

VOIE TECHNOLOGIQUE

Série STI2D : Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Physique-chimie et mathématiques

ENSEIGNEMENT

SPÉCIALITÉ

MINI-PROJET RECHARGE DU SMARTPHONE

Mots-clés

Mini-projet, démarche, initiative, autonomie, coopération, équipe, énergie, puissance, rendement, économie d'énergie.

Références au programme

L'énergie et ses enjeux.

Energie électrique.

Energie mécanique.

Energie transportée par la lumière.

Connaissances

Voir la colonne des pistes de recherche proposées.

Compétences

Compétences de la démarche scientifique indiquées dans le programme.

Document professeur d'accompagnement général

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Cadre

Ce mini projet s'associe au thème « Energie ».

La problématique proposée est :

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? ».

Cette problématique doit être le fil directeur des pistes de réflexion à explorer par le groupe.

Dans ce document, plusieurs axes de réflexion sont proposés dont quelques-uns sont développés ; ils se rapportent à différents sous-thèmes (l'énergie et ses enjeux, énergie électrique...). Il est tout à fait possible de combiner différents thèmes du programme. Certaines de ces axes ici présents se prêtent bien à un lien avec le thème Matière et matériaux.

Les axes peuvent permettre des activités partagées avec la partie du programme concernant les mathématiques.

L'étude est menée dans un contexte technologique et peut évidemment être partagée avec le professeur de l'enseignement d'innovation technologique, ingénierie et développement durable, chaque partie définissant les capacités exigibles des deux programmes à mettre en œuvre. Elle peut également constituer une pré-étude ou une partie du projet final de terminale qui sous-tendra l'épreuve du « grand oral ».

Les pistes de recherche présentées et associées aux axes retenus n'ont pas vocation à être exhaustives. Elles ne doivent pas être obligatoirement toutes explorées en fonction du contexte et des objectifs du professeur.

Pour chacune des pistes de recherches proposées, la ressource propose un document professeur et un document élève pouvant rassembler plusieurs pistes.

Axes et pistes de recherche développés autour de la problématique en lien avec le programme

Axe de recherche : « De quelle quantité d'énergie a besoin mon téléphone portable ? »	
Pistes de recherche	Références aux capacités exigibles du programme
Quelle quantité d'énergie est stockée dans la batterie de mon téléphone portable ? Peut-on la remplacer par des accumulateurs Ni-MH ?	Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée. Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.
De quoi dépend la consommation énergétique d'un téléphone portable ?	Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.
Tous les chargeurs sont-ils équivalents ?	Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. Déterminer le rendement d'une chaîne énergétique ou d'un convertisseur. Représenter le branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un système d'acquisition ou d'un oscilloscope sur un schéma électrique. Réaliser un circuit électrique à partir d'un schéma donné, et inversement, les symboles étant fournis. Choisir le réglage des appareils pour mesurer une valeur moyenne ou une valeur efficace. Mesurer la valeur moyenne d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Mesurer la puissance moyenne et l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée. Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.

Retrouvez éduscol sur



Axe de recherche : « Peut-on recharger les téléphones portables à partir des panneaux solaires du lycée ? »

Pistes de recherche	Références aux capacités exigibles du programme
Quelle est l'énergie électrique disponible à partir de l'installation des panneaux solaires présente sur le toit du lycée ?	Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée. Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur.
Quel est le rôle du régulateur (ou contrôleur) de charge des batteries au plomb associées aux panneaux solaires ?	Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée. Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.
Est-ce qu'une batterie peut restituer intégralement lors de la décharge, toute l'énergie stockée lors de la charge ?	Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.
Peut-on recharger les téléphones portables directement à la sortie de la batterie au plomb 12 V ?	Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations. Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.

Axe de recherche : « Peut-on recharger les téléphones portables à partir de l'éolienne présente sur le toit du lycée ? »

Pistes de recherche	Références aux capacités exigibles du programme
Quelle est l'énergie électrique disponible à partir de l'éolienne présente sur le toit du lycée ?	Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. Déterminer la puissance moyenne nécessaire pour modifier la valeur d'une vitesse pendant une durée donnée.

Axe de recherche : « Peut-on recharger les téléphones portables à partir de sièges dynamo installés au foyer du lycée ? »

Pistes de recherche	Références aux capacités exigibles du programme
Quelle puissance peut fournir un individu lors du pédalage ?	Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée.
Comment fournir de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique et quelle est l'énergie électrique disponible ?	Identifier les principales conversions d'énergie : électromécanique... Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs.
Pourquoi stocker l'énergie électrique plutôt que l'utiliser directement pour charger un smartphone ?	Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.
Comment utiliser l'énergie électrique stockée dans la batterie pour recharger les téléphones portables ?	Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur.

Pistes de recherche non développées autour de la problématique

- Comment l'énergie est-elle stockée dans une batterie ?
- Peut-on recharger les téléphones portables à partir de la pile à combustible installée au lycée dans les ateliers des BTS ?
- Pourrait-on recharger les téléphones portables à partir de dalles piezo-électriques installées dans le hall d'entrée du lycée ?

Organisation de la classe

Le but est de proposer des activités permettant de construire un argumentaire scientifique étayé par une réflexion partagée à travers une étude menée par des groupes d'élèves.

L'objectif n'est pas d'installer une concurrence au sein de la classe, mais plutôt une démarche collective dans laquelle les pistes de recherche ou activités de chaque groupe peuvent apporter les éléments permettant de répondre à la problématique. Les objectifs de chaque groupe ne doivent pas être trop nombreux pour être réalisables.

Les groupes travaillent sur la même piste de recherche ou sur des pistes de recherche différentes selon les choix de l'enseignant.

Les groupes sont définis et composés en général de 4 à 5 élèves.

Dans chaque groupe, les rôles sont répartis. Par exemple : animateur de projet (organisation, fonctionnement), contrôleur du temps, rapporteur, responsable de la communication... pour créer un engagement de chacun vis-à-vis de l'objectif commun. Les rôles peuvent être changés en début de chaque séance ou fixes durant tout le mini-projet, mais l'enseignant doit veiller à une rotation des rôles pour chaque élève sur l'année.

Un plan d'action est établi dans chaque groupe en répartissant le temps attribué à chaque phase, appropriation de la problématique, recherche de solutions ou de pistes prospectives, organisation du travail, restitution...

Des points d'étapes sont mis en place à chaque séance pour définir le travail à faire par chacun des membres du groupe pour la séance suivante. Une fiche de suivi peut être utilisée pour structurer l'organisation du travail et servir pour l'évaluation.

La restitution finale du projet est indiquée dès le départ en définissant le support de présentation à produire. Elle peut prendre différentes formes : exposé écrit ou oral, diaporama, vidéo, document ressource à produire pour une autre classe après validation de l'enseignant pour une utilisation mutualisée...

Il est proposé que la restitution contienne les éléments suivants :

- une présentation du problème ou du besoin en exposant le contexte, les objectifs et les contraintes ;
- une présentation de la démarche de travail et des résultats, en précisant les pistes envisagées, les difficultés rencontrées, les méthodes utilisées ainsi que les solutions choisies ;
- une présentation des sources utilisées ;
- une présentation des apports du projet, en termes de capacités exigibles du programme mobilisées et sur le plan personnel ;
- une auto-évaluation du travail d'équipe, en précisant ce qui a bien fonctionné et les points à améliorer.

L'évaluation est pensée en amont du mini-projet pour la structurer et la conduire aux différents stades du mini-projet. Une grille d'évaluation à remplir par l'enseignant mais explicitée et accessible aux élèves tout au long du mini-projet peut être utilisée.

Organisation du temps

Il peut être intéressant de découper le temps de travail consacré en classe au mini-projet en quatre fois une heure par exemple pour multiplier les temps de travail personnel et collectif intermédiaires.

Il peut être utile de prévoir une séance de deux heures consécutives en groupe à effectif réduit si des activités expérimentales sont envisagées.

Scénario proposé

Le scénario proposé est construit autour de plusieurs étapes principales.

Première étape

Après avoir fait émerger ou présenté la problématique à partir de la situation déclenchante, le professeur anime la discussion sous la forme d'un brainstorming pour recueillir les idées principales (De quelle quantité d'énergie mon téléphone portable a-t-il besoin ? Quelles sources d'énergie alternatives peut-on utiliser au lycée pour recharger les téléphones portables ?...).

