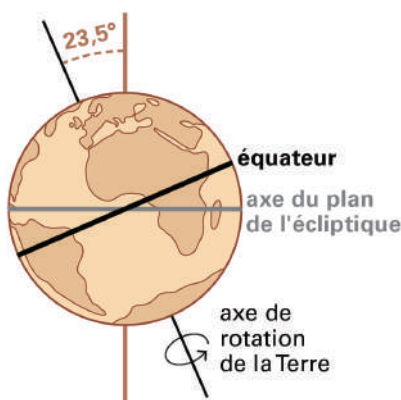
En effet, l'axe de rotation de la Terre n'est pas perpendiculaire à l'orbite terrestre mais légèrement incliné : on parle de l'**obliquité terrestre**. Ainsi, au cours d'une même année, un même point du globe ne va pas recevoir la même quantité d'énergie lumineuse : il en recevra plus en été et moins en hiver. Les saisons sont inversées selon l'hémisphère : quand c'est l'hiver dans l'hémisphère Nord, c'est l'été dans l'hémisphère Sud et inversement.



Attention : la perspective est trompeuse. L'orbite terrestre est bien une ellipse quasi-circulaire.

Selon l'heure

De même, la quantité d'énergie reçue ne sera pas la même au cours d'une même journée : un panneau photovoltaïque recevra plus de lumière à midi qu'à minuit. Cela est dû à la **rotation de la Terre** sur son axe.

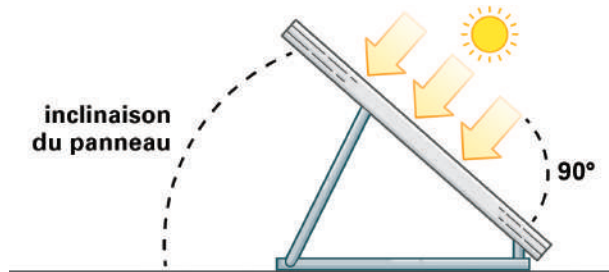


3 Identification des paramètres influents

Selon l'inclinaison du panneau

Enfin, l'inclinaison des panneaux va également jouer un rôle sur la quantité d'énergie qu'ils vont recevoir. Idéalement, pour recevoir le maximum d'énergie lumineuse, ils doivent être inclinés de manière à former un angle de 90° avec les rayons du Soleil.

L'inclinaison optimale d'un panneau va donc dépendre de la latitude à laquelle il est installé, mais aussi de son orientation par rapport au Sud.



La plupart des installations sont fixes et donc non réglables, quelle inclinaison doit-on alors donner aux panneaux ?

Pour répondre à cette question, on peut partir du constat que l'on a plus besoin d'énergie en hiver qu'en été (éclairage naturel plus faible, besoin de chauffage, etc.), il convient donc de donner une inclinaison favorable à la faible hauteur du Soleil en hiver.

Dans un souci de compromis, les installateurs ont l'habitude de déterminer l'inclinaison des panneaux avec la formule empirique suivante (pour un panneau dirigé plein Sud) :

Inclinaison optimale (en degrés) = latitude du panneau + 10°

Exemple : à Nantes, située à 47° de latitude, un panneau solaire orienté plein Sud devra être incliné à $47 + 10 = 57^\circ$

Si le panneau n'est pas dirigé plein Sud, alors on peut estimer l'influence optimale avec cette formule :

Inclinaison optimale (en degrés) = (latitude du panneau + 10°) \times (1 - orientation/180°)

Exemple : à Nantes, située à 47° de latitude, un panneau solaire orienté à 54° à l'Est devra être incliné à $(47 + 10) \times (1 - 54 / 180) = 40^\circ$

Une fois de plus, cette valeur de 10° résulte de l'expérience et répond à un besoin pragmatique des installateurs, la véritable inclinaison optimale n'est pas constante et change de jour en jour. C'est pour cette raison que certaines installations performantes utilisent des panneaux mobiles qui suivent le Soleil en permanence en modifiant régulièrement l'orientation toute la journée et l'élévation toute l'année.



Mesure des paramètres influents

Objectifs

Réaliser le protocole de mesure élaboré lors de la séance précédente.

Mettre en évidence l'influence de l'inclinaison du panneau sur la quantité d'énergie lumineuse qu'il reçoit.

Développer l'esprit critique par rapport à une mesure de grandeur : notion de confiance par rapport à une valeur et influence du paramètre humain.

Matériel

- 1 panneau photovoltaïque [1]
- 1 projecteur halogène [4]
- 1 moteur électrique + roue [5]
la roue est fixée sur le moteur
- 1 câble de connexion [6]
pour relier le moteur au panneau
- chronomètres [8]
2 pour toute la classe
- montres ou smartphones des élèves [nf]
ou tout autre moyen de mesure du temps
- FICHE Influence de l'inclinaison du panneau : résultats
1 photocopie par élève

[nf] Matériel non fourni

[0] Référence dans le catalogue du matériel

Déroulement pédagogique

1h

Immersion

L'enseignant réalise le montage expliqué sur la FICHE Comment mesurer l'influence d'un paramètre ? . Le projecteur est allumé et dirigé vers le panneau photovoltaïque. Le moteur se met alors à tourner.

Un rappel des séances précédentes peut être fait en posant la question :

Pourquoi la roue fixée sur le moteur tourne-t-elle ?

L'énergie lumineuse du projecteur est convertie en énergie électrique par le panneau photovoltaïque. Cette énergie électrique est ensuite convertie en énergie mécanique dans le moteur.

L'enseignant incline ensuite le panneau photovoltaïque. Selon l'inclinaison, la vitesse du moteur augmente ou diminue, l'enseignant questionne à nouveau la classe :

Pourquoi la vitesse du moteur a-t-elle augmenté/diminué ?

Il a reçu plus/moins d'énergie. L'inclinaison influe sur la quantité d'énergie lumineuse reçue par le panneau.

Il est également possible de passer la main devant le panneau, ou de disposer un calque entre le projecteur et le panneau pour simuler l'influence des paramètres atmosphériques (le calque ou la main simulent le passage d'un nuage par exemple).



Points de passage

INFLUENCE DE L'INCLINAISON DU PANNEAU – 1^{RE} MESURE

L'enseignant propose à la classe de mesurer l'influence de l'inclinaison du panneau sur la quantité d'électricité qu'il est capable de produire.

Si un protocole collectif a été imaginé et validé par la classe à la séance précédente, les élèves le réalisent. Il est toutefois possible de faire travailler les élèves avec le protocole proposé par l'enseignant. Dans tous les cas, il est important que les élèves comprennent bien que plusieurs paramètres peuvent influencer simultanément la capacité du panneau à produire de l'électricité (son inclinaison, sa rotation, la présence d'obstacles entre le projecteur et le panneau...). Il est donc nécessaire de maintenir constants tous les paramètres influents et de n'en faire varier qu'un seul à la fois : l'inclinaison.

Pour quantifier la quantité d'électricité produite par le panneau, les élèves n'ont à leur disposition que des chronomètres. Dans cette expérience, la vitesse à laquelle le moteur tourne permet de quantifier l'électricité produite par le panneau.

L'enseignant amène les élèves à trouver une méthode de mesure de la vitesse du moteur en posant une question déclenchante :

Comment mesurer la vitesse du moteur avec un seul chronomètre ?

Trois exemples de solutions :

- on compte le temps que le moteur prend pour faire un tour, on en déduit sa vitesse,
- on compte le temps que le moteur prend pour faire 10 tours, on en déduit sa vitesse,
- on compte le nombre de tours par unité de temps, par exemple le nombre de tours en 10 secondes.

Il est aussi possible de demander aux élèves de tester plusieurs outils de mesure (montres, smartphones...) et de comparer les résultats avec ceux des chronomètres.

Tous les élèves mesurent en même temps le même phénomène physique qui se déroule devant eux, avec la même méthode. À l'issue de la campagne de mesures, tous les résultats sont comparés et notés.

Les élèves doivent constater des écarts dans les mesures et en rechercher les origines :

- erreur due à l'appareil de mesure (chronomètre) ?
- erreur due à l'opérateur (importance du facteur humain) ?
- erreur systématique (liée aux conditions de mesure) ?

L'enseignant explique pourquoi on élimine une mesure trop différente des autres et demande aux élèves :

Comment retenir une seule valeur pour une inclinaison donnée ?

En calculant la moyenne, par exemple.

Comment illustrer la multitude des résultats obtenus ?

En pointant la plus grande et la plus petite mesure, par exemple. L'enseignant peut introduire la notion de dispersion.

CONCEPTIONS NAÏVES

Pour les élèves, la valeur numérique donnée par un appareil de mesure ou bien un résultat de calcul donné par une calculatrice est forcément juste.

Le facteur humain dans le processus de mesure est rarement pris en compte.

Les élèves pensent que celui qui mesure n'influence pas la mesure, ce qui n'est évidemment pas le cas.

CONSTRUCTION D'UNE COURBE D'INFLUENCE

L'expérience est à nouveau réalisée pour plusieurs autres inclinaisons. Pour chaque nouvelle inclinaison, les résultats sont mutualisés de la même manière que pour la première mesure.

Chaque élève trace une courbe représentant la vitesse de rotation en fonction de l'inclinaison du panneau sur la **FICHE Influence de l'inclinaison du panneau : résultats**.

Que montre la courbe ?

La vitesse diminue quand l'inclinaison du panneau augmente. On peut donc en déduire que, plus le panneau est incliné, moins il produit d'énergie électrique.

Quel changement a-t-on entre position inclinée et position droite du panneau ?

La quantité de lumière par unité de surface. La notion de densité peut aussi être introduite.

TRANSPOSITION À UN EXEMPLE CONCRET

L'expérience précédente a permis de montrer que la production d'électricité est optimale quand le panneau est perpendiculaire aux rayons lumineux.

À partir de cette constatation, l'enseignant invite les élèves à s'interroger sur les choix de l'installation des panneaux photovoltaïques :

Si nous voulions installer des panneaux photovoltaïques sur le toit du collège, quelle serait leur inclinaison optimale ?

La réponse dépend de la latitude du collège. L'enseignant communique les formules de la **FICHE Paramètres influents** (séance 3) et demande aux élèves d'effectuer le calcul.

On peut également calculer l'inclinaison optimale en d'autres lieux (à l'équateur, au pôle Nord...).

Découvertes réalisées

Les élèves prennent en note les différents acquis de la séance :

- Pour mesurer l'influence d'un paramètre, il est important de ne faire varier que celui-ci lors de l'expérience.
- Toutes les mesures ne sont pas forcément fiables, l'utilisation d'une moyenne est mieux indiquée pour tirer une conclusion.
- Plus le panneau est incliné, moins il produit d'énergie électrique.
- La production d'électricité est optimale quand le panneau est perpendiculaire aux rayons lumineux.
- L'inclinaison optimale du panneau dans la région est de... ■

POUR ALLER PLUS LOIN...

Les mêmes expériences peuvent être effectuées en faisant varier un autre paramètre que l'inclinaison du panneau.

*En mesurant l'influence de sa **rotation**, il est possible de montrer que les panneaux ne produisent pas la même quantité d'énergie à toute heure de la journée.*

*En plaçant des caches plus ou moins opaques entre le projecteur et le panneau, il est possible d'inférer l'influence de la **couverture nuageuse** sur la production d'électricité par le panneau.*

*Dans tous les cas, il est important de ne faire varier **qu'un seul paramètre à la fois**.*

GLOSSAIRE

Densité

Dispersion

4 Mesure des paramètres influents

Comment mesurer l'influence d'un paramètre ?

Montage du panneau photovoltaïque



Le panneau photovoltaïque est monté sur la paillasse centrale de la manière suivante :

- Le moteur est branché dans la fiche dédiée du panneau photovoltaïque.
- La roue est fixée sur le moteur.
- Le projecteur halogène est branché et placé en butée face au panneau.

Phase d'immersion

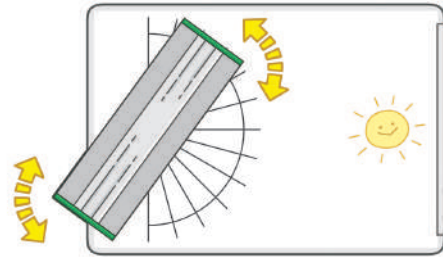
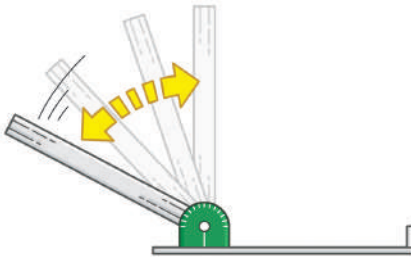
Au début de la phase d'immersion, le panneau est incliné de façon à être perpendiculaire aux rayons lumineux provenant du projecteur. Le projecteur est allumé et le moteur se met alors à tourner.

Mesure de l'influence de l'inclinaison du panneau

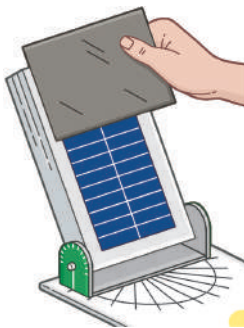
L'enseignant fait ensuite varier l'inclinaison du panneau pour que les élèves observent l'influence de ce paramètre sur la vitesse du moteur (et donc sur la quantité d'énergie électrique produite par le panneau).

Mesure de l'influence de la rotation du panneau

Dans le cas où l'enseignant voudrait faire travailler la classe sur l'influence du temps (heure de la journée), il est également possible de faire tourner le panneau pour simuler la différence de position du Soleil dans le ciel.



Mesure de l'influence des paramètres atmosphériques



Pour mesurer l'influence de la couverture nuageuse sur la production d'électricité par le panneau, l'enseignant peut imaginer un protocole visant à couvrir plus ou moins les cellules photovoltaïques. Il peut ainsi tester l'influence d'un papier calque recouvrant la totalité de la surface du panneau, et celle d'un papier cartonné ne recouvrant qu'une petite partie du panneau. Cette expérience lui permet de montrer que les cellules sont associées en série (montage série), ce qui implique qu'une seule cellule occultée impacte le rendement global du panneau.

Éclairage lumineux : quelques chiffres

- **En pleine journée :** entre 50 000 à 100 000 lux (en fonction de la journée et de la saison)
- **Lors d'une nuit de pleine lune :** 0,5 lux
- **Dans une salle bien éclairée :** 400 lux

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen} / \text{m}^2$$

GLOSSAIRE

Lumen

Lux

Influence de l'inclinaison du panneau : résultats

1. Comment mesurer la vitesse du moteur avec un seul chronomètre ?

.....

.....

2. Remplir le tableau de mesure

Inclinaison										
Vitesse du moteur										

3. Tracer la courbe d'influence de l'inclinaison du panneau sur l'énergie électrique produite



4. Que montre la courbe ?

.....

.....

.....

5. Si nous voulions installer des panneaux photovoltaïques sur le toit du collège, quelle serait leur inclinaison optimale ?

.....

.....

.....

.....

Technologie des panneaux : analyse des données du constructeur



Objectifs

Découvrir les aspects technologiques de la production d'énergie photovoltaïque.

Analyser des documents techniques issus des constructeurs.

Développer les capacités de recherche d'information dans un document et savoir faire le tri entre les informations importantes et celles qui sont secondaires.

Initier à l'apprentissage de l'anglais technique.

Matériel

● **panneau photovoltaïque** 1

● **fiches techniques** 9
1 de chaque (panneau, cellules, connecteurs) par îlot

● **1 connecteur MC4** nf
optionnel

● **FICHE** Données technologiques d'un panneau
1 photocopie par élève

nf Matériel non fourni

0 Référence dans le catalogue

Déroulement pédagogique

1h

Immersion

Le panneau photovoltaïque est posé en évidence sur la paillasse centrale.

L'enseignant interroge la classe :

Imaginons que nous soyons en train d'installer des panneaux photovoltaïques sur le toit du collège. Où pouvons-nous trouver les informations utiles pour bien les monter et les connecter entre eux ?