Cette proposition pourrait être différente d'une classe à l'autre en fonction des idées que feront émerger les élèves.

Seconde étape

Le professeur pilote la séance pour que la classe formule ou reformule sous formes de questions scientifiques les différents axes et pistes envisagés.

Après constitution des groupes, une piste de réflexion à explorer est attribuée à chaque groupe ou à plusieurs groupes. Le professeur veille à délimiter la zone d'étude et à fournir, si nécessaire, de la Documentation technique ou un support théorique pour que les élèves ne consacrent pas trop de temps à de la recherche d'information.

Troisième étape

Au cours de l'avancée du travail de chaque groupe, le professeur se place comme une personne ressource. Il souligne les liens avec les mathématiques et les aspects transversaux avec les autres enseignements, notamment technologiques. Il peut impliquer les enseignants des autres matières dans ce mini-projet en amont puis au cours de sa réalisation.

Le professeur incite les élèves à utiliser des outils de travail collaboratifs.

Quatrième étape

Temps de mutualisation ou de restitution du travail des différents groupes, en fonction de la restitution finale visée.

Cinquième étape

Temps d'échange et de retour pour définir les apports du mini-projet pour chacun, identifier les difficultés rencontrées et indiquer un ou deux conseils pragmatiques permettant aux élèves de les dépasser.

Organisation des documents professeurs

La ressource propose une problématique débouchant sur plusieurs pistes d'études.

Pour chaque piste d'études, un document professeur et un document élève sont proposés.

Le document professeur contient :

- plusieurs pistes d'études en lien avec le programme dont plusieurs sont développées ;
- des possibilités de résolution pour les pistes développées ;
- éventuellement des ressources supplémentaires pour les élèves.

Organisation des documents élèves

Les documents élèves ont tous la même structure :

- la situation déclenchante (cf première page du document professeur d'accompagnement général), identique à toutes les pistes d'études proposées pour la problématique retenue ;
- un cadre d'études et un contexte particulier propre à chaque piste envisagée ;
- une question ;
- des documents de travail.

Quelle quantité d'énergie est stockée dans la batterie de mon téléphone portable ? Peut-on la remplacer par des accumulateurs Ni-MH ?

Document professeur associé à la piste de recherche

Après l'avoir mis hors tension, chaque élève peut « ouvrir » son téléphone portable pour lire les indications présentes sur la batterie et la classe peut estimer l'énergie stockée en moyenne.

Un travail en lien avec le professeur de mathématiques peut se faire sur cette série de valeurs pour en avoir une description statistique (moyenne, écart-type...).

L'énergie stockée est de 10 Wh en moyenne pour les derniers smartphones.

Il est possible de déterminer l'énergie massique et l'énergie volumique de la batterie du téléphone portable pour les comparer à celles d'une batterie Nickel-Métal hydrure (Ni-MH) utilisée dans d'autres appareils portables : 65 Wh/kg et 175 Wh/dm³ environ pour une batterie Nickel-Métal hydrure (Ni-MH)

Il est nécessaire d'utiliser 3 accumulateurs Ni-MH de 1,2 V associés en série pour obtenir la même tension que la batterie Li-ion de 3,6 V. Sachant que l'énergie massique ou l'énergie volumique d'une batterie Li-ion est de l'ordre de deux fois supérieure à celles d'un accumulateur Ni-MH, le volume des accumulateurs Ni-MH stockant la même quantité d'énergie sera deux fois plus grand que celui de la batterie Li-ion.

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Problématique

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? ».

Piste de recherche

Quelle quantité d'énergie est stockée dans la batterie de mon téléphone portable ?

Document 1

L'énergie massique d'une batterie Ni-MH de 1,2 V est de l'ordre de 65 Wh/kg et son énergie volumique est de l'ordre de 175 Wh/dm³.

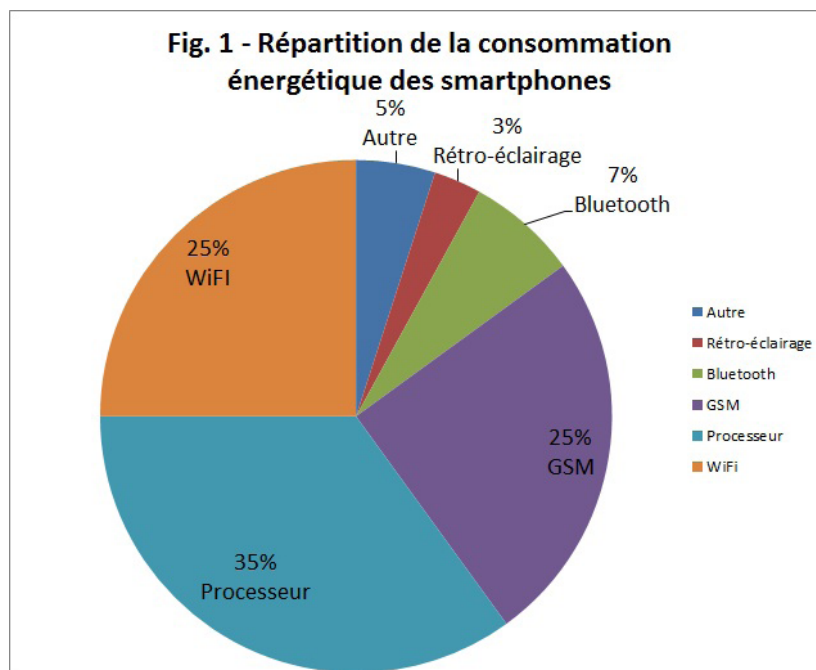
De quoi dépend la consommation énergétique d'un téléphone portable ?

Document professeur associé à la piste de recherche

Même si 90 % de l'énergie utilisée par un téléphone portable l'est lors de sa fabrication, l'étude de la consommation énergétique d'un smartphone permet de comprendre et d'optimiser la consommation d'énergie de ces appareils.

Les élèves doivent partir du fait que les smartphones modernes sont équipés d'une grande variété de composants intégrés. Les composants principaux sont le microprocesseur, la mémoire, le module Wi-Fi, le module téléphonique, le module Bluetooth, le module GPS, l'appareil photographique, l'accéléromètre, l'écran LCD tactile, le microphone et le haut-parleur...

Les élèves doivent comprendre qu'ils participent tous dans des proportions différentes à la consommation d'énergie :



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Fig.1_-_R%C3%A9partition_de_la_consommation_%C3%A9nerg%C3%A9tique_des_smartphones_am%C3%A9lioration.jpg

Pour l'étude de cette consommation d'énergie, les élèves peuvent utiliser les informations données par le smartphone sur l'autonomie restante.

On peut connaître la quantité d'électricité consommée par la plupart des fonctionnalités.

L'autonomie estimée de la batterie dépend de l'utilisation au cours d'un temps déterminé (temps depuis la dernière charge ou les sept derniers jours par exemple).

Les élèves peuvent travailler, en lien avec le professeur de mathématiques pour justifier les informations données par le téléphone sur le temps d'autonomie restant à partir de l'extrapolation linéaire de la courbe de décharge de la batterie fournie directement par le smartphone.

On peut distinguer 2 états :

- « état actif »

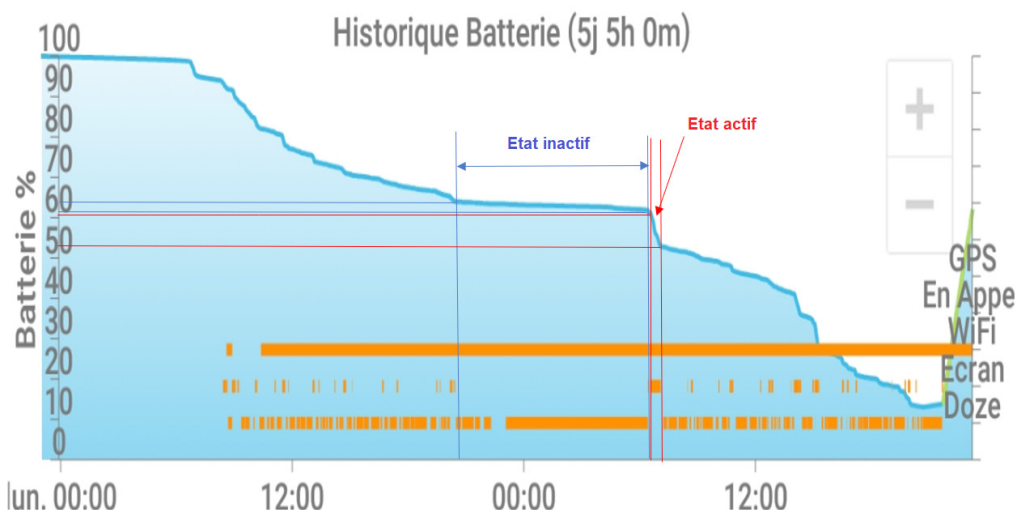
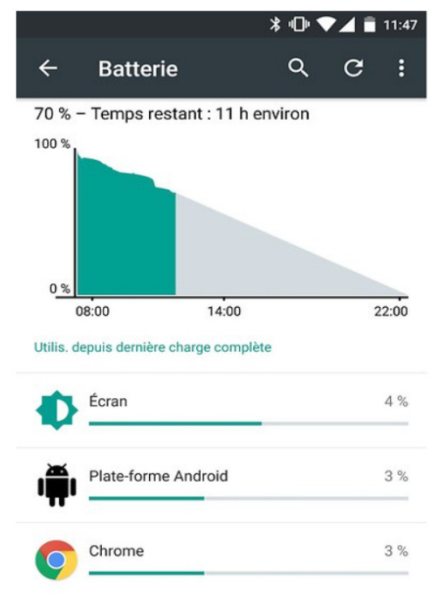
Le processeur d'application est opérationnel. L'écran est allumé et tous les composants sont actifs. La puissance consommée dans l'état actif est élevée (par exemple de 300 à 2000 mW, lors de l'écoute de la musique et en utilisant le Wi-Fi), et elle varie considérablement selon l'utilisation.

A partir du graphique ci-dessous, on peut estimer la puissance moyenne pour un état actif à partir du coefficient directeur de l'approximation linéaire de la courbe sur l'intervalle de temps considéré : $0,8 \text{ Wh} / 0,5 \text{ h} = 1,6 \text{ W}$

- « état inactif »

Le processeur d'application est inactif, tandis que le processeur de communication réalise un niveau d'activité faible, car il doit rester connecté au réseau dans le but de recevoir des appels ou SMS ou mails. L'appareil est en mode de « faible puissance ». La puissance consommée à l'état inactif est nettement inférieure que celle à l'état actif, et elle est relativement constante pour des usages normaux.

A partir du graphique ci-dessus, on peut estimer la puissance moyenne pour un état inactif à partir du coefficient directeur de l'approximation linéaire de la courbe sur l'intervalle de temps considéré : $0,25 \text{ Wh} / 10 \text{ h} = 25 \text{ mW}$



Pour plus de précisions, on peut utiliser des applications gratuites, comme « GSam Battery Monitor » qui permettent de consulter de nombreuses statistiques avancées sur la batterie de son smartphone.

Les élèves peuvent faire des expérimentations sur l'impact du fonctionnement des différents composants du smartphone sur l'énergie consommée.

Ils pourront ainsi vérifier les chiffres sur la répartition de la consommation, et en savoir davantage sur l'autonomie et les applications énergivores installées sur l'appareil.

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

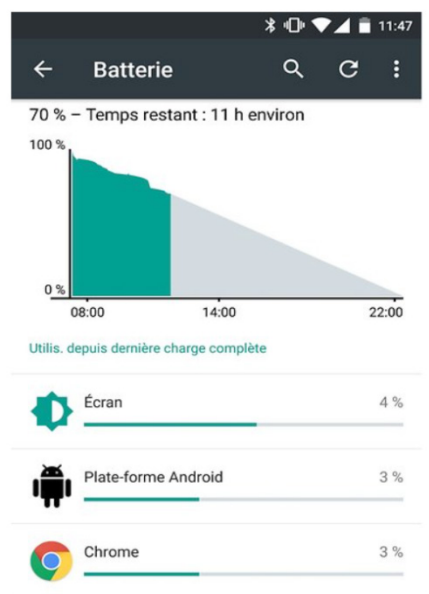
Problématique

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? ».

Piste de recherche

De quoi dépend la consommation énergétique d'un téléphone portable ?

Document 1



Document 2

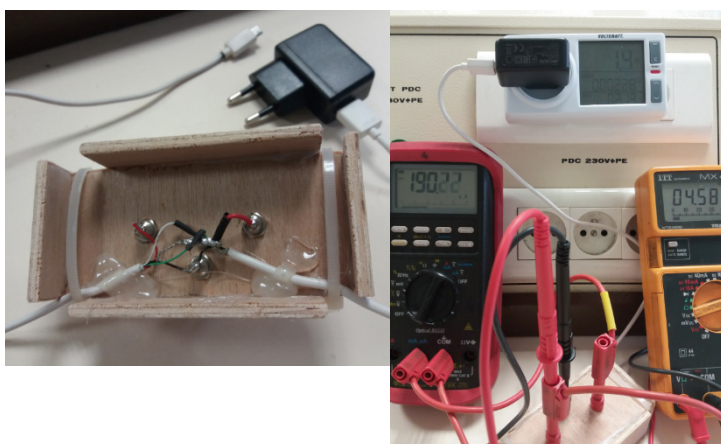
Des applications gratuites, telles que par exemple « GSam Battery Monitor » permettent d'obtenir de nombreuses informations et statistiques avancées sur la batterie et la consommation d'énergie du smartphone sur lequel est installé l'application.

Tous les chargeurs sont-ils équivalents ?**Document professeur associé à la piste de recherche**

Les élèves doivent comprendre que pour connaître l'impact énergétique de la recharge d'un portable, il faut connaître le rendement des chargeurs. Les élèves peuvent effectuer plusieurs expérimentations pour mesurer l'énergie ou la puissance consommée par un chargeur à l'aide d'un joulemètre ou d'un wattmètre branché sur le secteur.

En sortie d'un chargeur filaire, à l'aide d'un boîtier de connexion, on peut relever les valeurs moyennes de l'intensité du courant délivré au smartphone et de la tension à ses bornes.

Exemple de montage et de mesures pouvant être réalisés au lycée.



Exemples de mesures effectuées avec différents modèles de chargeurs filaires et de smartphones au lycée :

Portable		Chargeur n°1	Chargeur n°2
SMARTPHONE n°1	U (V)	5,00	5,04
	I (mA)	190	204
	P (W)	1,4	1,4
	η %	67,8	73,4
SMARTPHONE n°2	U (V)	5,02	5,05
	I (mA)	240	230
	P (W)	1,7	1,6
	η %	70,9	72,6

Remarque : L'étude peut s'étendre sur les « chargeurs sans fil ».

Une fois les expériences réalisées, le groupe d'élèves peut tirer des conclusions sur les différents chargeurs utilisés et peut ainsi faire des préconisations sur les choix les moins énergivores.

Les élèves peuvent effectuer un « classement » énergétique pour les chargeurs de téléphone.

Le groupe doit calculer la quantité d'énergie électrique liée à la recharge des smartphones au lycée en effectuant en supposant par exemple que chaque lycéen recharge son portable une fois par jour.

On peut alors comparer l'énergie mise en jeu par rapport à celle indiquée sur la facture d'énergie électrique du lycée.

On peut également comparer cette énergie électrique à la consommation de la population française, avec une argumentation.

Les élèves peuvent poursuivre leur étude sur les consommations d'énergie des différents chargeurs une fois la recharge du téléphone terminée, s'ils restent branchés sur le secteur.

Exemples de mesures effectuées au lycée avec différents modèles de chargeurs filaires non relié à un téléphone :

	CHARGEUR n°1	CHARGEUR n°2
U (V)	5,0	4,98
I (mA)	2,2	2,14
P (mW)	16	14,6

Les élèves peuvent faire le lien avec la notation énergétique des chargeurs de la plupart des constructeurs.

Exemple de système de notation des chargeurs à vide allant de zéro étoile pour les plus énergivores ($P > 0,5 \text{ W}$) à cinq étoiles pour les plus économes ($P < 0,03 \text{ W}$).