Les réponses sont multiples et les élèves vont très certainement citer Internet. La solution optimale est de se référer aux documents techniques fournis par les constructeurs du panneau photovoltaïque.

Les fiches techniques sont distribuées aux élèves (un exemplaire de chaque fiche par îlot).

Points de passage

La séance est découpée en deux temps : un premier pour un travail de recherche sur les caractéristiques des panneaux puis un second pour un travail plus axé sur la manière de les connecter entre eux.

CARACTÉRISTIQUES DES PANNEAUX

L'enseignant lance la première activité avec la question déclenchante :

Comment trouver les caractéristiques du panneau dans la documentation ?

La première étape est de trouver la référence du produit, qui doit se trouver sur le panneau. À partir de là, on peut commencer à chercher les caractéristiques du produit sur la fiche technique.

Les groupes doivent ensuite répondre aux deux premières questions de la **FICHE** Données technologiques d'un panneau en autonomie, mais l'enseignant peut guider certains, voire tous les groupes, en orientant le travail :

- trouver la référence du panneau dans la documentation,
- trouver les principales caractéristiques (sans forcément toutes les comprendre),
- les lister et les classer intuitivement par ordre d'importance.

Chaque groupe désigne un représentant qui vient proposer son classement au tableau. La comparaison des classements devra alimenter une discussion de classe, éclairée et complétée par l'enseignant qui apportera les informations complémentaires.

POINT D'ATTENTION

La difficulté réside dans la multitude d'informations disponibles sur la documentation du constructeur qui, de surcroît, est en anglais. Les élèves doivent tenter de trouver celles qui leur semblent les plus importantes. C'est une approche un peu intuitive qui doit être fortement guidée par l'enseignant.

La classe constate qu'il y a beaucoup de paramètres possibles pour définir le fonctionnement d'un panneau et qu'il est compliqué de les classer par ordre d'importance.

À partir des données du constructeur, l'enseignant propose aux élèves de calculer

la puissance délivrée par un panneau en fonction de sa surface. Les élèves sont alors invités à remplir le tableau concerné sur la **FICHE** Données technologiques d'un panneau (question 3), puis à tracer la courbe (question 4).

L'enseignant devra montrer qu'il existe un point de fonctionnement optimal pour lequel la puissance est maximale. Les courbes sont disponibles sur la **FICHE** Caractéristiques électriques d'un panneau photovoltaïque .

CONNEXION DES PANNEAUX

La seconde activité est lancée par une question :

Comment connecter les panneaux entre eux ?

L'idée est de trouver le moyen d'assurer la connexion électrique des panneaux entre eux avec des impératifs de tenue mécanique, d'étanchéité et de tenue dans le temps.

Quels sont les moyens de connexion de fils électriques entre eux ?

- le torsadage des fils entre eux,
- la soudure,
- le recours à un connecteur.

Le connecteur MC4 est présenté aux élèves.

Quelles grandes fonctions doit assurer le connecteur ?

- il doit assurer un contact électrique (il doit laisser passer le courant électrique sans trop de résistance),
- il doit protéger contre les intempéries,
- il doit résister aux UV,
- il doit être démontable et remontable,
- il doit assurer la résistance mécanique à la déconnexion,
- il doit répondre à des normes.

CONCEPTIONS NAÏVES

Les élèves pensent souvent que la manière de connecter les panneaux n'est pas particulièrement importante. L'agencement doit être bien pensé et les connexions faites correctement et avec des matériaux adaptés.

GLOSSAIRE

Connecteur
MC4

5 Technologie des panneaux : analyse des données du constructeur



Le connecteur MC4

Légendes :

- 1 Écrou
- 2 Joint torique
- 3 Corps du connecteur
- 4 Douille contact

Quelles sont les deux fonctions les plus importantes ?

Le contact électrique et la résistance mécanique à la déconnexion.

Quelles caractéristiques du connecteur permettent d'assurer ces fonctions ?

Le contact électrique est assuré par l'emboîtement de deux tubes métalliques légèrement élastiques. La résistance mécanique à la déconnexion est assurée par le verrouillage $\frac{1}{4}$ tour des deux coquilles du connecteur.

La suite de la **FICHE** Données technologiques d'un panneau (questions 5 et 6) est remplie par les élèves.

● Découvertes réalisées

L'enseignant peut conclure la séance en rappelant les différents acquis :

- Les informations sur les panneaux se trouvent dans la documentation technique du constructeur.
- Notions de point de fonctionnement optimal et de puissance maximale.
- Le design du connecteur MC4 lui permet d'assurer des fonctions telles que le contact électrique et la résistance mécanique à la déconnexion. ■

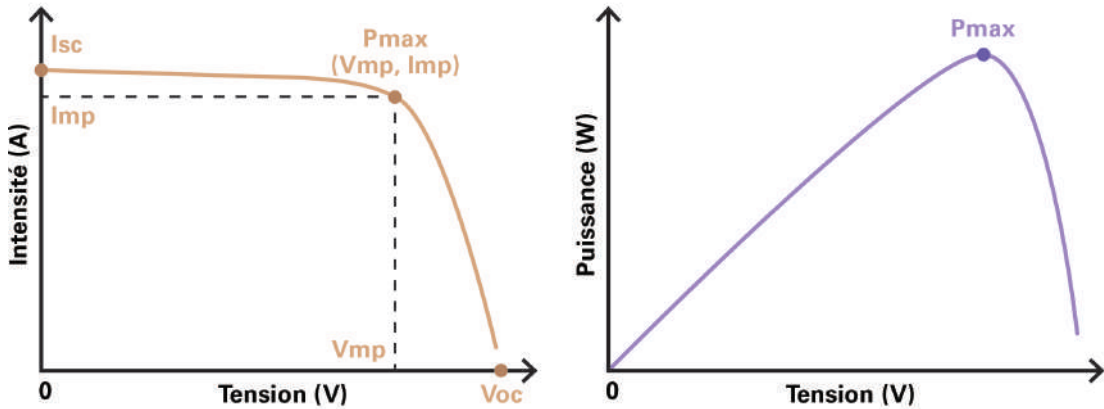
CONCEPTIONS NAÏVES

Certains élèves voient le panneau photovoltaïque comme une pile qui se rechargerait au soleil. Contrairement à une pile, il n'y a pas de stockage dans le panneau mais simplement une production d'électricité.



Caractéristiques électriques d'un panneau photovoltaïque

En traçant les courbes représentant le courant en fonction de la tension et la puissance en fonction de la tension, on peut mettre en évidence qu'il existe un point de fonctionnement optimal pour lequel la puissance du panneau est maximale.



Pmax : Puissance maximale délivrable par le panneau au courant I_{mp} et tension V_{mp}

Vmp : Tension pour laquelle la puissance délivrée est maximale

Imp : Courant pour lequel la puissance délivrée est maximale

Voc : Tension à vide du panneau (non connecté à un récepteur)

Isc : Courant de court-circuit du panneau

5 Technologie des panneaux : analyse des données du constructeur

Données technologiques d'un panneau

1. Comment sont identifiés les panneaux photovoltaïques, quelle est l'information nécessaire pour trouver les caractéristiques dans la documentation ?

.....

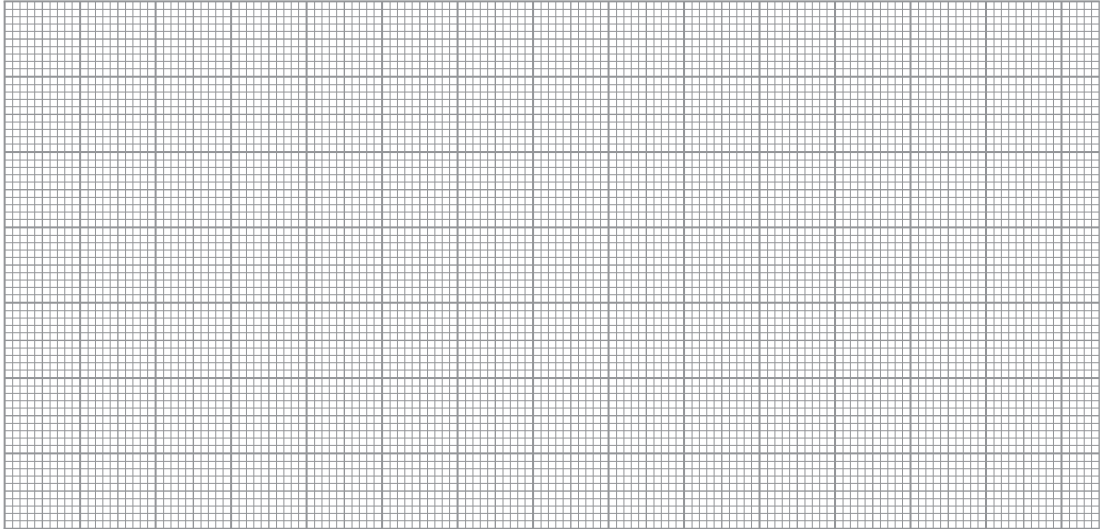
2. Dans notre cas, quelles sont les caractéristiques du panneau :

Puissance	Masse	Dimensions	Tension	Courant maximum	Température maximum

3. À partir des fiches techniques, remplir le tableau suivant :

Référence	9046128	9046121	9046125	9046134	9046137	9046131	9046140	9046143	9046147	9046156
Surface										
Puissance										

4. À partir du tableau, tracer un graphe représentant la puissance en fonction de la surface. Que peut-on en conclure ?



5. En fonction de la grosseur du fil, quel courant électrique peut-on véhiculer avec les connecteurs MC4 ?

.....

6. Deux qualités sont nécessaires pour ces connecteurs, lesquelles ?

.....

MODULE 2

STOCKER L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Présentation générale

Dans la continuité du module précédent, les élèves se questionnent sur les moyens de stocker l'énergie et de la conserver. Ils calculent des durées maximales de fonctionnement de différents appareils avec une quantité d'énergie donnée. Ils expérimentent et mesurent des temps de décharge pour découvrir les notions de rendement. Ils comprennent que l'énergie n'est pas facile à stocker et que les différents moyens de stockage ne sont pas équivalents. Ils constatent que la transformation de l'énergie occasionne des pertes.

À partir de la lecture d'étiquettes constructeur, les élèves découvrent que certains appareils fonctionnent avec des courants différents : continu ou alternatif. Les relier ensemble nécessite alors l'emploi d'un onduleur. Comprendre les étiquettes leur permet d'être capables d'utiliser les appareils dans de bonnes conditions.

Apprentissages visés

Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Concevoir, créer, réaliser

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier les flux d'énergie dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

Imaginer des solutions en réponse au besoin

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

S'approprier des outils et des méthodes

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Pratiquer des langages

Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, la structure et le comportement des objets

Adopter un comportement éthique et responsable

Analyser l'impact environnemental d'un objet et de ses constituants

2 séances

Séances du module

SÉANCE

1

Comment stocker l'énergie électrique ?



SÉANCE

2

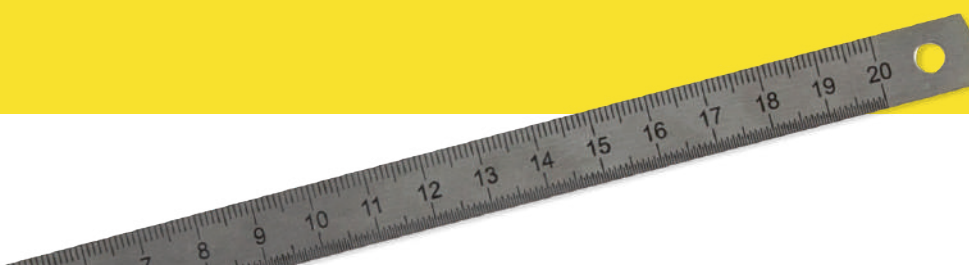
Conversion continu-alternatif : l'onduleur



Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p>• Technologie :</p> <p>Design innovation et créativité Imaginer des solutions en réponse aux besoins</p> <p>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p> <p>• Physique-Chimie :</p> <p>Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie</p>	<p>Identifier un besoin et énoncer un problème technique ; identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Imaginer, synthétiser et formaliser une procédure, un protocole</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées sorties</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Les activités expérimentales ont pour objectif de vérifier les performances d'un objet technique</p> <p>Diagrammes graphes</p> <p>Identifier les flux d'énergie sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Réflexion doit être menée entre les résultats de mesure et le contexte de leur obtention</p> <p>Mesurer des grandeurs de manières directe ou indirecte</p> <p>Instruments de mesure usuels</p> <p>Interpréter les résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Identifier les différentes formes d'énergie</p> <p>Identifier les sources, les transferts et les conversions d'énergie</p> <p>Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée</p> <p>Notion de puissance</p>





Comment stocker l'énergie électrique ?

SÉANCE

1

Objectifs

Découvrir les différents types de technologies utilisables pour stocker de l'énergie électrique.

Montrer la difficulté à conserver cette énergie sur le long terme.

Aborder la notion de rendement liée à la transformation de l'énergie électrique en une autre forme.

Matériel

- 1 panneau photovoltaïque [1]
- 1 module de stockage [2]
- 1 projecteur halogène [4]
- 1 câble de connexion [6]
- chronomètres [8]
1 par binôme
- **FICHE** Mesurer le stockage de l'énergie
1 photocopie par élève

[0] Référence dans le catalogue

Déroulement pédagogique



Immersion

L'enseignant questionne la classe :

Quels moyens connaissez-vous pour stocker de l'énergie électrique ?

Les élèves doivent pouvoir en donner deux et faire le lien avec des objets du quotidien : les piles et les batteries. Une discussion collective démarre au cours de laquelle les élèves doivent parvenir à expliquer la différence entre les deux et citer des objets du quotidien qui utilisent ces deux technologies.

Points de passage

RECHERCHE DOCUMENTAIRE

La première partie de la séance consiste en une activité de recherche documentaire en autonomie. L'organisation de cette activité est à la discrétion de l'enseignant. Elle peut être réalisée au CDI ou encore en salle informatique. Les élèves effectuent leurs recherches en binômes ou en groupes de travail plus grands. Un corpus documentaire peut avoir été établi par l'enseignant en amont et distribué à la classe ou on peut tout aussi bien laisser les élèves trouver les informations librement sur Internet.

Quelle que soit l'organisation choisie, l'objectif donné aux élèves est le suivant :

Dresser un bilan exhaustif des moyens de stocker l'énergie électrique.

Une mise en commun est réalisée à la suite de l'activité. La **FICHE** Moyens de stockage de l'énergie résume les points principaux qui doivent ressortir de ce travail.

COMPARAISON DES CAPACITÉS DE STOCKAGE

L'enseignant interroge les élèves :

Pensez-vous que tous les moyens de stockage ont la même capacité ? Une pile AAA est-elle capable de stocker autant d'énergie qu'une batterie de voiture ?

La réponse est évidente pour les élèves, mais l'activité qui suit permet de leur donner de véritables éléments de comparaison. Il s'agit de calculer la durée maximale pendant laquelle des appareils pourraient fonctionner s'ils étaient alimentés par différentes piles et batteries (tableau de la **FICHE** Mesurer le stockage de l'énergie).

GLOSSAIRE

Batterie

Pile

1 Comment stocker l'énergie électrique ?

Le calcul est simple : il suffit de diviser l'énergie stockée dans la pile/batterie (en Wh) par la puissance de l'appareil qui l'utilise (en W). Le résultat obtenu est en heures.

Exemple du téléphone portable alimenté par une pile PP3

- Énergie stockée dans la pile : 4,5 Wh
- Puissance du téléphone portable : 2 W
- Durée d'utilisation maximale = $4,5 / 2 = 2,25$ h soit 2h15.

Les élèves remplissent le tableau et comparent les différents résultats. Ces éléments de comparaison permettent aux élèves d'étudier des exemples concrets à partir d'objets du quotidien.