No-load consumption score chart	
Five stars = most energy efficient	
★★★★★	$\leq 0.03\text{W}$
★★★★	$> 0.03\text{W to } 0.15\text{W}$
★★★	$> 0.15\text{W to } 0.25\text{W}$
★★	$> 0.25\text{W to } 0.35\text{W}$
★	$> 0.35\text{W to } 0.5\text{W}$
No stars	$> 0.5\text{W}$

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Problématique

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? »

Piste de recherche

Comment estimer l'impact énergétique de la recharge des smartphones au sein du lycée ? du pays ? Tous les chargeurs sont-ils équivalents ?

Document 1

Joulemètre : appareil de mesure de l'énergie électrique.

Wattmètre : appareil de mesure de la puissance électrique.

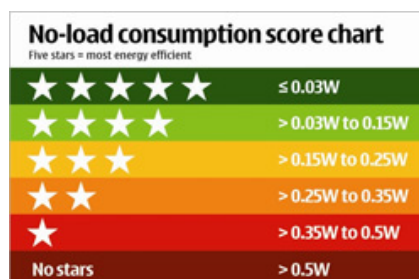
Ampèremètre : appareil de mesure de l'intensité du courant électrique.

Voltmètre : appareil de mesure de la tension électrique.

Document 2

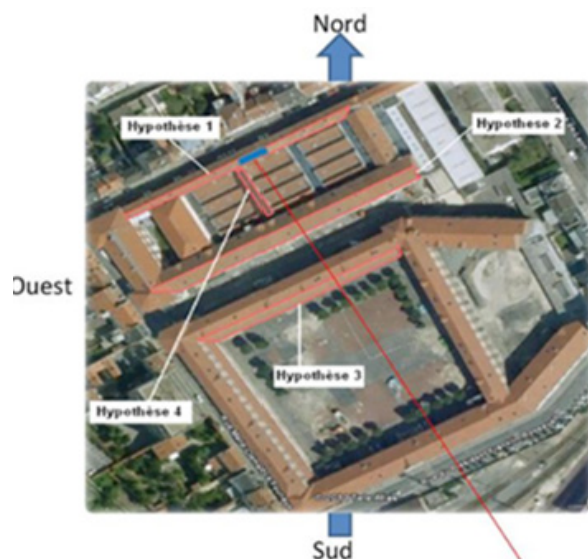
Tout chargeur électrique branché sur le secteur consomme de la puissance électrique, même s'il ne recharge pas de téléphone portable.

Document 3



Quelle est l'énergie électrique disponible à partir de l'installation des panneaux solaires présente sur le toit du lycée ?

Document professeur associé à la piste de recherche

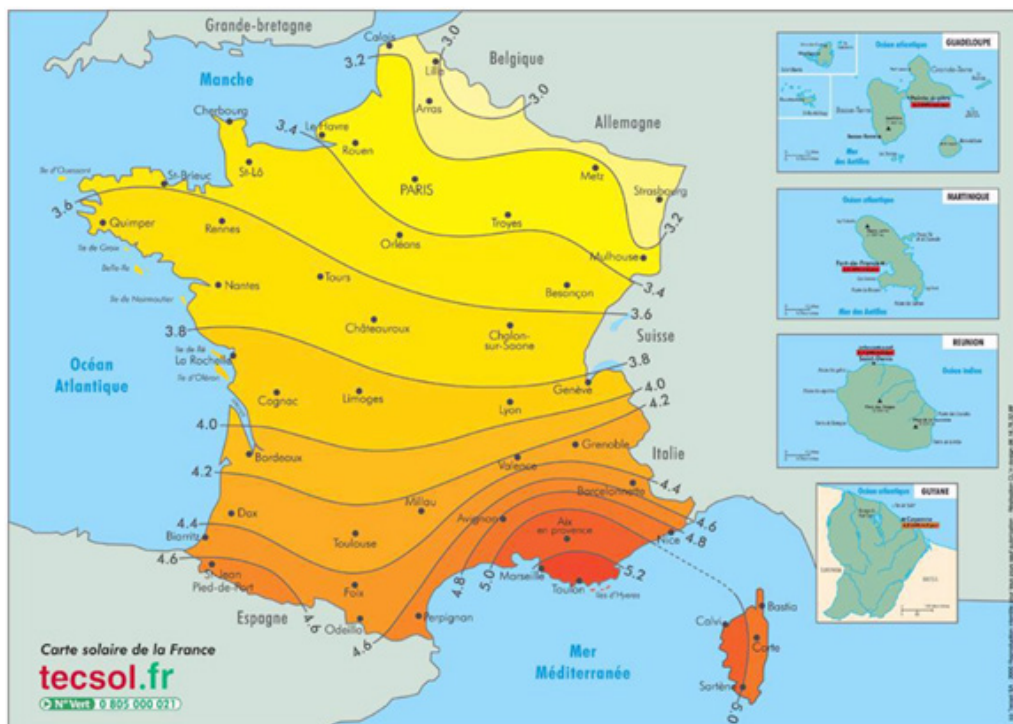


- Orientation Sud-Sud-Est
- Inclinaison 35°
- Surface totale : 12m²
- Surface utile : 10m²
- Silicium poly-cristallin
- Tension de sortie des panneaux : entre 15 et 25V
- Parc batterie au plomb 12V
- Régulateur de charge PWM 13,6V

Exemple du lycée Roosevelt de Reims

L'étude porte sur une installation photovoltaïque autonome, c'est-à-dire non connectée au réseau de distribution.

Les élèves estiment l'énergie moyenne reçue en fonction du lieu d'étude, de l'orientation et de l'inclinaison de l'installation photovoltaïque.



Moyennes annuelles de l'énergie reçue sur une surface orientée au sud d'un angle égal à la latitude en kWh/m² par jour.

D'après l'Atlas européen du rayonnement solaire - Commission des communautés Européennes

Retrouvez éducol sur



Le document ci-dessous permet de déterminer le coefficient de correction qui dépend de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux solaires.

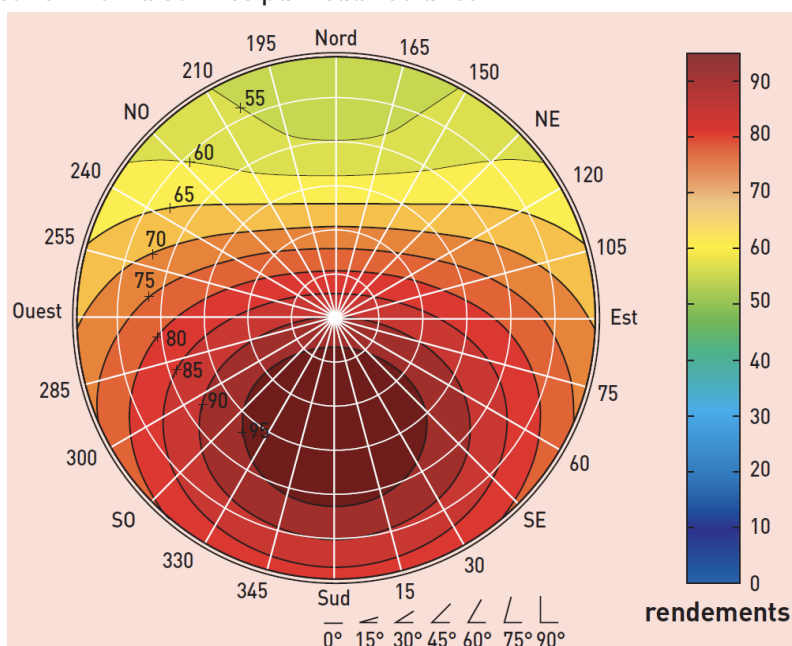


Diagramme simplifié illustrant le compromis entre performance et intégration d'un générateur photovoltaïque en fonction de son inclinaison (les cercles concentriques correspondent à des incréments de 15° de 0 à 90°) et de son orientation pour un lieu donné. Il met en évidence, par rapport au maximum théorique (orientation Sud et inclinaison de 38°), la décroissance des rendements (échelle de couleurs) liée à une orientation et une inclinaison non optimales.

D'après l'article intitulé [Les systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment](#) de la revue CLEFS CEA N°50/51 - Hiver 2004-2005.

On peut estimer l'énergie moyenne reçue par les panneaux solaires :

$$10 \text{ m}^2 \times 3,2 \text{ kW.h/m}^2/\text{jour} \times 0,95 = 30,4 \text{ kW.h/jour}$$

A partir d'une recherche sur la famille des modules utilisés pour réaliser les panneaux solaires, les élèves déterminent un rendement des panneaux photovoltaïques de l'ordre de 11,5 % et ils calculent l'énergie disponible en sortie de l'installation.

On peut estimer l'énergie électrique moyenne en sortie des panneaux solaires :

$$30,4 \text{ kWh/jour} \times 0,115 = 3,496 \text{ kWh/jour}$$

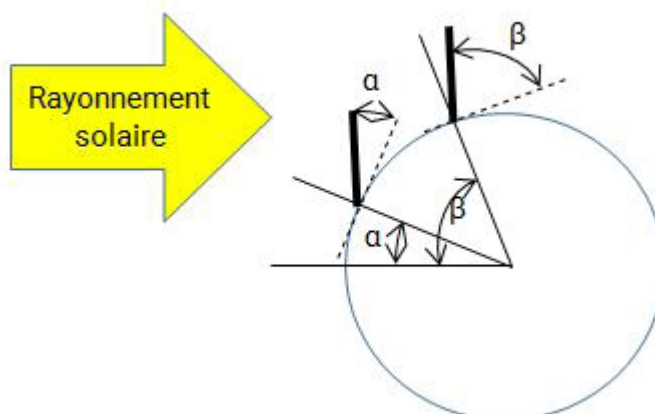
Pour déterminer l'énergie disponible pour recharger les smartphones, à partir de l'énergie électrique fournie par les panneaux solaires, il faut prendre en compte le rendement de l'ensemble « régulateur de charge-batterie-adaptateur ».

On peut estimer ce rendement 50% ($0,9 \times 0,7 \times 0,8 = 0,504$).

$$\text{Soit } E_{\text{dispo}} = 0,50 \times 3,496 = 1,75 \text{ kWh/jour.}$$

Donc, pour des batteries de téléphones portables stockant une énergie de 10 Wh en moyenne, il est possible de prévoir environ 175 recharges possibles par jour. Ce qui sera insuffisant pour l'ensemble des élèves du lycée.

Le professeur peut travailler avec le professeur de mathématiques si les élèves se questionnent sur l'indication suivante : Pourquoi une inclinaison d'un angle égal à la latitude est indiquée dans la légende du document ci-dessus ?



Ainsi la surface présentée au rayonnement solaire est la même quel que soit le lieu d'implantation des panneaux.

Il est possible d'estimer la différence de surface présentée au rayonnement si les panneaux sont toujours installés avec le même angle en tout lieu.

Quelle différence entre Lille et Perpignan si on incline les panneaux d'un même angle égale à la latitude de Perpignan ?

Latitude de Lille 50,6°

Latitude de Perpignan 42,7°

$$S_2 = S_1 \cdot \cos(\beta - \alpha) = 0,99 \cdot S_1$$

Un travail sur les valeurs moyennes en lien avec les mathématiques peut être aussi à explorer à partir des ressources du site regroupant les valeurs des relevés réalisés sur 10 ans en des mêmes lieux de l'Europe.

Pour plus d'information consulter le [document disponible sur le site « Publications Office of the European Union »](#).

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

Retrouvez éduscol sur



A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Problématique

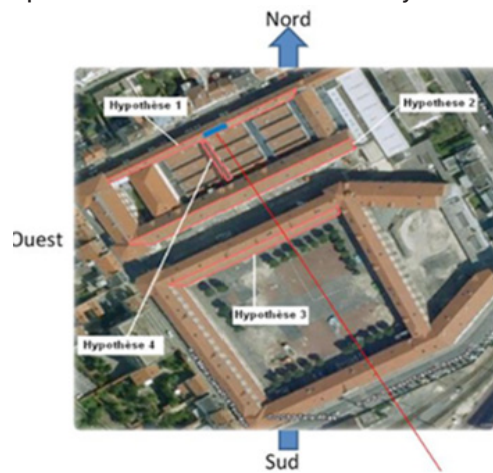
« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? »

Piste de recherche

Quelle est l'énergie électrique disponible à partir de l'installation des panneaux solaires présente sur le toit du lycée ?

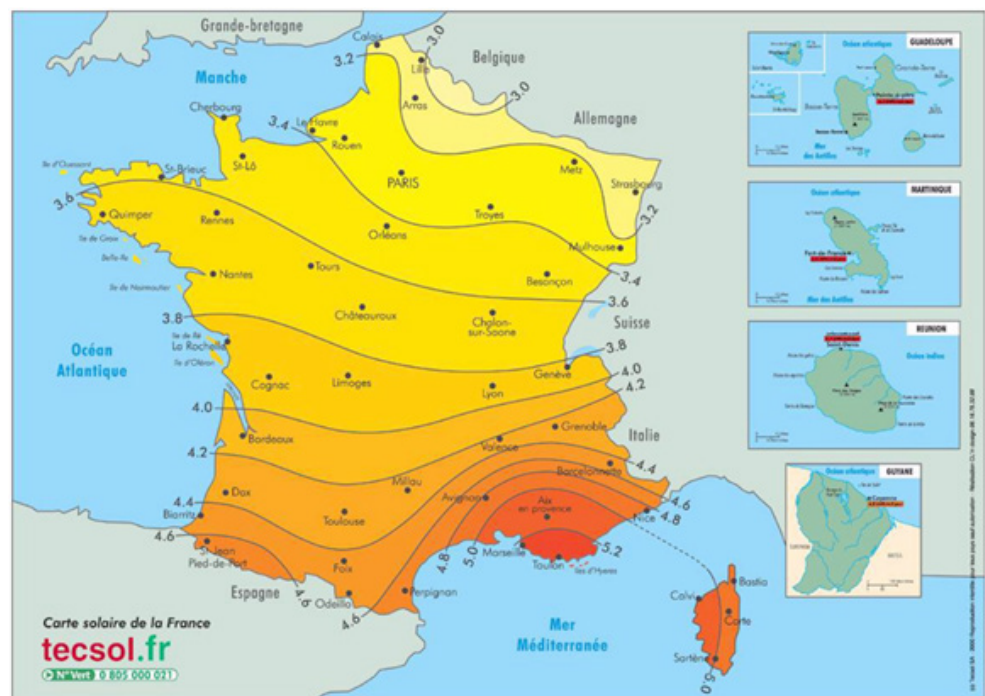
Document 1

Exemple des panneaux solaires installés au lycée Roosevelt de Reims.



- Orientation Sud-Sud-Est
- Inclinaison 35°
- Surface totale : 12m^2
- Surface utile : 10m^2
- Silicium poly-cristallin
- Tension de sortie des panneaux : entre 15 et 25V
- Parc batterie au plomb 12V
- Régulateur de charge PWM 13,6V

Document 2



Moyennes annuelles de l'énergie reçue sur une surface orientée au sud d'un angle égal à la latitude en kWh/m^2 par jour.

D'après l'Atlas européen du rayonnement solaire - Commission des communautés Européennes

Retrouvez éducol sur



Document 3

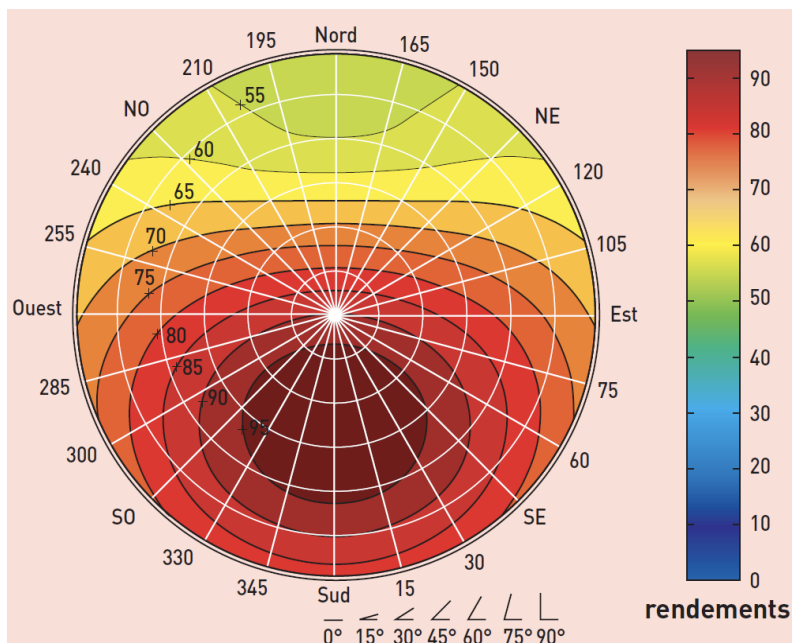


Diagramme simplifié illustrant le compromis entre performance et intégration d'un générateur photovoltaïque en fonction de son inclinaison (les cercles concentriques correspondent à des incréments de 15° de 0 à 90°) et de son orientation pour un lieu donné. Il met en évidence, par rapport au maximum théorique (orientation Sud et inclinaison de 38°), la décroissance des rendements (échelle de couleurs) liée à une orientation et une inclinaison non optimales.