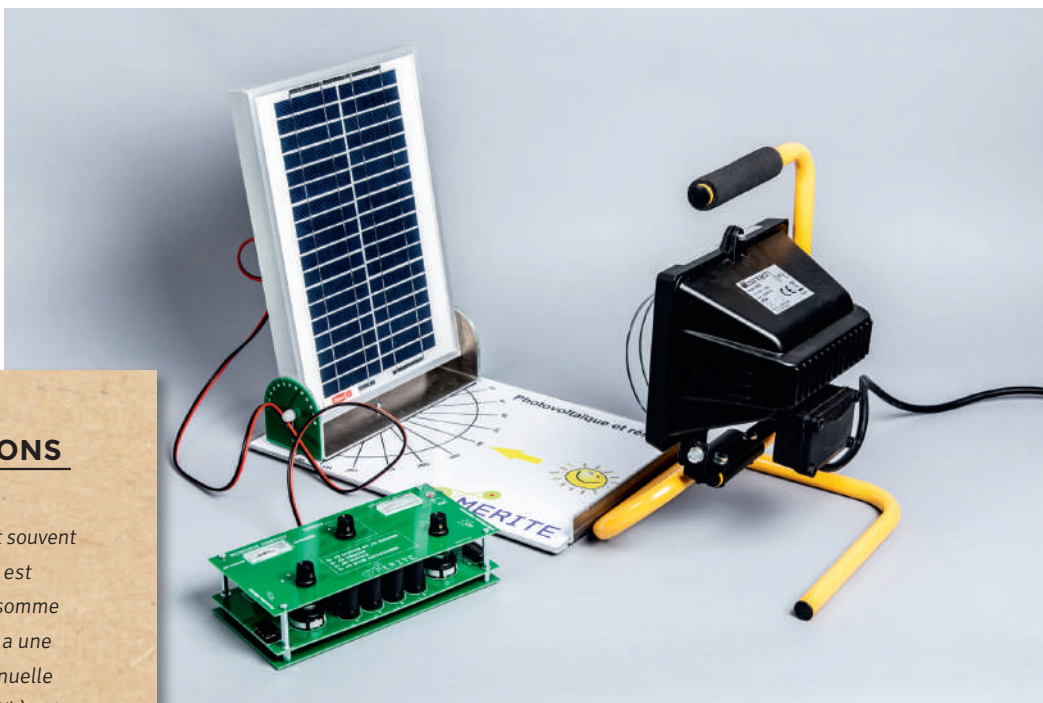
MESURE DU TEMPS DE DÉCHARGE

La dernière partie de la séance est, elle aussi, introduite par une question :

Est-ce que les moyens de stockage vus précédemment sont capables de conserver l'énergie indéfiniment ?

Là encore, les élèves savent généralement que l'énergie, même stockée, est perdue au cours du temps. L'enseignant invite les élèves à observer ce phénomène par l'expérience.

Le panneau photovoltaïque est branché sur le module de stockage. Le projecteur est allumé et tourné vers le panneau. Les élèves observent que le module de stockage se charge progressivement d'énergie.



CONCEPTIONS NAÏVES

Les élèves pensent souvent que plus un objet est gros et plus il consomme d'énergie. Un four a une consommation annuelle moyenne (1000 kWh) qui est 2,5 fois plus grande que celle d'un réfrigérateur (400 kWh). C'est bien la fonction et pas la taille de l'objet qui influence la consommation.

GLOSSAIRE

Puissance électrique

Quand le module est rempli au maximum (niveau du stock à 10 et voyant « stock plein » allumé), on fait effectuer une rotation au panneau pour simuler la nuit. Les élèves observent alors une diminution progressive de la quantité d'énergie stockée : il y a une perte.

Pour quantifier cette perte, les élèves utilisent les chronomètres pour calculer le temps pris par le module pour voir son stock d'énergie passer aux trois quarts, à la moitié, au quart, puis à zéro. À partir de ces données, ils tracent la courbe de décharge sur la **FICHE** Mesurer le stockage de l'énergie .

● Découvertes réalisées

Les élèves prennent en note les différents acquis de la séance :

- il existe plusieurs moyens de stockage de l'énergie,
- tous ces moyens n'ont pas les mêmes capacités de stockage,
- l'énergie stockée ne l'est pas indéfiniment et est perdue progressivement au cours du temps. ■

POUR ALLER PLUS LOIN...

*Il est possible d'introduire simplement le concept d'**entropie** (sans forcément utiliser ce mot).*

*Le stockage se fait par transformation de l'énergie électrique en une autre forme, avec perte énergétique à chaque transformation. Cela permet d'introduire la notion de **rendement**.*

Il est possible, à ce stade, d'introduire les notions qui seront utilisées dans la séance suivante, à savoir le format de l'énergie électrique :

- tension et courant continus pour les piles et accumulateurs,
- tension et courant alternatifs (on parle de réseau alternatif) pour les objets domestiques,
- nécessité de convertir un format dans un autre pour pouvoir connecter les panneaux sur le réseau.

CONCEPTIONS NAÏVES

« L'énergie se conserve facilement »

Les élèves pensent souvent qu'une pile va être capable de conserver indéfiniment l'énergie qui y est stockée. Mais une pile ou une batterie non utilisées pendant un certain temps perdent l'énergie stockée. Aucune solution n'a été trouvée pour pallier cela. Cela montre que la conservation de l'énergie n'est pas chose aisée.

« L'énergie se transforme sans pertes »

Les élèves peuvent s'imaginer que l'énergie se transforme avec un rendement maximal. À chaque transformation de l'énergie (passage d'une forme à une autre), il y a automatiquement une perte. Le rendement est toujours inférieur à 1. Un exemple bien connu est celui de l'ampoule à incandescence. Toute l'énergie électrique apportée à l'ampoule n'est pas convertie en énergie lumineuse : une partie de l'énergie électrique est perdue sous forme de chaleur.

GLOSSAIRE

Entropie

Rendement

1 Comment stocker l'énergie électrique ?

Moyens de stockage de l'énergie

Stockage mécanique gravitaire (utilisant la force de gravité)

L'énergie électrique à stocker alimente une pompe hydraulique qui assure le remplissage d'une réserve d'eau située en altitude par rapport au point de puisage. L'énergie est stockée sous forme de différence de potentiel entre les deux niveaux. Lors de la restitution d'énergie, l'eau s'écoule en sens inverse en faisant tourner la turbine hydraulique couplée à un alternateur pour générer l'électricité. Ces installations sont forcément implantées dans un lieu géographique offrant un relief suffisant.

Stockage par compression d'air dans un réservoir

L'énergie électrique alimente des pompes pneumatiques qui compriment de l'air dans un réservoir qui peut être artificiel ou naturel, comme une ancienne mine souterraine. Lors de la restitution, la détente du gaz comprimé alimente une turbine couplée à un alternateur.

Stockage inertiel

L'énergie électrique alimente un moteur électrique qui met en mouvement de rotation une masse inertielle importante et parfaitement équilibrée à très haute vitesse (10 000 tours/min). La masse est enfermée dans une enceinte sous vide pour limiter les frottements. L'énergie cinétique est restituée par la machine tournante réversible.

Stockage électrochimique

Ce mode de stockage est basé sur l'énergie nécessaire pour agir directement sur la matière (énergie sous forme chimique). Nous trouvons dans cette catégorie les piles et les batteries, ces dernières étant réversibles.

Dans cette catégorie, on trouve aussi les électrolyseurs (basé sur le principe de l'électrolyse) permettant de décomposer l'eau en ses constituants fondamentaux : l'hydrogène et l'oxygène. La recombinaison de ces éléments se fait dans une pile à combustible qui produit en retour un courant électrique et de l'eau.

Stockage électrostatique

Ce stockage utilise une accumulation de charges électriques dans des armatures en influence mutuelle. Les technologies utilisées sont les condensateurs électrochimiques et les super-condensateurs.



Mesurer le stockage de l'énergie

Recherche documentaire

Lister les différents moyens de stockage de l'énergie

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Comparaison des moyens de stockage

Si on pouvait alimenter les objets suivants avec des piles ou batteries, combien de temps pourrait-on les faire fonctionner ?

Données :

Puissance téléphone portable (en conversation) = 2 W

Puissance PC portable = 50 W

Puissance Cafetière = 600 W

Puissance machine à laver le linge = 3000 W

		Pile AAA	Pile AA	Pile PP3	Batterie automobile
Tension (volts)		1,5	1,5	9	12
Capacité (ah)		1,25	2,85	0,5	100
Énergie (Wh)		1,875	4,275	4,5	12000
Durée de fonctionnement	Téléphone portable				
	Ordinateur portable				
	Cafetière				
	Machine à laver				

1 Comment stocker l'énergie électrique ?

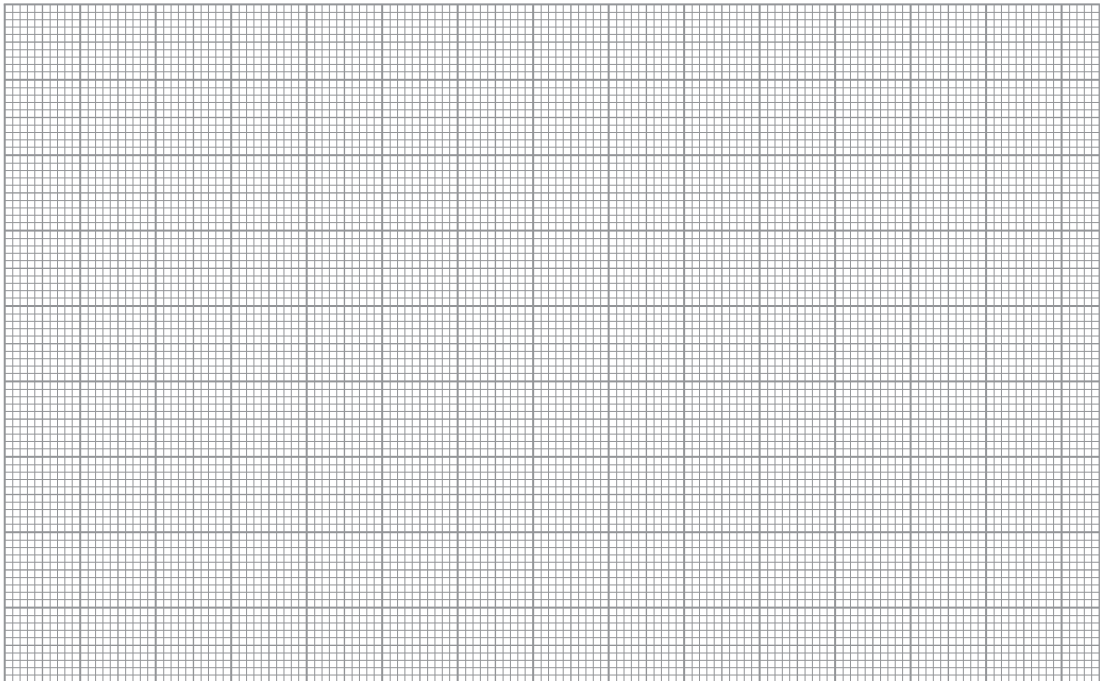
Mesure du temps de décharge

L'énergie électrique n'est pas stockée indéfiniment, elle est perdue progressivement au cours du temps. Ce phénomène peut être observé directement grâce au module de stockage.

À l'aide d'un chronomètre, mesurer le temps nécessaire pour passer du stock plein aux trois quarts, puis à la moitié, puis au quart, puis à zéro. Reporter les mesures dans le tableau :

Durée nécessaire (en secondes) pour passer à un stock de ...			
3/4	1/2	1/4	0

À l'aide du tableau, tracer la courbe de décharge :





Conversion continu-alternatif : l'onduleur

Objectifs

Approfondir les notions vues dans la séance précédente.
Découvrir les différents types de tension électrique : continue, alternative.

Déroulement pédagogique



Immersion

L'enseignant distribue la **FICHE** Étiquette constructeur aux élèves sur laquelle figure l'étiquette d'un appareil électrique (congélateur) raccordé au secteur :

Sur quoi je peux brancher mon équipement ? Que faut-il respecter ?

Les élèves doivent relever les caractéristiques du réseau :

- la tension (220 V),
- la fréquence (50 Hz),
- la puissance de l'appareil (120 W).

La signification de ces différentes grandeurs sont expliquées par l'enseignant.

Points de passage

L'enseignant introduit la suite de la séance par une question :

Et si je veux connecter mon appareil sur mon ensemble panneau et module de stockage ?

Les élèves doivent consulter les fiches techniques des panneaux photovoltaïques afin de relever les informations nécessaires.

Matériel

- **fiches techniques** 9
1 de chaque (panneau, cellules, connecteurs) par filot
- **1 convertisseur DC/AC** nf
optionnel
- **FICHE** Étiquette constructeur
1 photocopie par élève

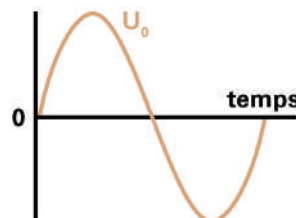
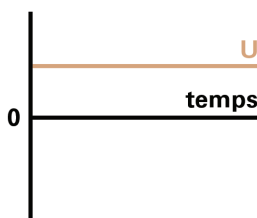
nf Matériel non fourni

0 Référence dans le catalogue

POINTS D'ATTENTION

L'énergie électrique se traduit toujours par un mouvement de charges électriques dans un conducteur, mais il existe plusieurs formats de cette énergie :

- soit ces charges se déplacent **toujours dans le même sens**, même si leur intensité varie dans le temps ; on parle de **courant continu**,
- soit elles se déplacent **dans un sens puis dans un autre** et ce, de façon périodique et répétitive, on parle de **courant alternatif**.



Il faut utiliser un dispositif qui convertisse un courant électrique continu en un courant alternatif à la bonne tension qui permet d'alimenter les objets du quotidien.

GLOSSAIRE

Convertisseur DC/AC

Courant alternatif

Courant continu

Fréquence

Onduleur

Tension

2 Conversion continu-alternatif : l'onduleur

Le point important à diffuser est la nécessité d'utiliser un onduleur (on parle aussi de convertisseur DC/AC) pour raccorder l'appareil aux panneaux. En effet, les panneaux photovoltaïques génèrent un courant continu alors que l'appareil fonctionne en courant alternatif. L'onduleur permet donc de convertir la tension à la sortie du panneau pour qu'elle soit compatible avec le fonctionnement de l'appareil.

Les avantages d'un courant alternatif doivent être mis en évidence (transformation en haute tension, transport sans trop de pertes), sans oublier de mentionner son inconvénient majeur (l'énergie ne peut pas être stockée indéfiniment).

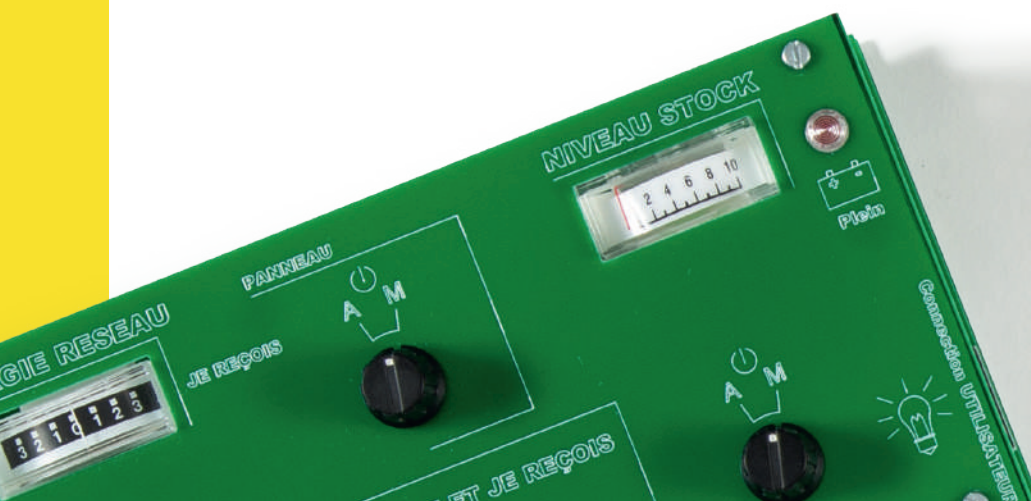
POUR ALLER PLUS LOIN...

*Cette séance peut être aussi l'occasion d'analyser les étiquettes-énergie d'appareils et de décrypter les informations y figurant. Les informations principales à diffuser sont résumées sur la **FICHE** Étiquette-énergie. Dans une optique d'éducation au développement durable, l'enseignant pourra particulièrement insister sur la notion de classe énergétique de l'appareil.*

● Découvertes réalisées

Les élèves prennent en note les différents acquis de la séance :

- le courant produit par le panneau est sous format continu et est ensuite stocké,
- ce courant est ensuite exploité sous format alternatif,
- nécessité d'utiliser un onduleur,
- le cas échéant : notion de classe énergétique. ■



Étiquette-énergie

L'étiquette énergie est une fiche présentant plusieurs caractéristiques d'un appareil électrique.

Elle est rédigée à l'attention du consommateur pour l'informer sur différents points qui pourraient l'aider à faire son choix entre plusieurs modèles :

- consommation annuelle d'énergie,
- bruit,
- performances...

Cette séance peut être l'occasion d'analyser des étiquettes énergétiques d'équipements et de décrypter les informations y figurant. Un focus peut être aussi fait sur le classement énergétique de l'équipement et la notion de classe énergétique.

The diagram shows a standard European energy label with the following components and annotations:





- Top section:** Contains the EU flag, the word "ENERG" in large letters, and smaller text in multiple languages (Y, UA, IE, IA). Below this are two columns labeled "I" and "II".
 - Annotation: *Référence de l'appareil : modèle et fabricant*
- Energy class scale:** A vertical scale of colored bars representing energy classes from A+++ (green) at the top to D (red) at the bottom. A black arrow points to the A+ class.
 - Annotation: **Classe énergétique :** une lettre et une couleur associée. Plus l'appareil est proche de A⁺⁺⁺, plus il est économe ; plus il est proche de D, plus il consomme de l'énergie.
 - Annotation: *NB : les appareils de froid sont notés jusqu'à G.*
- Annual energy consumption:** A box containing the text "XYZ kWh/annum" and the word "ENERGIA" in multiple languages.
 - Annotation: *Consommation annuelle d'énergie en kilowatt-heure*
- Information pictograms:** Four boxes at the bottom containing icons for water consumption (WXYZ L/annum), energy efficiency (ABCDEFGH), dishwasher efficiency (XYZ), and noise level (YZ dB).
 - Annotation: *Pictogrammes d'information (caractéristiques et performances de l'appareil)*
- Bottom left:** The number "2010/1059" is printed.

MODULE 2 STOCKER L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

2 Conversion continu-alternatif : l'onduleur

Étiquette constructeur

1. Sur cette étiquette, retrouver le modèle, le numéro de série et le code produit de l'appareil

FREEZER CONGÉLATEUR		MERITE 		
TN	0120	CLASS		
TYPE		CLASSE	N N° 972912887	
MODÈLE	CVP200			
GROSS CAPACITY VOLUME BRUT TOTAL 1 210		NET CAPACITY VOLUME UTILE 1 176		
R134a kg 0,095		NOMINAL VOLTAGE TENSION NOMINALE 220-240 V ~ 50 Hz		
	120 W	0,9 A		/ W / A
COD. 50127IUT5		16	MADE IN FRANCE FABRIQUÉ EN FRANCE	

2. Que signifient les termes :

220 V :

.....

.....

50 Hz :

.....

.....

120 W :

.....

.....

MODULE 3

PARTAGER L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Présentation générale

Les élèves s'intéressent à la question de la disponibilité de l'énergie à toute heure. En expérimentant, ils constatent que l'utilisation d'un panneau photovoltaïque n'est pas synonyme d'autonomie. En effet, même si l'énergie peut se stocker, les limites de ce stockage obligent à penser de nouvelles solutions comme la mise en réseau pour partager l'énergie entre producteurs. Grâce à des simulations avec du matériel adapté spécialement conçu à cet effet, ils s'exercent à distribuer l'énergie selon les besoins et sont alors à même de comprendre que cela nécessite une gestion assez pointue. Ils découvrent ainsi la notion de réseau intelligent ou *smart grid*.

Apprentissages visés

Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Concevoir, créer, réaliser

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier les flux d'énergie dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

Imaginer des solutions en réponse au besoin

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

S'approprier des outils et des méthodes

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Pratiquer des langages

Décrire, en utilisant les outils et langages de description adaptés, la structure et le comportement des objets

Adopter un comportement éthique et responsable

Analyser l'impact environnemental d'un objet et de ses constituants

2 séances

Séances du module

SÉANCE

1

L'autonomie énergétique : les limites



SÉANCE

2

La mise en réseau de l'énergie



Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p>• Technologie :</p> <p>Design innovation et créativité Imaginer des solutions en réponse aux besoins</p> <p>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p> <p>Les objets techniques, les services et les changements induits par la société Comparer et commenter les évolutions des objets et systèmes</p>	<p>Identifier un besoin et énoncer un problème technique ; identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Imaginer, synthétiser et formaliser une procédure, un protocole</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées sorties</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Les activités expérimentales ont pour objectif de vérifier les performances d'un objet technique</p> <p>Diagrammes graphes</p> <p>Identifier les flux d'énergie sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Réflexion doit être menée entre les résultats de mesure et le contexte de leur obtention</p> <p>Mesurer des grandeurs de manières directe ou indirecte</p> <p>Instruments de mesure usuels</p> <p>Interpréter les résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques</p>





L'autonomie énergétique : les limites

SÉANCE

1

Objectifs

Observer que le stockage d'énergie électrique a ses limites.
 Découvrir que l'autonomie énergétique n'est pas globalement réaliste.
 Montrer la nécessité de partager l'énergie.

Matériel

Pour chaque moitié de classe :

- 1 panneau photovoltaïque 1
 - 1 module de stockage d'énergie 2
 - 1 projecteur halogène 4
 - 1 câble de connexion 6
pour relier le module de stockage au panneau
 - 1 ampoule à incandescence 7
 - **chronomètres** 8
1 par binôme
 - **FICHE** Observation du panneau photovoltaïque
1 photocopie par élève
- 0 Référence dans le catalogue du matériel

Déroulement pédagogique



Immersion

La classe est divisée en deux groupes. Chaque groupe va travailler avec un module de stockage d'énergie et un panneau.

La séance débute par un rappel :

Que représentent les différentes orientations que peut prendre le panneau photovoltaïque ?

Le premier axe (inclinaison) correspond à l'inclinaison optimale du panneau en fonction du lieu alors que le second (rotation) correspond à l'angle horaire et simule la course du soleil tout au long de la journée. Pour rappel, ces informations sont disponibles sur la **FICHE** Comment mesurer l'influence d'un paramètre ? (module 1, séance 4).

De combien de degrés doit-on incliner le panneau pour qu'il puisse atteindre une production optimale d'électricité dans notre région ?

Cette réponse dépend de la latitude à laquelle se situe le collège (voir **FICHE** Les paramètres influents, module 1, séance 3).
 Par exemple, pour des panneaux installés plein Sud, à Nantes, l'angle optimal est de 57°.

Points de passage

RAPPELS SUR LES PARAMÈTRES INFLUENTS

La lampe à incandescence est directement raccordée au panneau.
 Le projecteur est allumé et dirigé vers le panneau.

1 L'autonomie énergétique : les limites

L'enseignant donne la consigne suivante :

Faites varier la position du panneau (rotation ou inclinaison, une seule à la fois), qu'observez-vous au niveau de la lampe à incandescence ?

L'éclat de la lampe varie selon la position : plus le panneau reçoit de lumière du projecteur et plus la lampe brille fortement. L'enseignant en profite pour rappeler les paramètres qui influent sur la production d'énergie par le panneau.

L'AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE EST-ELLE POSSIBLE ?

La lampe à incandescence est maintenant raccordée au module de stockage, lui-même raccordé au panneau photovoltaïque.



Le fonctionnement du module de stockage est expliqué en classe entière à l'aide de la **FICHE** Module de stockage . À titre indicatif, son schéma électrique est donné dans la **FICHE** Schéma électrique du module de stockage .

CONCEPTIONS NAÏVES

Les élèves associent très souvent panneau solaire et autonomie énergétique. Ils s'imaginent qu'une maison équipée de panneaux photovoltaïque est autonome 24h/24 et ne dépend plus du tout du réseau. Or, la quantité d'électricité produite est limitée. De plus, un panneau ne produit pas d'électricité la nuit et en produit moins quand les conditions météo sont moins favorables. On peut être autonome, mais sur un temps limité.

POINTS D'ATTENTION

L'enseignant attirera l'attention des élèves sur les différents boutons et leurs fonctions.

Bouton « Panneau » :

- positionné sur **M** : permet de recevoir l'énergie produite par le panneau,
- positionné sur **A** : coupe l'apport d'énergie venant du panneau.

Bouton « Connexion Utilisateur » :

- positionné sur **M** : permet de faire passer l'énergie vers la lampe, ou tout autre récepteur (moteur par exemple),
- positionné sur **A** : coupe l'apport d'énergie à la lampe.

Les élèves inclinent le panneau photovoltaïque à l'angle optimal pour la région. Cette inclinaison devra rester la même tout au long de l'expérience. La rotation du panneau est telle que ce dernier fait face directement au projecteur (ce qui correspond aux conditions obtenues à l'heure de midi soit un angle de 0°). Le projecteur est éteint en début d'expérience.

La consigne est la suivante :

Dès que vous aurez allumé le projecteur, à l'aide des chronomètres, mesurez le temps pris par le panneau pour charger complètement le module de stockage. Puis coupez la connexion au panneau et mesurez le temps mis par la lampe à incandescence pour décharger intégralement le module de stockage.

Les deux mesures sont consignées dans la colonne « Midi » du tableau de la **FICHE** Observation du panneau photovoltaïque.

L'expérience est répétée dans les conditions simulant d'autres heures de la journée (soleil levant, milieu de matinée, milieu d'après-midi, soleil couchant, nuit). En comparant les résultats, les élèves s'aperçoivent que, plus on s'éloigne de l'heure du midi, plus le temps de charge est long. Le temps de décharge dans l'ampoule, lui, est toujours le même.

L'enseignant pose alors la question :

Peut-on réellement être autonome énergétiquement avec des panneaux photovoltaïques ?

Les élèves doivent, à ce stade, avoir compris que le niveau d'énergie stockée n'est pas suffisant pour assurer la période nocturne (voire diurne) de consommation. Certains élèves peuvent se demander si l'énergie stockée au cours de la journée ne peut pas être conservée pour une utilisation différée. Les limites du stockage sont testées dans la suite de la séance.

PEUT-ON STOCKER INDÉFINIMENT L'ÉNERGIE PRODUITE AU COURS DE LA JOURNÉE ?

Dans un second temps, les élèves débranchent la lampe à incandescence (seul le module de stockage est connecté au panneau).

Ils chargent le module avec le panneau éclairé jusqu'à ce que le voyant « Stock plein » s'allume, puis ils coupent le panneau (à l'aide du bouton « Panneau ») ou ils le débranchent :

Que constatent-ils ?

Même sans consommation par la lampe, les élèves constatent que le niveau du stock d'énergie diminue naturellement : il est impossible de conserver l'énergie électrique indéfiniment. L'enseignant peut utiliser des analogies pour expliquer cette notion (par exemple : l'eau d'une flaque ne peut pas être stockée indéfiniment à cause du phénomène d'évaporation).

● Découvertes réalisées

La séance est conclue par une discussion de classe autour de la question :

Peut-on réellement être autonome énergétiquement ?

La séance suivante est introduite :

Puisque l'autonomie totale n'est pas possible, quelles sont les solutions pour avoir une source disponible d'énergie en permanence ?

La disponibilité de l'énergie passe par un partage et un moyen de transfert de l'énergie électrique entre points de production et de consommation. ■

POINT D'ATTENTION

Le panneau est orientable dans les 2 axes et permet de le régler à la latitude du lieu et simuler, par rotation sur l'axe horaire, la course apparente du Soleil.

Le projecteur doit être fixe pour ne pas induire de faux raisonnement : c'est bien la Terre qui tourne et le Soleil est fixe !

GLOSSAIRE

Cycle
jour/nuit

1 L'autonomie énergétique : les limites

Module de stockage



Légendes :

- | | | | | | |
|---|------------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
| 1 | Connecteur réseau | 4 | Connecteur panneau | 7 | Voyant de stock plein |
| 2 | Modes de connexion au réseau | 5 | Modes de connexion panneau | 8 | Marche / arrêt utilisation |
| 3 | Sens des échanges sur réseau | 6 | Niveau du stock d'énergie | 9 | Connecteur utilisation |

Les modules de stockage de la mallette assurent deux fonctions :

- une fonction de stockage de l'énergie, l'énergie électrique est stockée sous forme électrostatique dans une batterie de condensateurs. Un galvanomètre indique la tension disponible aux bornes des condensateurs et donne donc une image de l'énergie stockée (pour mémoire, l'énergie stockée dans un condensateur croît avec le carré de la tension). Par ailleurs une LED s'allume lorsque le stock est plein, c'est-à-dire lorsque la tension aux bornes des condensateurs atteint sa valeur nominale.
- une fonction de connexion au réseau qui permet de fixer l'échange que l'on souhaite faire sur le réseau (le fonctionnement sera explicité dans la séance suivante).

Le module dispose de trois connecteurs :

- un pour le panneau
- un pour l'utilisation
- un pour le réseau.

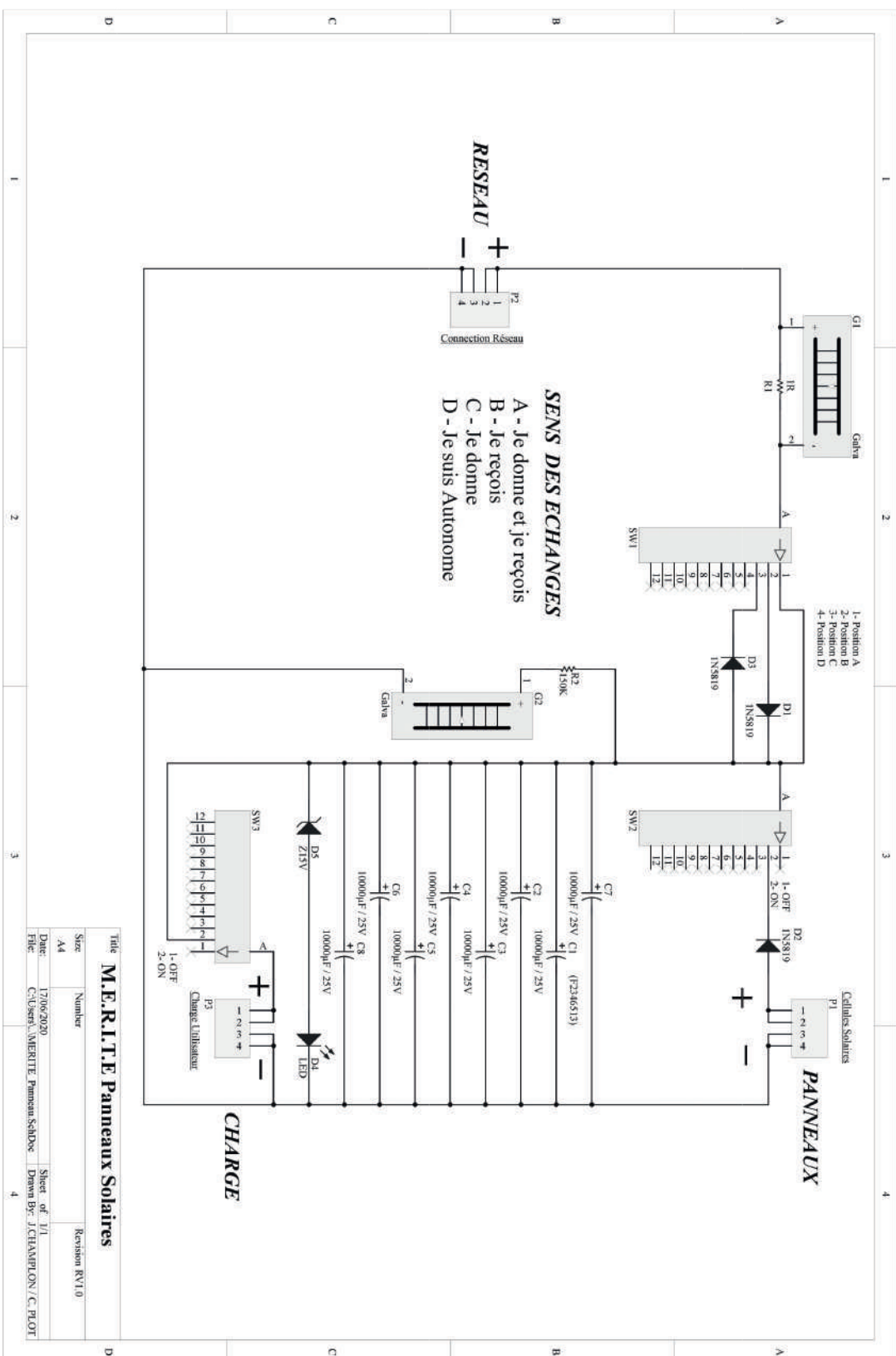
Deux interrupteurs permettent de connecter ou déconnecter la charge et l'ampoule. Dans cette séance, le commutateur de connexion au réseau sera toujours placé sur « Je suis autonome » (D).