D'après l'article intitulé [Les systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment](#) de la revue CLEFS CEA N°50/51 - Hiver 2004-2005.

Peut-on recharger les téléphones portables à partir de l'éolienne du lycée ?

Document professeur associé à la piste de recherche

Le lycée, situé dans une zone urbanisée, dispose d'une petite éolienne 3 pâles, disposée sur un mât à une hauteur de 25 m.

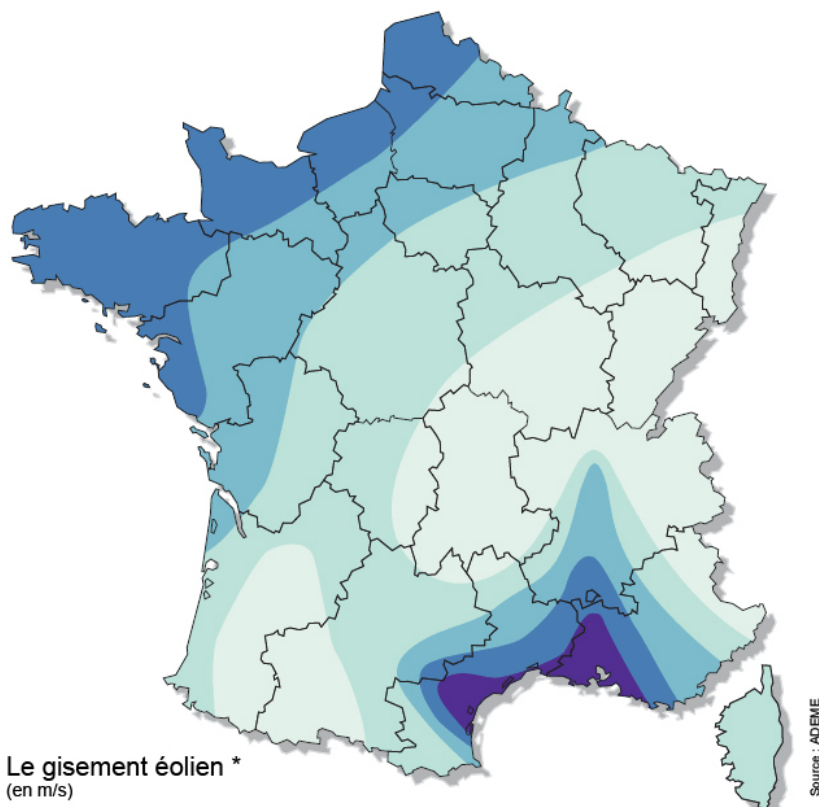
Caractéristiques de l'éolienne 400 W 12 VDC

- Système d'entraînement : direct par axe unique.
- Régulateur de charge inclus.
- Puissance de sortie nominale : 400 W.
- Puissance de sortie maximale : 450 W.
- Vitesse du vent maximale : 45 m/s (162 km/h).
- Vitesse de vent référence nominale : 12 m/s (43,2 km/h).
- Fréquence de rotation nominale : 830 tr/min.
- Vitesse de rotation au seuil de rotation : 2,5 m/s (9 km/h).
- Vitesse de rotation au seuil d'amorçage : 3 m/s (10,8 km/h).
- Diamètre du rotor : 1,45 m.

Retrouvez eduscol sur



Les élèves estiment le gisement éolien du lieu d'étude.



	Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** collines
Zone 1	< 3,5	< 4,5	< 5,0	< 5,5	< 7,0
Zone 2	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
Zone 3	4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10
Zone 4	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10 - 11,5
Zone 5	> 6,0	> 7,5	> 8,5	> 9,0	> 11,5

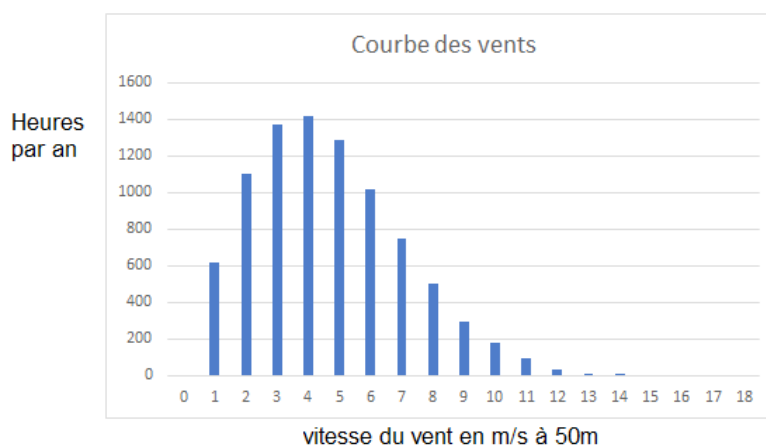
* Vitesse du vent à 50 mètres au dessus du sol en fonction de la topographie

** Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.

Source : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/eoliennes-terrestres>

Il faut connaître la répartition par fréquence des différentes vitesses de vent. Cette répartition est généralement représentée par un graphe, appelée distribution de Weibull.

Dans l'exemple ci-dessous, il apparaît que les vents les plus fréquents sont des vents faibles à moyens.



Retrouvez éducol sur



Le professeur peut travailler avec le professeur de mathématiques pour effectuer une étude statistique des relevés des vitesses moyennes journalières du vent.

Ressources :

- [Mathématiques éoliennes](#) sur le site de l'académie de Dijon.
- Thèse intitulée « [Ressource éolienne en France métropolitaine : méthodes d'évaluation du potentiel, variabilité et tendances](#) » de Bénédicte Jourdir, 2015.

Influence de la topographie locale :

Dans les basses couches de l'atmosphère, la friction de l'air contre la surface du terrain influence la vitesse du vent. L'écoulement de celui-ci dépend alors des obstacles rencontrés (rugosité du terrain) et des contours du paysage.

La vitesse du vent qui est nulle au sol, augmente avec l'altitude.

Elle est généralement modélisée par la relation suivante :

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha$$

Avec : v_0 et h_0 expriment la vitesse moyenne du vent et l'altitude au point de référence

v et h la vitesse du vent estimée à l'altitude h

α le coefficient de rugosité lié à la géographie du lieu :

- mer : $\alpha = 0,13$
- rivage : $\alpha = 0,16$
- plaine : $\alpha = 0,2$
- plaine boisée : $\alpha = 0,24$
- ville : $\alpha = 0,3$

Les vitesses du vent ont été mesurées à 50 m au-dessus du sol au point de référence (emplacement du lycée). Il faut donc évaluer les vitesses du vent pour l'éolienne à une hauteur de 25 m en zone urbaine à l'aide de la relation $v = v_0 \cdot 0,5^{0,3}$.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des vitesses du vent sur une année estimées à la hauteur de l'éolienne en ville.