GLOSSAIRE

Galvanomètre

Stockage électrostatique

Schéma électrique du module de stockage



1 L'autonomie énergétique : les limites

Observation du panneau photovoltaïque

1. Le panneau est réglable dans deux directions, dans la réalité à quoi cela correspond-il ?



2. Si on devait installer le panneau sur le toit du collègue, à quelle élévation faudrait-il le régler ?

Incliner le panneau à l'élévation optimale (calcul de la question 2). Cette inclinaison devra rester la même tout au long de l'expérience. Faire pivoter le panneau de telle façon que ce dernier fait face directement au projecteur (ce qui correspond aux conditions obtenues à l'heure de midi soit un angle de 0° Sud). Connecter la lampe à incandescence directement sur le panneau.

3. Dès que le projecteur est allumé, à l'aide des chronomètres, mesurer le temps pris par le panneau pour charger complètement le module de stockage. Puis couper la connexion au panneau et mesurer le temps mis par la lampe à incandescence pour décharger intégralement le module de stockage.

Répéter l'expérience dans les conditions simulant d'autres heures de la journée (soleil levant, milieu de matinée, milieu d'après-midi, soleil couchant, nuit) et remplir le tableau.

	Soleil levant (15° Est)	Milieu de matinée (45° Est)	Midi (0° Sud)	Milieu d'après-midi (45° Ouest)	Soleil couchant (15° Ouest)	Nuit (0° Ouest)
Temps de charge (s)						
Temps de décharge (s)						

4. Peut-on réellement être autonome énergétiquement ? Quelles sont les solutions pour avoir une source disponible d'énergie en permanence ?



La mise en réseau de l'énergie

SÉANCE

2

Objectifs

Montrer la nécessité de partager l'énergie.

Introduire les notions de réseau énergétique, réseau intelligent, gestionnaire de réseau et cellule locale énergétique (à l'échelle d'un quartier).

Montrer que l'énergie est un bien qui s'échange et se vend à défaut de se stocker correctement.

Matériel

Pour la classe :

- 1 module gestionnaire de réseau [3]

Pour chaque moitié de classe :

- 1 panneau photovoltaïque [1]
- 1 module de stockage d'énergie [2]
- 1 projecteur halogène [4]

- 1 moteur électrique + roue [5]
représentant un appareil ménager consommant de l'énergie

- câbles de connexion [6]
pour relier les différents composants entre eux

[0] Référence dans le catalogue du matériel

Déroulement pédagogique



Immersion

La séance est lancée en partant du constat dressé lors de la séance précédente :

Puisque l'autonomie totale n'est pas possible, quelles sont les solutions pour avoir une source disponible d'énergie en permanence avec des panneaux ?

Il faut la partager.

Pour amener les élèves à comprendre la nécessité de partager l'énergie, un jeu de rôles est mis en place. Chaque module de stockage représente un citoyen énergétique (ou un foyer). Chaque moitié de classe installe son îlot de travail : un panneau photovoltaïque éclairé par un projecteur halogène, un module de stockage connecté au panneau et un moteur raccordé au module de stockage. Le moteur représente, dans le jeu de rôles, un appareil ménager de type ventilateur. Les deux îlots doivent charger les modules de stockage, mais seul l'un des deux fait tourner le moteur. Tant qu'on est en pleine journée, le moteur tourne sans problème.

L'enseignant annonce :

C'est la nuit, vous devez donc faire pivoter le panneau pour représenter ces conditions. Que se passe-t-il pour l'îlot qui fait fonctionner son ventilateur ?

Le stock d'énergie chute rapidement jusqu'à l'arrêt du moteur.

L'îlot a toujours besoin de faire fonctionner son ventilateur. Comment peut-il faire ?

Les élèves devraient alors suggérer le partage d'énergie entre l'îlot qui a un stock élevé et celui qui n'a plus de stock.

CITOYEN ÉNERGÉTIQUE

Ce terme désigne un citoyen appartenant à une communauté qui s'inscrit dans la transition énergétique. Au cours de cette activité, l'élève est un acteur : producteur et distributeur d'électricité.

2 La mise en réseau de l'énergie

Chaque citoyen énergétique possède, à un instant donné, un stock d'énergie dont il n'a pas besoin. Ce stock se conserve, mais pas indéfiniment (comme vu aux séances précédentes). De la même façon, d'autres citoyens énergétiques ont de plus gros besoins à ce même instant, mais pas un stock suffisant d'énergie pour les satisfaire.

L'enseignant interroge la classe :

Comment partager l'énergie entre deux citoyens énergétiques ?

Il faut raccorder les deux modules de stockage.

POINT D'ATTENTION

Le branchement des deux modules de stockage entre eux se fait au niveau du port « **Connexion réseau** », situé sur la partie gauche du module.

Points de passage

PARTAGER DIRECTEMENT L'ÉNERGIE

Les élèves raccordent les modules de stockage directement entre eux à l'aide d'un câble. Ils ont ensuite pour consigne d'expérimenter avec le matériel.

En actionnant les trois boutons, ils peuvent redécouvrir les fonctions des boutons déjà expérimentés et déduire les fonctions des nouveaux.

MODULE DE STOCKAGE : fonctions des boutons

Bouton « Panneau » :

- positionné sur **M** : permet de recevoir l'énergie produite par le panneau,
- positionné sur **A** : coupe l'apport d'énergie venant du panneau.

Bouton « Connexion Utilisateur » :

- positionné sur **M** : permet de faire passer l'énergie vers la lampe, ou tout autre récepteur (moteur par exemple),
- positionné sur **A** : coupe l'apport d'énergie à la lampe.

Bouton « Connexion Réseau » :

- positionné sur **A** : permet de recevoir ou donner de l'énergie à un autre module de stockage,
- positionné sur **B** : permet de recevoir uniquement l'énergie d'un autre module de stockage,
- positionné sur **C** : permet de donner uniquement de l'énergie à un autre module de stockage,
- positionné sur **D** : coupe tout échange d'énergie avec d'autres modules de stockage.

L'enseignant trouvera plus d'informations sur le fonctionnement du module réseau dans la **FICHE** Les modules en réseau . À titre indicatif, son schéma électrique est donné dans la **FICHE** Schéma électrique du module de gestionnaire réseau .

Pour permettre à l'îlot dans le besoin de faire fonctionner son appareil, les élèves doivent adopter une stratégie de connexion au réseau en décidant du mode de connexion vers l'extérieur :

- Je donne et je reçois (A),
- Je reçois (B),
- Je donne (C),
- Je suis autonome (D).

En fonction de leur besoin énergétique et de leur mode de connexion, ils observent le flux d'énergie et son sens en regardant le galvanomètre « Énergie Réseau ».

GLOSSAIRE

Réseau

Les élèves doivent se mettre d'accord et communiquer entre eux pour élaborer une stratégie d'échange de l'énergie :

Qui produit ? Qui consomme ? Jusqu'à quand ? Qui décide d'arrêter de donner de l'énergie ?

Il doit se mettre en place un jeu de rôles : un élève surveille le stock, un autre gère la consommation locale, un autre la connexion réseau... Il est intéressant de faire tester plusieurs scénarios pour que les élèves aient le temps de s'approprier le matériel et son mode de fonctionnement : inverser l'îlot dans le besoin et celui avec de l'énergie en excès, demander aux deux îlots de faire tourner leur moteur en même temps...

Bilan : On constate que la gestion du partage d'énergie entre deux modules de stockage n'est pas une tâche facile.

GÉRER LE RÉSEAU DE FAÇON OPTIMALE

L'enseignant amorce l'activité suivante en questionnant la classe :

Les foyers ne sont pas forcément voisins, mais peuvent être éloignés les uns des autres. Comment faire pour gérer efficacement le réseau dans ce cas ?

Il faut un « quelque chose » qui contrôle les flux d'énergie et assure un approvisionnement constant surtout quand on ne peut pas produire localement (la nuit par exemple). Il faut donc mettre en place un gestionnaire de réseau.

Les élèves retirent les câbles qui reliaient leurs deux modules de stockage et raccordent ces derniers via le module réseau. L'enseignant les fait expérimenter en s'inspirant de l'expérience précédente.

Une fois le principe compris par la classe, l'enseignant interroge une nouvelle fois les élèves :

Il faut s'imaginer qu'en réalité, ce partage s'effectue entre plusieurs foyers différents et distants, ce qui nécessite de multiples connexions. Comment faire pour gérer cela ?

Il faut mettre en place un gestionnaire réseau qui permet de partager intelligemment l'énergie de manière optimale entre les producteurs et consommateurs. C'est le moment d'introduire le concept de réseau électrique intelligent (ou *smart grid*).

● Découvertes réalisées

Les élèves prennent en note les différents acquis de la séance :

- Pour disposer d'énergie en permanence, il est nécessaire de la partager au sein d'un réseau de producteurs d'énergie.
- Pour cela, il faut mettre en place un gestionnaire de réseau.
- Ce gestionnaire de réseau peut être automatisé et « intelligent » : exemple du *smart grid*. ■

POUR ALLER PLUS LOIN...

Dans le cas où l'enseignant a pu emprunter deux mallettes « Électricité : la produire, la partager », il est possible de réaliser ces expériences avec 4 modules de stockage et ainsi de démontrer aux élèves toute la nécessité de faire appel à un gestionnaire de réseau pour gérer le partage de l'énergie entre autant de modules.

GLOSSAIRE

Smart grid

CONCEPTIONS NAÏVES

Les élèves pensent souvent que l'énergie n'est pas un bien comme un autre, qu'il ne se vend pas et qu'il ne s'échange pas. L'énergie est un produit qui se vend (ce que fait EDF pour les particuliers), et peut parfaitement s'échanger entre producteurs (des pays vendent de l'électricité à d'autres pays).

2 La mise en réseau de l'énergie

Les modules en réseau

Il est possible de régler les modules de stockage sur 4 modes différents :



A - Je donne et je reçois

Dans ce cas les échanges peuvent se faire dans les deux sens en fonction du niveau de stock, c'est le partage inconditionnel. Un galvanomètre (*Énergie réseau*, en haut à gauche) indique le sens de l'échange à tout moment et son intensité.

B - Je reçois

Lorsque la tension du stock est inférieure à la tension du réseau, l'énergie est transférée du réseau vers le module, mais ce dernier n'en donne jamais.

C - Je donne

Dans ce cas lorsque la tension présente sur le réseau est inférieure à la tension du stock, le module donne de l'énergie mais n'en reçoit jamais.

D - Je suis autonome

Dans ce cas, le module est déconnecté du réseau.

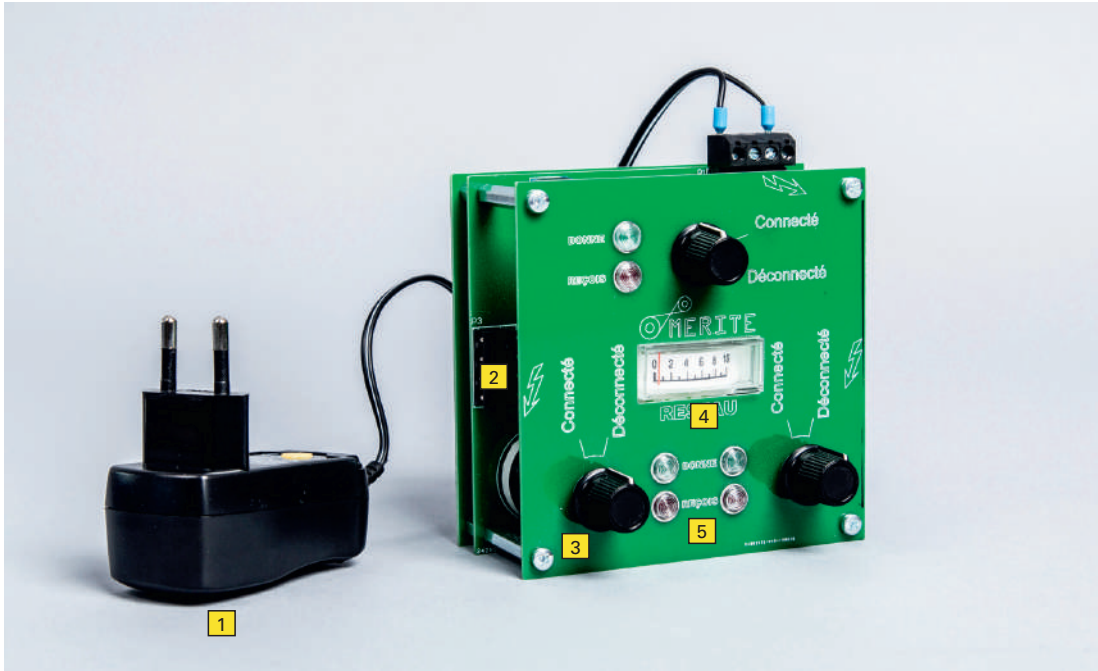
Connexion point à point

La liaison entre deux modules est effectuée simplement avec une liaison bifilaire qui met en parallèle les deux unités de stockage. Au bout d'un certain temps, les tensions s'équilibrent et les indicateurs de niveau de stock indiquent la même valeur.

Les deux galvanomètres « Réseau » permettent de visualiser les échanges.

Connexion multipoints

Dans cette configuration, les échanges sont contrôlés par un module de jonction (le module de gestionnaire réseau) sur lequel sont connectés les deux (ou plus si l'enseignant a pu emprunter deux mallettes) modules autonomes. Les connexions sont autorisées ou non par des interrupteurs qui raccordent en tout ou rien les modules autonomes au réseau.

Le module de gestionnaire réseau :**Légendes :**

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 Bloc secteur à tension réglable simulant la connexion au réseau | 4 Galvanomètre indiquant la tension moyenne du réseau |
| 2 Connecteur vers un module de stockage | 5 Voyants renseignant sur le sens de l'échange |
| 3 Bouton de connexion / déconnexion au module de stockage | |

Deux DEL (verte et rouge) permettent de visualiser les échanges, l'intensité lumineuse donnant une indication de la quantité d'énergie transférée :

- rouge : le poste consomme de l'énergie,
- vert : le poste distribue de l'énergie.

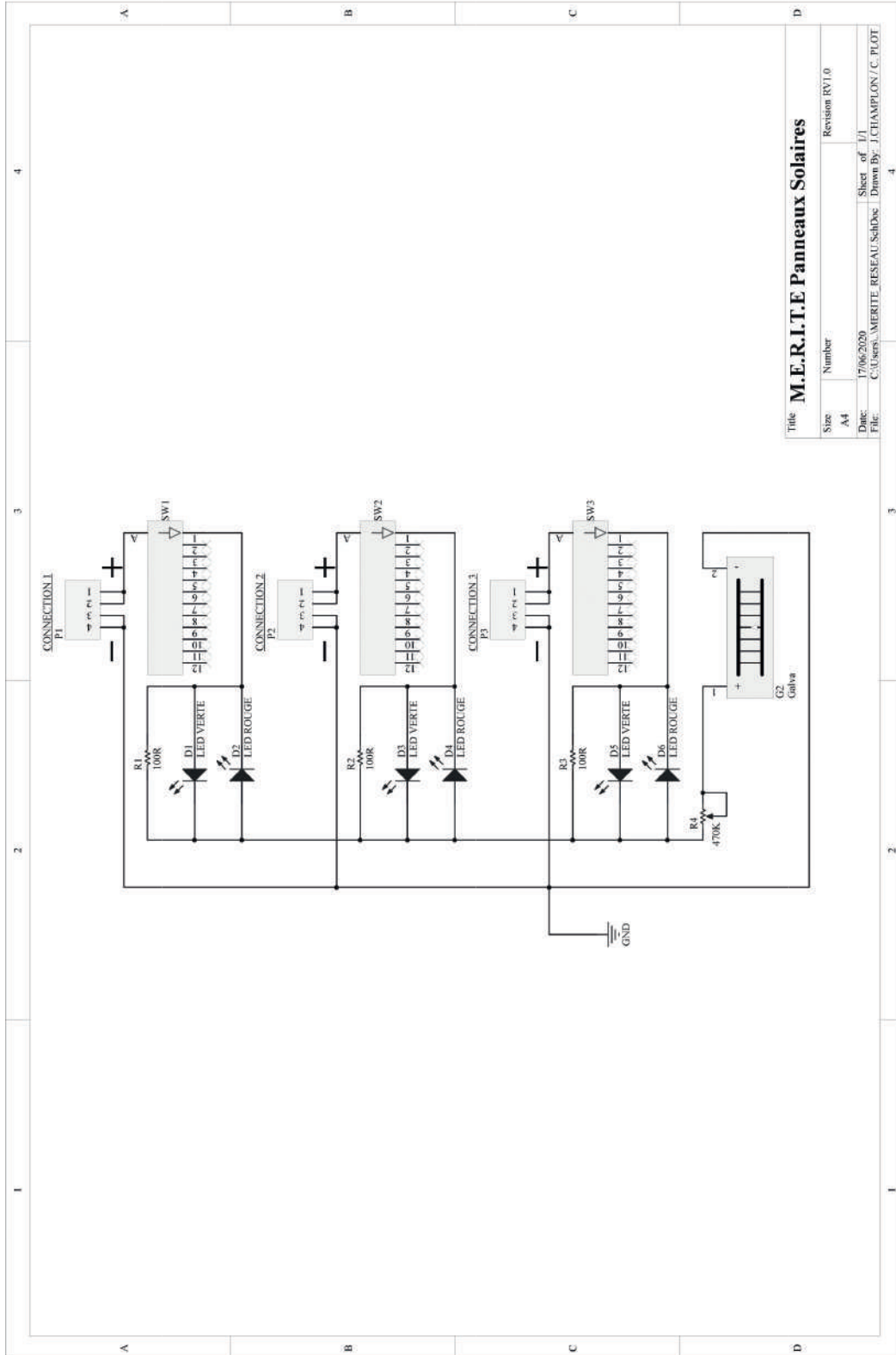
Un galvanomètre indique la tension moyenne du réseau.

Dans un fonctionnement *smart grid*, la gestion du nœud de réseau ne connecte et ne déconnecte pas les postes de façon tout ou rien mais assure une limitation de la consommation maximale de chaque poste pour préserver la disponibilité globale du réseau et son intégrité.

Un jeu de rôles peut être mis en place avec un groupe d'élèves supplémentaire chargé de gérer le nœud du réseau.

2 La mise en réseau de l'énergie

Schéma électrique du module de gestionnaire réseau



MODULE 4

LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES : UN SIÈCLE D'INNOVATION

Présentation générale

Dans ce dernier module, les élèves découvrent comment fonctionne un panneau photovoltaïque. Ils effectuent des recherches et apprennent que cette innovation s'est développée en plusieurs étapes. Ils entrent dans la logique de la recherche scientifique faite d'essais-erreurs, de ruptures et de sauts, de découvertes et d'innovations. Des verrous technologiques peuvent empêcher de concevoir une nouvelle idée ou bien les conditions économiques ou sociétales peuvent faire obstacle. Les élèves modifient ainsi leur représentation des sciences et de la technologie et découvrent que la recherche fondamentale peut déboucher sur des applications grand public.

Apprentissages visés

Concevoir, créer, réaliser

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier les flux d'énergie dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

S'approprier des outils et des méthodes

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Pratiquer des langages

Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, la structure et le comportement des objets

Adopter un comportement éthique et responsable

Analyser l'impact environnemental d'un objet et de ses constituants

Se situer dans l'espace et dans le temps

Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques

1 séance

Séances du module

SÉANCE

1

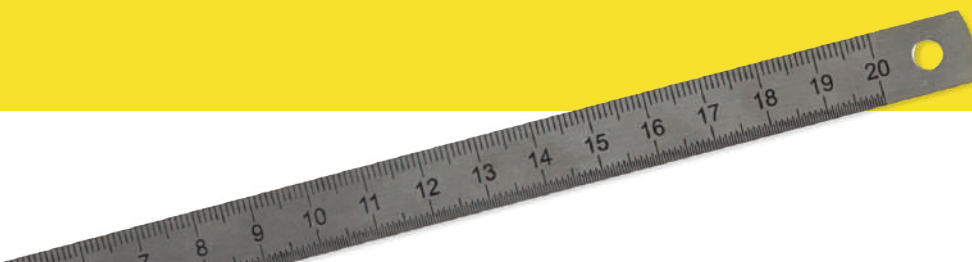
De la découverte scientifique au développement de la technologie



Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015
 Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p>• Technologie :</p> <p>Design innovation et créativité Imaginer des solutions en réponse aux besoins</p> <p>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p> <p>Les objets techniques, les services et les changements induits par la société Comparer et commenter les évolutions des objets et systèmes</p>	<p>Identifier un besoin et énoncer un problème technique ; identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées sorties</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Identifier les flux d'énergie sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Réflexion doit être menée entre les résultats de mesure et le contexte de leur obtention</p> <p>L'évolution des objets</p> <p>Impacts sociétaux et environnementaux dus aux objets</p> <p>Cycle de vie</p> <p>Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques</p> <p>Comparer et commenter les évolutions des objets en articulant différents points de vue : fonctionnel, structurel, environnemental, technique, scientifique, social, historique, économique</p>





De la découverte scientifique au développement de la technologie

SÉANCE

1

Objectifs

Découvrir l'effet photoélectrique, le phénomène permettant au panneau de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique.

Retracer les différentes étapes d'une innovation : découvertes, progrès académiques, théoriques et conceptuels.

Découvrir des notions importantes en histoire des sciences : temps de maturation d'une technologie, verrous technologiques, sauts technologiques...

Replacer le développement de la technologie photovoltaïque dans un contexte historique et d'histoire des sciences.

Comprendre que la mise en œuvre d'une nouvelle technologie dépend des conditions économiques et sociétales.

Matériel

L'intégralité du contenu de la mallette est disposée au centre de la classe

- **vidéo « C'est pas sorcier - Comment fonctionnent les panneaux solaires ? »**

(durée 2'25), accessible depuis www.projetmerite.fr

- **FICHE** Comment fonctionne un panneau photovoltaïque ?

1 photocopie par élève

- **FICHE** Frise chronologique

1 photocopie par élève

- **FICHE** Le photovoltaïque : toute une histoire !

1 photocopie par élève

Déroulement pédagogique

2h

Immersion

La séance débute par un rappel des séances précédentes. L'enseignant insistera particulièrement sur la découverte des éléments constitutifs de la mallette. Le panneau photovoltaïque est monté et éclairé par le projecteur ; un moteur y est raccordé et tourne.

L'enseignant interroge la classe :

Rappelez-vous, que se passe-t-il au niveau de ce montage ?

L'énergie lumineuse produite par le projecteur est convertie en énergie électrique, elle-même convertie en énergie mécanique (la rotation du moteur).

Quel composant permet de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique ?

C'est le panneau photovoltaïque.

La question déclenchante est alors posée :

D'après vous, comment le panneau fonctionne-t-il ?

Les élèves ne connaissent pas la réponse et l'enseignant propose à la classe d'y répondre à l'aide d'une vidéo.

Points de passage

FONCTIONNEMENT DU PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Les élèves sont répartis en îlots de 4-5 élèves. Une **FICHE** Comment fonctionne un panneau photovoltaïque ? est distribuée à chaque élève. L'enseignant projette la vidéo « C'est pas sorcier – Comment fonctionnent les panneaux solaires ? ».

POINT D'ATTENTION

En fonction du niveau de la classe, il peut être nécessaire de faire un rappel sur la structure de l'atome (noyau, protons, électrons, charges négatives et positives) avant cette activité.

1 De la découverte scientifique au développement de la technologie

À partir de cette première projection, les élèves d'un même groupe échangent sur ce qu'ils ont retenu de la vidéo. L'enseignant projette une seconde fois la vidéo et donne pour consigne de répondre aux questions de la **FICHE** Comment fonctionne un panneau photovoltaïque ? .

Une mise en commun est ensuite menée au tableau : les groupes confrontent leurs réponses et comparent leurs schémas. L'enseignant intervient pour orienter la discussion et mettre les élèves sur la bonne voie. À l'issue de ce travail, il propose une correction en s'appuyant sur la **FICHE** Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque .

Les points principaux sur lesquels insister sont les suivants :

- Les panneaux sont formés de deux couches de silicium superposées.
- Le silicium est un matériau semi-conducteur : ses électrons s'agitent en présence de lumière.
- On ajoute à la couche supérieure des atomes de phosphore, qui possèdent un surplus d'électrons (donc de charges négatives).
- On ajoute à la couche inférieure des atomes de bore, qui possèdent un déficit d'électrons (donc de charges négatives).
- Il y a donc déséquilibre entre la couche supérieure, chargée plus négativement (elle a plus d'électrons) et la couche inférieure, chargée positivement (elle a moins d'électrons).
- On peut comparer le panneau à une grosse pile : la couche supérieure est la borne - et la couche inférieure la borne +.
- Si on relie ces deux bornes, un courant d'électrons est généré en présence de lumière : le panneau produit de l'énergie électrique.

Il ne faut pas hésiter à utiliser le panneau pour accompagner cette explication.

À la fin de ce bilan, l'enseignant interroge les élèves :

Sous l'effet de la lumière, un matériau semi-conducteur produit donc un courant électrique. Savez-vous comment on appelle ce phénomène physique ?

Il s'agit de l'effet photoélectrique. L'enseignant peut essayer de faire deviner le mot en le décomposant : on retrouve le préfixe photo- (qui signifie lumière) dans « photographie », « photophore », « photosynthèse » et ils connaissent tous le mot « électrique ».

L'enseignant introduit l'activité suivante à l'aide d'une nouvelle question :

Savez-vous qui a découvert l'effet photoélectrique et quand ?

DÉCOUVERTE DE L'EFFET PHOTOÉLECTRIQUE

On se propose de répondre à cette question par une activité de recherche. Elle pourra être menée au CDI ou bien en salle informatique avec un accès à internet. L'enseignant distribue la **FICHE** Frise chronologique et la **FICHE** Le photovoltaïque : toute une histoire ! aux élèves.

La classe est répartie en groupes de travail. Chaque groupe mène une recherche afin de répondre à trois questions :

Qui a découvert l'effet photoélectrique et quand ?

Qui en a proposé une première explication (aujourd'hui abandonnée) et quand ?

Qui a proposé une nouvelle explication (toujours d'actualité) et quand ?

GLOSSAIRE

Effet photoélectrique

Électron

Les élèves découpent les vignettes de la première partie de la **FICHE** Le photovoltaïque : toute une histoire ! et doivent les coller sous la frise de la **FICHE** Frise chronologique .

Ils poursuivent ensuite leurs recherches pour répondre aux questions suivantes :

La première explication avancée pour expliquer l'effet photoélectrique était-elle en accord avec les données expérimentales ?

Comment a-t-on réglé ce problème ?

Une correction collective est menée par l'enseignant en s'aidant des premiers paragraphes de la **FICHE** L'histoire du photovoltaïque .

Les points principaux sur lesquels insister sont les suivants :

- Il est important de bien expliquer le concept de **théorie scientifique**. Les scientifiques observent des phénomènes et mettent au point une théorie pour les expliquer. Tant que les observations ultérieures sont compatibles avec la théorie, cette dernière est considérée comme juste. À partir du moment où les observations sont en contradiction avec la théorie, des modifications s'imposent : une théorie est considérée comme vraie jusqu'à ce qu'on prouve qu'elle est fausse !
- L'effet photoélectrique en est un parfait exemple. Après la première observation du phénomène en 1839 par **Antoine et Edmond Becquerel**, les explications proposées par **Heinrich Hertz** en 1887 et par ses successeurs ne sont pas satisfaisantes car elles contredisent les observations expérimentales. Le problème vient de la représentation de la lumière que se faisaient les physiciens de l'époque. En effet, ils la considéraient (seulement) comme une onde. En partant de ce postulat, les calculs qu'ils réalisaient n'étaient pas en accord avec les observations empiriques.
- En 1905, **Albert Einstein** s'intéresse au sujet et comprend que ce problème s'explique par l'inexactitude de la théorie initiale : on ne peut pas résumer la lumière à une onde. Il propose alors **une nouvelle théorie** : la lumière est un phénomène dual, qui présente à la fois les propriétés d'une onde et celles d'une particule. Cette particule se nomme photon. L'énergie lumineuse est quantifiée (le photon est un quantum d'énergie) : la découverte d'Einstein va conduire à une révolution scientifique, la mécanique quantique, pour laquelle Paul Dirac posera les bases.
- Les travaux d'Einstein lui valurent un **prix Nobel**, cela peut être l'occasion de présenter aux élèves cette distinction dont ils ont tous entendu parler. Il est également possible de présenter succinctement le fonctionnement de la recherche scientifique : des scientifiques publient les résultats de leurs travaux de recherche dans des revues scientifiques, d'autres chercheurs confirment (ou infirment) leur exactitude en publiant de nouveaux articles etc.

Les élèves savent maintenant que le fonctionnement de l'effet photoélectrique est connu depuis 1905. S'ils consultent leur frise, ils s'aperçoivent que l'usage des panneaux solaires ne se démocratise qu'à partir de la toute fin du XX^e siècle.

La dernière activité est donc lancée par la question suivante :

1905 – 2000, pourquoi avoir attendu si longtemps ?

GLOSSAIRE

Prix Nobel

CONCEPTIONS NAÏVES

Théorie et hypothèse

Quand on leur parle de « théorie », les élèves comprennent souvent ce mot comme un synonyme d'hypothèse. En science, une théorie est un ensemble cohérent d'explications produit à partir d'observations empiriques. Pour être opérationnelle, une théorie doit être réfutable. Une théorie est réputée vraie tant que les observations n'ont pas démontré qu'elle était fausse.

Faire des erreurs en sciences

La recherche scientifique est souvent perçue comme étant toujours linéaire, en constante progression, sans impasse. Au contraire, la science passe régulièrement par des phases « d'essais-erreur » ou « d'hypothèse-confirmation ». Cette conception naïve peut conduire l'élève à penser qu'il n'est pas fait pour la science, lui qui commet souvent des erreurs !

1 De la découverte scientifique au développement de la technologie

MISE EN ŒUVRE DE LA TECHNOLOGIE

Une seconde activité de recherche (au CDI, sur internet...) en groupes est proposée pour répondre à la question. Les élèves découpent les vignettes-étapes de la deuxième partie de la **FICHE** Le photovoltaïque : toute une histoire ! et doivent les replacer sur la **FICHE** Frise chronologique .