Δt en h	0	620	1100	1370	1420	1290	1020	750	500	290	180	90	30	10	5	0	0
v_0 en m/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
v en m/s	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,7	10,5	11,3	12,2	13,0

La puissance éolienne incidente disponible est donnée par la relation :

$$P_{\text{éol}} = 0,5 \cdot S \cdot \rho \cdot v^3$$

Avec

- S : la surface apparente balayée par les pâles (en m^2)
- ρ : la masse volumique du fluide (en $kg.m^{-3}$)
- v : vitesse du vent (en $m.s^{-1}$)

La puissance éolienne incidente disponible sur une année est indiquée dans le tableau suivant :

Δt en h	0	620	1100	1370	1420	1290	1020	750	500	290	180	90	30	10	5	0
V en m/s	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,7	10,5	11,3	12,2
$P_{\text{éol}}$ en W	0	0,5	4,0	14	32	68	116	183	272	385	526	698	904	1146	1428	1798

L'énergie éolienne incidente disponible en moyenne sur une année, sans prendre en compte les vitesses inférieures à la vitesse d'amorçage est estimée par la relation :

$$E_{\text{éol}} = \sum_{i=0}^{i=n} P_{\text{éol } i} \cdot \Delta t_i = 840 \text{ kW.h}$$

En supposant le rendement de la conversion mécanique/électrique constant, l'énergie électrique disponible peut être estimée à partir des caractéristiques nominales de l'éolienne.

Le rendement du système est alors évalué à partir des valeurs nominales fournies :

$$P_{\text{éol nominale}} = 0,5 \times 1,65 \times 1,2 \times 123 = 1711 \text{ W}$$

$$\text{Donc } \eta = 400/1711 = 0,23$$

$$\text{On a alors } E_{\text{elec}} = 0,23 \cdot E_{\text{éol}} = 193 \text{ kW.h}$$

Il est également possible de déterminer l'énergie électrique en sortie de la chaîne de conversion à partir de la vitesse spécifique λ et du coefficient de puissance CP de l'éolienne, grandeurs et paramètres présentés dans les enseignements de spécialité d'innovation technologique de la série STI2D. Cette approche n'est pas développée ici.

L'énergie fournie par l'aérogénérateur étant convertit d'une forme à une autre, cette limite est donc affectée par tous les rendements propres aux différentes transformations (Hélice, multiplicateur/réducteur, génératrice à courant continu, batteries...).

Cette étude peut se faire en lien avec le professeur de STI2D.

Pour déterminer l'énergie disponible pour recharger les smartphones, à partir de l'énergie électrique fournie par l'éolienne, il faut prendre en compte le rendement de l'ensemble « régulateur de charge-batterie-adaptateur ».

Ce rendement est estimé à 50% ($0,9 \times 0,7 \times 0,8 = 0,504$)

$$\text{Soit } E_{\text{dispo}} = 0,50 \times 193 = 96,5 \text{ kW.h pour une année.}$$

Donc, pour des batteries de téléphones portables stockant environ 10 Wh, il est possible de prévoir un peu moins de 10 000 recharges par an. Ce qui sera insuffisant pour l'ensemble des

élèves du lycée.

Ressource complémentaire : [MOOC énergies renouvelables](#) de l'université virtuelle environnement & développement durable.

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Problématique

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? »

Piste de recherche

Quelle est l'énergie électrique disponible à partir de l'éolienne présente sur le toit du lycée ?

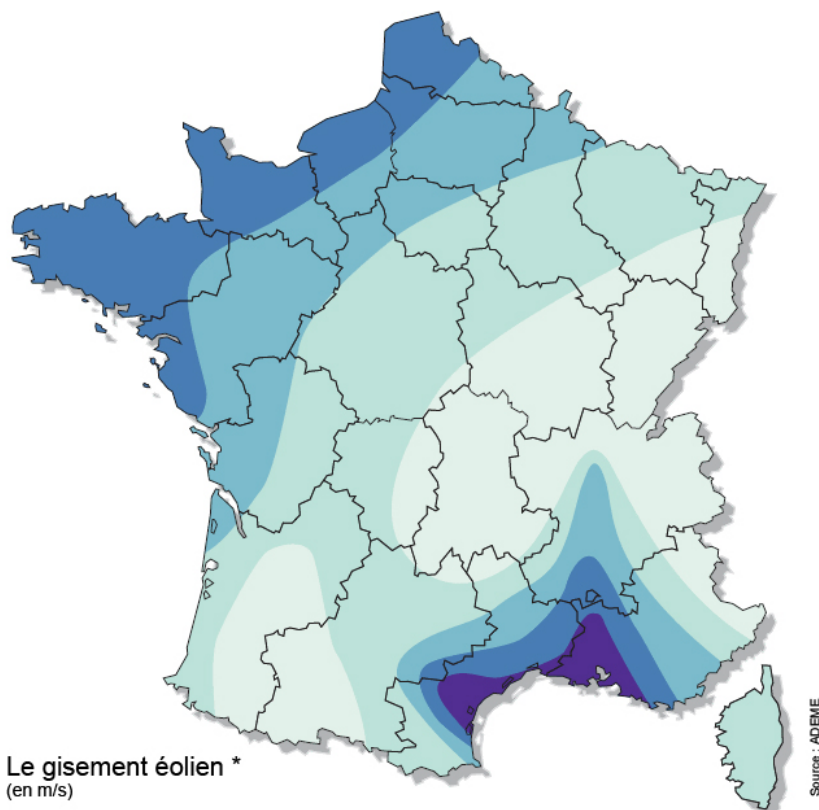
Document 1

Le lycée, situé dans une zone urbanisée, dispose d'une petite éolienne 3 pâles, disposée sur un mât à une hauteur de 25 m.

Caractéristiques de l'éolienne 400 W 12 VDC

- Système d'entraînement : direct par axe unique.
- Régulateur de charge inclus.
- Puissance de sortie nominale : 400 W.
- Puissance de sortie maximale : 450 W.
- Vitesse du vent maximale : 45 m/s (162 km/h).
- Vitesse de vent référence nominale : 12 m/s (43,2 km/h).
- Fréquence de rotation nominale : 830 tr/min.
- Vitesse de rotation au seuil de rotation : 2,5 m/s (9 km/h).
- Vitesse de rotation au seuil d'amorçage : 3 m/s (10,8 km/h).
- Diamètre du rotor : 1,45 m.

Document 2



		Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** collines
Zone 1		< 3,5	< 4,5	< 5,0	< 5,5	< 7,0
Zone 2		3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
Zone 3		4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10
Zone 4		5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10 - 11,5
Zone 5		> 6,0	> 7,5	> 8,5	> 9,0	> 11,5

* Vitesse du vent à 50 mètres au dessus du sol en fonction de la topographie

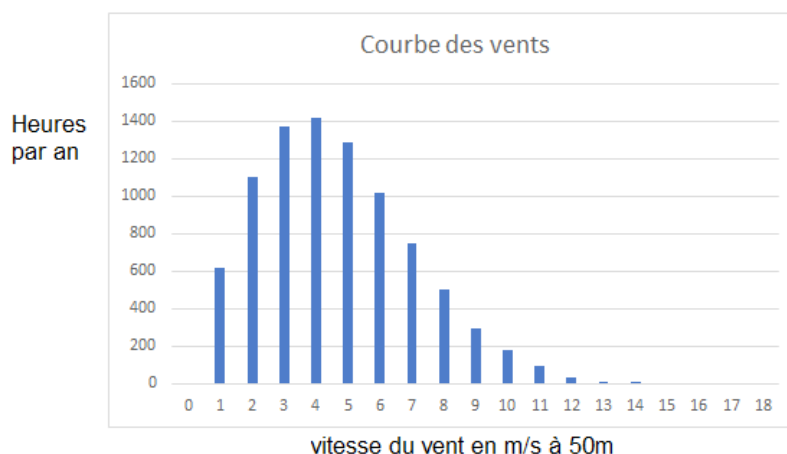
** Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.

Les élèves estiment le gisement éolien du lieu d'étude.

Source : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/eoliennes-terrestres>

Document 3

Répartition des différentes vitesses de vent au niveau du site étudié.



Ressource possible : www.windatlas.ademe.fr

Document 4

Influence de la topographie locale :

Dans les basses couches de l'atmosphère, la friction de l'air contre la surface du terrain influence la vitesse du vent. L'écoulement de celui-ci dépend alors des obstacles rencontrés (rugosité du terrain) et des contours du paysage. La vitesse du vent qui est nulle au sol, augmente avec l'altitude.

Elle est généralement modélisée par la relation suivante :

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha$$

Avec : v_0 et h_0 expriment la vitesse moyenne du vent et l'altitude au point de référence

v et h la vitesse du vent estimée à l'altitude h

α le coefficient de rugosité lié à la géographie du lieu :

- mer : $\alpha = 0,13$
- rivage : $\alpha = 0,16$
- plaine : $\alpha = 0,2$
- plaine boisée : $\alpha = 0,24$
- ville : $\alpha = 0,3$

Peut-on recharger les téléphones portables à partir de sièges dynamo installés au foyer du lycée ?