L'enseignant propose ensuite une mise en commun dirigée en s'aidant de la **FICHE** L'histoire du photovoltaïque .

Cette activité est l'occasion de travailler plusieurs compétences :

- rechercher l'information en pratiquant une démarche d'historien des sciences,
- croiser les sources afin de les vérifier, citer ces sources,
- proposer des critères de validation des informations (provenance, nombre de citations, nombre d'occurrences dans un moteur de recherche, crédibilité des auteurs etc.).

En retraçant l'histoire du photovoltaïque, la classe est amenée à découvrir plusieurs notions :

● Temps de maturation

La réflexion des élèves doit les amener à prendre conscience du temps de maturation pour la mise en œuvre d'une découverte, du temps de développement de la technologie.

● Verrous technologiques

La technologie n'est parfois pas disponible pour mettre en œuvre une connaissance. C'est une contrainte qui peut être levée, notamment par l'apport d'une étude de faisabilité. Par exemple, il n'était pas possible de développer les panneaux avant l'invention de la véritable première cellule photovoltaïque opérationnelle en 1954.

● Sauts technologiques

La technologie procède souvent par sauts : on améliore progressivement une technologie déjà existante, puis une innovation majeure est découverte qui vient révolutionner le domaine technique (exemple : passage de l'éclairage à incandescence à la technologie LED).

● Influence des conditions économiques et sociétales

L'enseignant pourra présenter, en parallèle, le contexte socio-économique, afin de montrer son impact sur le développement de la technologie.

Au début du XX^e siècle, le pétrole était une ressource abondante, avec un coût raisonnable. Il n'y avait pas de pression forte à développer de nouvelles énergies ; peu d'efforts étaient donc faits sur la recherche et le développement des technologies photovoltaïques.

Au contraire, à la fin du siècle, l'appauvrissement des ressources pétrolières et la prise de conscience par les scientifiques (puis par la population) du réchauffement climatique ont accéléré le développement de cette technologie.

● Découvertes réalisées

Les élèves conservent la frise chronologique complétée dans leurs cahiers.

Ils prennent des notes sur les principaux acquis de la séance :

- fonctionnement d'un panneau photovoltaïque,
- principe (simplifié) du phénomène photoélectrique,
- découverte de l'effet photoélectrique et implications académiques,
- histoire du développement de la technologie. ■

NOTION DE TEMPS

L'élève n'a pas d'idées précises sur le temps nécessaire qu'il a fallu pour développer la technologie photovoltaïque. Les repères temporels sont absents. La complémentarité entre apports technologiques et apports académiques n'est pas toujours bien comprise.

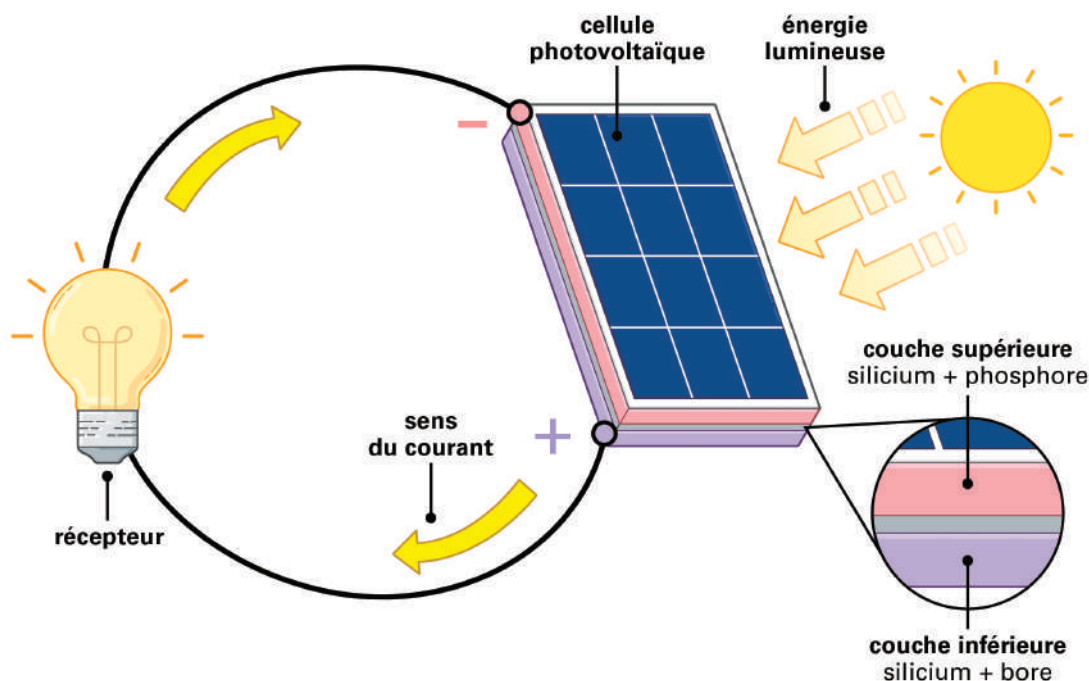
GLOSSAIRE

Saut
technologique

Verrou
technologique

Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque

La représentation décrite ci-dessous est une représentation simplifiée du fonctionnement d'un panneau photovoltaïque. L'important n'est pas que les élèves connaissent le nom de chaque composant du panneau, mais qu'ils comprennent et retiennent le principe général.



Les panneaux sont composés de **cellules photovoltaïques** formées de deux couches de silicium superposées. Le silicium est un atome de la famille des métalloïdes. Il porte le numéro atomique 14 (il possède donc 14 protons et 14 électrons).

Le silicium est un matériau dit **semi-conducteur**. Ces matériaux ont une propriété particulière : leurs électrons s'agitent en présence de lumière. Mais cette agitation n'est pas suffisante pour créer un courant électrique.

On ajoute donc à la couche supérieure des atomes de phosphore, qui possèdent un surplus d'électrons (donc de charges négatives). On ajoute à la couche inférieure des atomes de bore, qui possèdent un déficit d'électrons (donc de charges positives). Ainsi, on induit un **déséquilibre** entre la couche supérieure, chargée plus négativement (elle a plus d'électrons) et la couche inférieure, chargée positivement (elle a moins d'électrons).

On peut comparer le panneau à une grosse pile : la couche supérieure est la borne - et la couche inférieure la borne +. Si on relie ces deux bornes, un courant d'électrons est généré en présence de lumière : le panneau produit de l'énergie électrique.

Le courant généré est continu et peut faire fonctionner une lampe ou un moteur sans problème. Si on veut utiliser le panneau pour produire de l'électricité et la stocker /distribuer, le courant doit être **converti en courant alternatif**. C'est pour cette raison que les panneaux sont généralement munis d'un onduleur.

On peut noter cependant que toute l'énergie lumineuse reçue n'est pas convertie en énergie électrique par le panneau. En effet, dans un panneau classique, seulement 20% de l'énergie lumineuse est convertie en électricité, les autres 80% sont convertis sous forme de chaleur. On parle de **rendement**. Les scientifiques travaillent toujours aujourd'hui sur de nouvelles pistes afin d'augmenter le rendement des cellules photovoltaïques et les rendre ainsi plus efficaces.

1 De la découverte scientifique au développement de la technologie

L'histoire du photovoltaïque

1839

Antoine Becquerel et son fils Edmond sont les premiers à observer l'effet photoélectrique. Âgé de 19 ans à peine, Edmond met au point la première cellule photovoltaïque :

il réalise des électrodes qui, à la lumière, génèrent un courant électrique.



1887

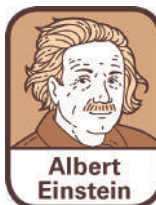
Heinrich Hertz propose une première explication du phénomène à la communauté scientifique dans un article de la revue *Annalen der Physik*. Mais les observations expérimentales entrent en contradiction avec la théorie de la physique de l'époque.



En effet, les physiciens considèrent encore à cette date que la lumière est une onde. En partant de ce postulat, les calculs théoriques prédisent que la génération du courant d'électrons en présence de lumière prend un certain temps et n'est pas instantané. Or, on observe que le courant d'électrons est généré quasi-instantanément en présence de lumière : la théorie n'est plus en accord avec les observations.

1905

Albert Einstein explique le premier l'effet photoélectrique de façon satisfaisante. Il parvient à démontrer que les contradictions qui existent entre les observations et la théorie s'expliquent par le fait que la théorie de l'époque était tout simplement incomplète.



Pour parvenir à expliquer l'effet photoélectrique, il propose une nouvelle théorie : la lumière se comporte à la fois comme une onde et une particule (le photon). Albert Einstein reçoit le prix Nobel de physique en 1921 pour ses travaux sur l'effet photoélectrique.

Avec cette nouvelle théorie, les calculs indiquent que la génération du courant d'électrons en présence de lumière est quasi-instantanée (10^{-9} secondes).

Les observations sont en accord avec cette théorie.

1954

La première cellule photovoltaïque capable d'alimenter des appareils électriques est mise au point par les laboratoires Bell. Fondé en 1925, Bell est à l'origine du développement et l'utilisation du transistor (dans la majorité des circuits électroniques), et des télécommunications à base de fibre optique notamment. Leur notoriété a permis un développement conséquent du photovoltaïque. D'autres cellules photovoltaïques avaient été développées avant 1954 (par exemple par Charles Fritts en 1883), mais ces dispositifs n'avaient pas un rendement suffisant pour permettre d'applications concrètes.

1958

Le satellite Vanguard I est mis en orbite. Il est alimenté par une batterie, mais des panneaux photovoltaïques y sont ajoutés permettant d'allonger la durée de la mission du satellite. Les panneaux solaires commencent à se faire connaître du grand public. L'usage du photovoltaïque pour les satellites s'est ensuite généralisé durant les années 1960, ce qui a permis de montrer et prouver leur fiabilité et robustesse.

Années 1970

Leur robustesse et fiabilité a permis leur développement avec succès pour des applications sur des installations maritimes et dans les déserts. En effet, en mer, ils sont exposés aux tempêtes et à la corrosion saline, et en désert à des gradients de températures très importants entre nuits très froides et journées très chaudes. Sur Terre, un premier bâtiment alimenté entièrement par le photovoltaïque est construit en 1974 aux USA dans l'état du Nouveau Mexique.

Années 2000

La problématique du réchauffement climatique a poussé les pays à repenser leur politique énergétique en réduisant le recours excessif aux énergies fossiles responsables des émissions de gaz à effet de serre. Le photovoltaïque est ainsi identifié comme une technologie prometteuse.

Des incitations financières permettant de compenser le coût élevé du photovoltaïque, ont permis une démocratisation des panneaux solaires, qui commencent à apparaître sur les toits de bâtiments publics et maisons particulières.

Comment fonctionne un panneau photovoltaïque ?

1. Quel matériau est principalement utilisé dans la conception d'une cellule photovoltaïque ?
Quelle est la particularité de ce matériau ?

.....

.....

.....

.....

2. Qu'ajoute-t-on dans la couche supérieure ? Dans la couche inférieure ? Pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

3. Comment le courant électrique est-il généré ?

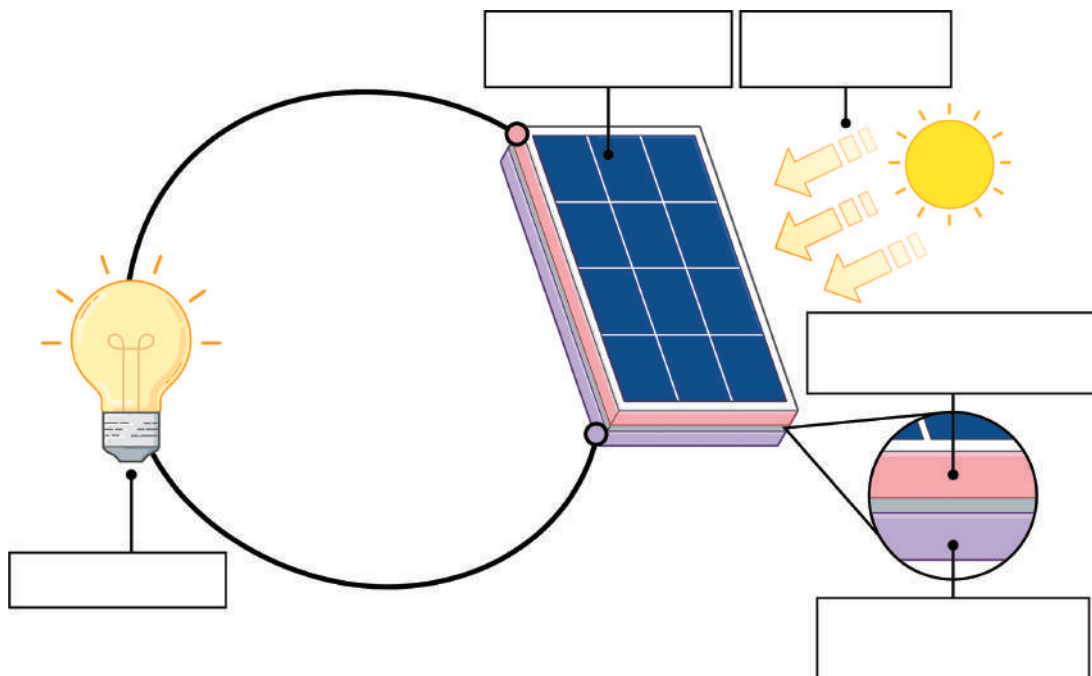
.....

.....

.....

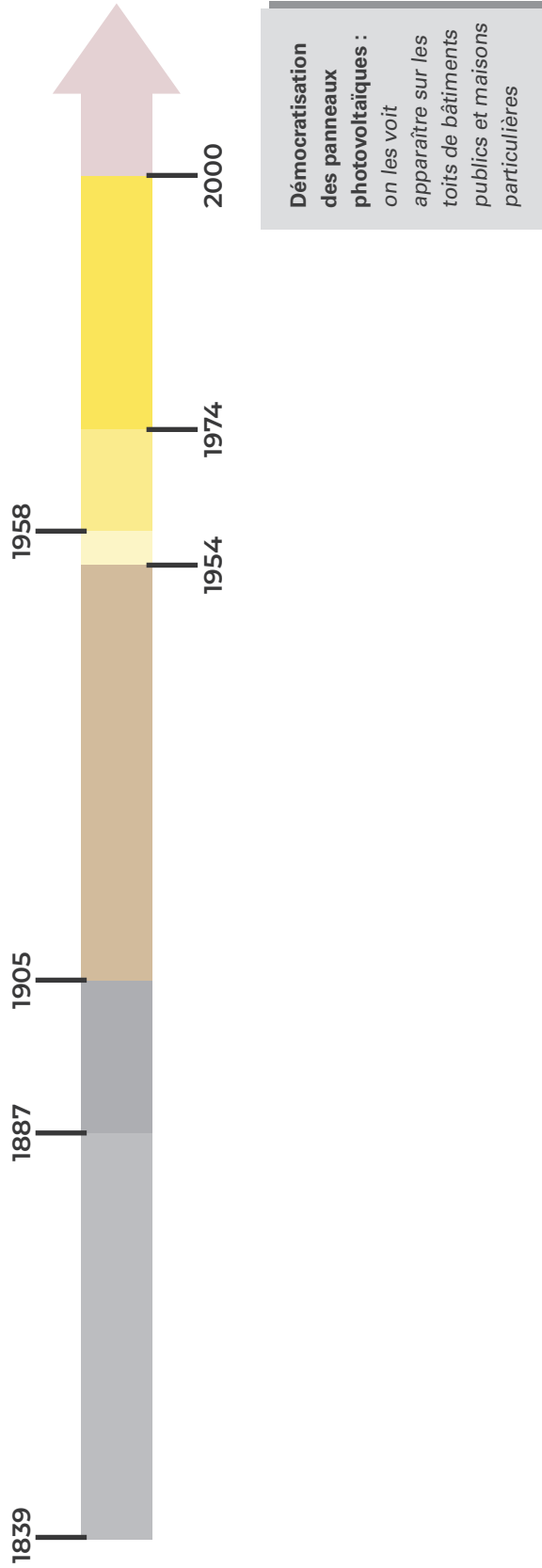
.....

4. Légender le schéma ci-dessous. À l'aide de flèches, représenter le sens du courant électrique.



1 De la découverte scientifique au développement de la technologie

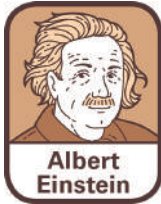
Frise chronologique



Le photovoltaïque : toute une histoire !

1. La découverte de l'effet photoélectrique

Découper les vignettes ci-dessous et les replacer sur la frise chronologique :



Première explication de l'effet photoélectrique
(abandonnée aujourd'hui)

Nouvelle explication de l'effet photoélectrique
(toujours d'actualité)

Première observation de l'effet photoélectrique

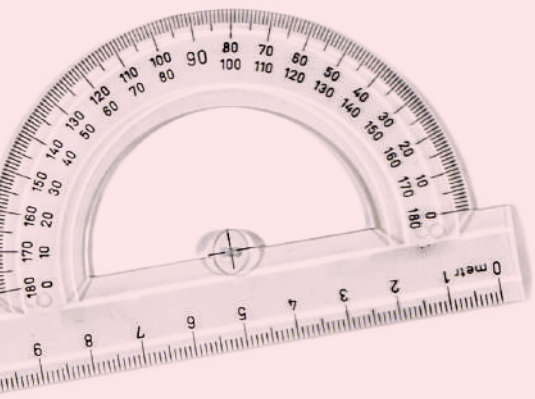
2. Mise en œuvre de la technologie

Découper les vignettes ci-dessous et les replacer sur la frise chronologique :

Premier satellite alimenté par des panneaux photovoltaïques

Développement de la première cellule photovoltaïque opérationnelle

Premier bâtiment entièrement alimenté par des panneaux photovoltaïques





Électricité : la produire, la partager

Glossaire

Glossaire

Batterie

Il s'agit d'un composant électrochimique qui comporte des électrodes positives (cathodes) et négatives (anodes), composées d'alliages différents, et plongées dans de l'acide (l'électrolyte). Les réactions chimiques responsables de la production de courant sont des réactions d'oxydoréduction.

Connecteur MC4

Ce sont des connecteurs électriques spécialement utilisés dans les interconnexions de panneaux photovoltaïques dans les installations solaires.

Conversion

La conversion de l'énergie constitue le passage d'une forme d'énergie à une autre. Par exemple, un ventilateur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. Un panneau solaire convertit l'énergie rayonnante provenant du Soleil en énergie électrique.

Convertisseur DC/AC

Le sigle DC/AC signifie *Direct Current / Alternatif Current*. Ces dispositifs permettent donc de passer d'un courant continu à un courant alternatif. Cette appellation est équivalente à un onduleur.

Courant alternatif

Le courant électrique est une circulation de charges électriques (électrons) dans les conducteurs. Dans le cas du courant alternatif, la circulation des électrons se fait alternativement dans un sens puis dans un autre. Le nombre de changements par seconde est donné par la fréquence. En France, la fréquence utilisée est de 50 Hz. Cela veut dire que le courant change de sens 50 fois par seconde.

Courant continu

Contrairement au courant alternatif, dans le cas du courant continu, ce dernier circule toujours dans un même sens, du pôle positif vers le négatif.

Cycle jour/nuit

Cette expression, qui illustre la rotation de la Terre autour d'elle-même et la course du soleil apparente, est utilisée pour parler de présence ou d'absence de lumière. L'indisponibilité de la lumière la nuit constitue l'inconvénient majeur du photovoltaïque, que l'on peut surmonter grâce à la mise en réseau de l'énergie.

Densité

En physique, c'est le rapport de la masse volumique (masse par unité de volume, kg/m^3) d'un corps donné par rapport à celle d'un corps de référence. Pour les gaz, le corps de référence est l'air, et pour les liquides, c'est l'eau.

Dispersion

En mathématiques, cela représente la répartition des valeurs par rapport à leur moyenne. On utilise des indicateurs de dispersion pour la quantifier, la variance et l'écart-type étant les plus couramment employés. Plus les valeurs sont étalées autour de la moyenne et plus l'indicateur de dispersion est élevé.

Effet photoélectrique

C'est l'interaction d'un quantum de lumière appelé photon avec un matériau semi-conducteur, durant laquelle le photon transmet son énergie aux électrons. Ces derniers se mettent à s'agiter, pouvant ainsi générer un courant électrique.

Électron

Il s'agit d'une particule chargée négativement et de taille inférieure à 10^{-22} m, contenue dans l'atome, et qui gravite autour de son noyau. Les atomes contiennent en général plusieurs électrons (autant que de protons). Leur circulation dans les matériaux conducteurs engendre un courant électrique.

Énergie

Elle représente la capacité d'un système à produire du mouvement (énergie mécanique), de la chaleur (énergie thermique), de la lumière (énergie lumineuse)... Elle est stockée dans un système (pétrole, gaz, charbon, bois...) sous une forme donnée, et peut se transformer pour passer d'une forme à l'autre. Elle est conservée dans les transformations qui s'opèrent dans un système fermé.

Entropie

Cette notion qu'on rencontre en thermodynamique est porteuse d'une information sur le degré de désordre d'un système au niveau microscopique. Elle rend compte du degré de dispersion de son énergie (chimique, thermique...). Un principe (le deuxième) de la thermodynamique nous dit que l'énergie d'un système isolé est dispersée au maximum, ce qui implique que son entropie a tendance à augmenter. Dans le cas du stockage (système isolé), l'entropie traduit le fait que l'énergie électrique se dégrade (disperse) naturellement lors de son stockage.

Fréquence

C'est le nombre de variations par seconde d'un signal variable. Par exemple, 50 Hz signifie 50 fois par seconde.

Galvanomètre

Il s'agit d'un appareil permettant de mesurer des courants électriques de faibles intensités. C'est un ampèremètre analogique. Sur les modules de stockage de la mallette, le galvanomètre permet de surveiller la tension disponible aux bornes des condensateurs et ainsi de suivre en temps réel le niveau d'énergie stockée dans le dispositif.

Générateur

Il s'agit d'un dispositif capable de convertir une forme d'énergie quelconque en énergie électrique. Par exemple, une dynamo permet de convertir l'énergie mécanique en électricité. Les centrales électriques sont équipées de générateurs qui sont souvent reliés à une turbine. Par exemple, dans le cas d'une centrale nucléaire, c'est la vapeur d'eau chauffée par l'énergie nucléaire qui entraîne la rotation de la turbine.

Lumen

Il s'agit de la luminosité, ou quantité totale de lumière par unité de temps, produite par une source. Par comparaison, la puissance (en watts) mesure la quantité d'énergie par unité de temps utilisée par un récepteur (une lampe par exemple).

Lux

C'est la quantité de lumière produite par unité de surface.
1 lux = 1 lumen / m².

Onduleur

C'est un dispositif électronique qui permet de transformer un courant continu en un courant alternatif à une fréquence donnée et correspondante à celle du réseau dans lequel sera injecté ce courant.

Pile

C'est un dispositif qui stocke de l'énergie sous forme chimique et la restitue sous forme électrique, grâce à des réactions chimiques d'oxydoréduction.

Prix Nobel

Il s'agit d'une récompense attribuée, chaque année, dans plusieurs domaines (physique, chimie, médecine, littérature, paix...), et qui désigne un lauréat à l'origine d'une innovation à portée internationale et avec un bénéfice pour l'humanité.

Puissance électrique

C'est la vitesse avec laquelle une énergie est dépensée par unité de temps. Elle se calcule grâce à la formule $P = E/t$.

Rendement

Le rendement (en %) d'un dispositif de transformation d'énergie, traduit la perte énergétique lors du passage d'une forme à une autre. Cette perte, généralement sous forme de chaleur, est calculée par le rapport « forme finale / forme initiale ».

Réseau

Dans le domaine énergétique, un réseau est un ensemble d'infrastructures qui permet de transporter l'électricité des producteurs aux consommateurs.

Saut technologique

Dans le domaine technique, cela représente une innovation importante dans la conception d'un produit. Le passage de la lampe à incandescence à la technologie LED en est un parfait exemple.

Smart grid

C'est un réseau qui permet de gérer de façon efficace - on parle de réseau intelligent - la distribution et le partage de l'énergie électrique entre différents producteurs. *Smart grid* est la dénomination anglophone.

Stockage électrostatique

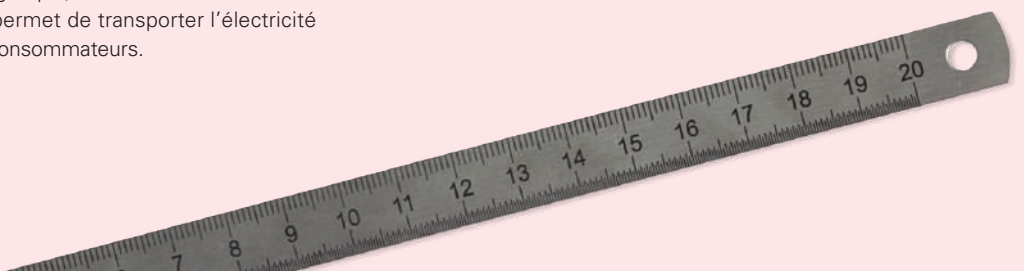
Ce stockage utilise une accumulation de charges électriques dans des armatures qui s'influencent mutuellement. Les technologies utilisées sont les condensateurs électrochimiques et les super-condensateurs.

Tension

En physique, elle est à l'origine de la circulation des charges électriques dans un conducteur, et représente la vitesse de circulation de celle-ci. Son unité est le volt (V).

Verrou technologique

C'est une contrainte, ou une difficulté à résoudre, qui est d'ordre technologique. Dans le cas des panneaux solaires, par exemple, la technologie n'a pu vraiment se développer qu'à partir de la mise au point de la première cellule photovoltaïque opérationnelle, en 1954. Cette dernière avait un rendement de 6%, bien supérieur à toutes les autres cellules photovoltaïques développées jusque-là.



Remerciements

Le projet MERITE est le fruit d'un travail collectif qui a rassemblé de nombreux acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche, de l'Éducation nationale et des partenaires institutionnels impliqués pour la promotion de la culture scientifique et technique.

Le Centre de Ressources en Pratiques Expérimentales d'IMT Atlantique, a coordonné l'ensemble du projet : Carl Rauch et Lotfi Lakehal-Ayat (coordination générale), Josiane Hamy (coordination pédagogique et éditoriale), Blanche Cahingt (matériel), et successivement Jean-Félix Picard, Caroline Thoraval, Audrey Guillermic (coordination administrative), successivement Clémentine Jung et Flavy Benoit (communication, diffusion), Arnaud Schmitt (rédactionnel et édition).

L'équipe de coordination adresse ses remerciements :

- **aux auteurs du guide pédagogique** : Christophe Plot, ingénieur de recherche, Institut Universitaire de Technologie de Nantes (Université de Nantes) ; Lotfi Lakehal-Ayat, enseignant-chercheur, Centre de Ressources en Pratiques Expérimentales IMT Atlantique ;

- **aux enseignants qui ont co-construit et/ou testé le guide à ses différentes étapes** : Marina Aubinais, Cyril-Marc Carpanedo, Yoann Guiné, Béatrice Tual ;

- **aux acteurs de l'Éducation nationale qui ont contribué** : Cristel Izac, IA-IPR Sciences et Techniques Industrielles ;

Philippe Briaud, formateur ; Omer Demiraslan, enseignant et formateur ; Marc Tavera et Philippe Thullier, conseillers pédagogiques départementaux, pour leur participation à la coordination pédagogique ;

- **aux acteurs ayant participé à la conception et à la fabrication des mallettes** : Sébastien Bluet, designer produit ; les entreprises Condi-Ouest, Cal'Concept, Pankarte PLV ;

- **au comité de pilotage** composé de : Paul Friedel, directeur d'IMT Atlantique, président ; Anne Beauval, directrice déléguée d'IMT Atlantique ; Yves Bourdin, délégué académique de l'action éducative et pédagogique, Rectorat de Nantes ; Patrick Bourgeois, correspondant pour le groupe Assystem ; Patricia Carre, responsable du pôle Science et Société, Conseil Régional des Pays de la Loire ; Pierre Le Cloirec et Régis Gautier, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes ; Arnaud Godevin, directeur de l'École Supérieure du Bois ; David Jasmin, directeur de la Fondation La main à la pâte ; Pascal Jousset, chargé de programme FEDER ; Jean-Louis Kerouanton, vice-président de l'Université de Nantes ; Lionel Luquin, directeur des Formations d'IMT Atlantique ; Caroline Prevot, correspondante académique scientifique et technologique, Rectorat de Nantes ; Ana Poletto, responsable de la mission diffusion de la culture scientifique et technique, Université de Nantes ; Elena Popa, gestionnaire du service FEDER ; René Siret, directeur général de l'École Supérieure d'Agricultures d'Angers ; Pascal Leroux et Jean-François Tassin, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans ; Sarah Turbeaux, cheffe de projet pôle sciences société, service recherche, Conseil Régional des Pays de la Loire.

Le consortium MERITE est composé de 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest aux expertises scientifiques diverses : matériaux, énergie, environnement, chimie, alimentation, numérique et robotique, mesures et acoustique.

Crédits

Direction artistique : Nathalie Papeil ; **Photographie** : Jean-Charles Queffelec ;
Illustrations : Marie Ducom ;

Autres crédits : p. 12,13 : *photographie* Lev Dolgachov / Adobe Stock ; p. 35, 48 : Jordan Champlon ; p. 69, 76 : *schémas* Christophe Plot et Jordan Champlon ;

Modèles mains : Clémence et Jules Papeil.

Tous droits de reproduction et de diffusion réservés © MERITE
MERITE est une marque déposée à l'INPI.

Coordination : IMT Atlantique

Conception : MERITE

Édité en août 2020



Imprimé par Icones www.icones.fr

Électricité : la produire, la partager

Cette mallette est dédiée au concept d'énergie et aux enjeux, à la fois individuels et sociétaux, qu'elle représente aujourd'hui pour l'humanité. C'est la production d'énergie d'origine photovoltaïque qui est abordée plus particulièrement. En expérimentant avec le matériel spécialement conçu pour eux, les élèves s'interrogent sur les problématiques de stockage, de transport et de distribution à tous. Les dernières séances sensibilisent les élèves à la notion de « citoyen énergétique » : l'énergie est-elle tout le temps disponible ? comment est-elle partagée entre producteur et consommateur ? qu'est-ce qu'un réseau intelligent ? comment est-elle transportée et quel est son coût ? L'occasion de comprendre également comment se font les innovations et les sauts technologiques.

Cette mallette pédagogique a été conçue par l'Institut Universitaire de Technologie de Nantes (Université de Nantes)



mallettes MERITE

itinéraires
en sciences et techniques :
expérimenter et comprendre



Conçues pour les enseignants du CM1 à la classe de 3^e, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques mêlant sciences et technologie, laissant une grande part à l'expérimentation des élèves. Apprendre en faisant par soi-même, investiguer, progresser par essai-erreur, réfléchir en groupe sur des questions concrètes avec du matériel approprié, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, sont les principes au cœur de cette collection. Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant la progression pédagogique, et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences.

www.projetmerite.fr

14 thématiques variées proches du quotidien des élèves

CM1 - CM2 - 6^e - CYCLE 3

Chimie en couleurs

Créer vos objets animés : entre programmation et électronique

Le bois : un matériau issu du vivant

Les aliments : de la matière première aux produits finis

Le sol et son rôle dans la croissance végétale

Le sucre : une matière à explorer

Lutherie sauvage, musique et acoustique

Matériaux et objets quotidiens

Robotique pédagogique : du moteur au mouvement

5^e - 4^e - 3^e - CYCLE 4

Apoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

À la table des matières : les sucres

Communication informatique : tout un protocole

Développement d'un objet connecté

Électricité : la produire, la partager

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.

mallettes
MERITE