Document professeur associé à la piste de recherche

Quelle puissance peut fournir un individu lors du pédalage ?

Les élèves déterminent la puissance moyenne que peut fournir un individu suivant le type d'effort souhaité lors de la production d'électricité.

Tableau des zones d'intensités

INTENSITES	Zone d'Intensité 1	Zone d'Intensité 2	Zone d'Intensité 3	Zone d'Intensité 4	Zone d'Intensité 5	Zone d'Intensité 6	Zone d'Intensité 7
MOTS CLES	ENDURANCE DE BASE	TEMPO	ALLURE COMPETITION	PUISSANCE AEROBIE	PMA	SPRINT LONG	SPRINT COURT
EFFORT	LEGER	SOUTENU	TEMPO	SEUIL ANAEROBIE	MAXIMUM	LACTIQUE	ALACTIQUE
FREQUENCE CARDIAQUE	< 70% FCM	70 à 85% FCM	85 à 92% FCM	92 à 97% FCM	97 à 100% FCM	Non-utilisée	Non-utilisée
PUISSANCE DE TRAVAIL	30 à 50% PMA	50 à 68% PMA	68 à 78% PMA	78 à 85% PMA	85 à 100% PMA	100 à 180% PMA	180 à 300%PMA
PERCEPTIONS (item)	Pas de douleurs, respiration aisée, fatigue apparaît après plusieurs heures, tranquille	Très légères douleurs, début essoufflement, à l'aise mais moins facile	Douleurs musculaires, conversation difficile, mots brefs, allure course	Douleurs générales, conversation très difficile	Douleurs générales, conversation impossible	Grandes douleurs, allure départ, survitesse	Pas de douleur, effort très court, sprint
DUREE DE SOUTIEN A L'INTENSITE	Plusieurs heures	1h30 environ	30' à 1h environ	10 à 20' environ	5' environ	2' environ	20'' environ

Source : <https://acsotteville.wordpress.com/cyclo-cross/>

La PMA pour le cycliste, c'est quoi ?

Source : <https://www.lepape-info.com/cycle/la-pma-pour-le-cycliste-cest-quoi/>

Dans le langage courant des cyclistes on entend régulièrement parler de PMA. Tel ou tel coureurs est capable de réaliser tant de watts à PMA. Mais que signifient ces initiales ? Explications.

Lorsqu'on parle de Puissance Maximale Aérobie (PMA), on s'intéresse à la principale filière énergétique exploitée par le sportif d'endurance, la filière aérobie. Cette filière utilise l'oxygène comme comburant et les différentes sources d'énergie (lipides, protides, glucides) comme combustible. L'homme possédant un mauvais rendement énergétique musculaire, seulement 20 % de l'énergie produite va être transformé en travail mécanique, le reste étant évacué sous forme de chaleur par le corps à hauteur d'environ 80 %.

La PMA s'exprime en Watt et est une intensité que l'homme est capable de tenir de trois minutes pour une personne peu entraînée à 10 minutes pour un athlète de haut niveau. Elle est 180 W pour un cycliste moyen à 440 W pour un cycliste professionnel.

Exemple : les élèves choisissent de faire travailler l'individu qui pédale dans la zone d'intensité 1 (voir document) afin que l'effort fourni soit peu soutenu.

Si on prend le cas d'un cycliste moyen (180 W de PMA) qui fournit 40 % de PMA pendant 10 min, il fournira une énergie égale à $0,40 \times 180 \times 10 \times 60 = 43,2 \text{ kJ}$.

Comment fournir de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique et quelle est l'énergie électrique disponible ?

Exemple : Les élèves choisissent d'utiliser comme générateur un moteur DC mais au lieu d'appliquer une tension pour créer un couple, on applique un couple pour créer une tension.

Exemple : Moteur 24 V DC 250 W modèle MY1016

Le moteur est équipé d'origine d'un pignon de 11 dents au pas 1/4» (6.35 mm).

Caractéristiques électriques et mécaniques principales :

	Couple N.m	Vitesse de rotation tr/min	Puissance fournie W	Tension V	Courant A	Puissance consommée W	Rendement %
A vide	0.009	3350		24	1.6	38.4	12.57
Régime nominal	0.9	2650	253	24	13.4	321.6	78.73

Source : <http://pocketquadelectrique.csmoto.fr/informations/datasheet.php#couple>

Les élèves doivent réfléchir à la liaison mécanique entre le plateau du vélo et la génératrice afin d'optimiser la production électrique (vitesse de rotation du plateau, moment de couple à fournir au niveau du plateau).

Exemple : les élèves souhaitent que la génératrice tourne à sa vitesse nominale, 2650 tr/min, et cherche à déterminer la vitesse de rotation du pédalier qui en découle.

En choisissant un plateau de 34 dents, pour réduire l'effort de l'individu, et sachant que la génératrice a un pignon de 11 dents, cela donne un ratio de $24/11 = 3,1$ et donc une vitesse de pédalier égale à : $2650/3,1 = 855 \text{ tr/min}$, c'est-à-dire $855/60 = 14,3 \text{ tr/s}$. Ce type de liaison mécanique n'est donc pas adapté et il faut chercher à réduire la vitesse de pédalage.

Une solution consiste à utiliser la roue d'un vélo pour entraîner la génératrice.

Pourquoi stocker l'énergie électrique plutôt que l'utiliser directement pour charger un smartphone ?

Les élèves peuvent se poser la question de la durée de pédalage nécessaire au rechargement complet d'un smartphone. En supposant un rendement de 50 % (ensemble liaison mécanique-génératrice-régulateur-adaptateur) entre l'énergie fournie par l'utilisateur et l'énergie électrique reçue pour la recharge, les élèves peuvent en déduire que la durée de pédalage serait d'environ :

- 43,2 kJ pour 10 min de pédalage ;
- 12,5 Wh = 45 kJ d'énergie nécessaire à la recharge du smartphone ;
- $45 / 0,50 = 90 \text{ kJ}$ donne $(90 \times 10) / 43,2 = 21 \text{ min}$ de pédalage.

Suivant la quantité d'électricité nécessaire pour la recharge, la durée de pédalage peut être plus ou moins longue. D'où l'intérêt de stocker l'énergie électrique produite sans se préoccuper de la durée de pédalage d'un individu.

Exemple : les élèves choisissent de stocker l'énergie dans une batterie au plomb qui est la technologie la plus abordable.

« Les batteries sont sources de pertes électriques que nous pouvons quantifier par un rendement de charge η_{charge} . En effet, lorsqu'on charge une batterie, on lui fournit une certaine quantité d'énergie. Idéalement, cette même quantité d'énergie devrait pouvoir être entièrement restituée pendant la décharge de la batterie. Dans ce cas, on aurait un rendement de charge $\eta_{\text{charge}} = 1$.

En réalité, ce n'est pas le cas. Le rendement de charge-décharge est plutôt de l'ordre de 0,8. Cela signifie donc que 80 % de l'énergie fournie pendant la charge de la batterie est restituée par celle-ci pendant sa décharge. Les 20 % restants sont dissipés sous différentes formes (réactions chimiques secondaires et effet joule). »

Source : http://www.photovoltaique.guidenr.fr/cours-photovoltaique-autonome/V_rendement-batterie.php

Pourquoi est-il nécessaire d'utiliser un régulateur de charge ?

La génératrice ne peut pas se brancher directement sur les bornes de la batterie sous peine de la détruire. Pour résoudre ce problème, il faut connecter la génératrice à la batterie via un régulateur de charge. Le travail du régulateur de charge consiste à garder les tensions et les courants appliqués à la batterie dans le domaine souhaité pour la batterie.

Lors du choix du régulateur de charge, les élèves doivent trouver celui qui fonctionne dans la gamme d'entrées et de sorties qu'exigent la génératrice et la batterie.

Comment utiliser l'énergie électrique stockée dans la batterie pour recharger les téléphones portables ?

A partir d'une recherche, les élèves déterminent le type d'adaptation nécessaire (conversion 12 V DC / 5 V DC) et choisissent un convertisseur dont les caractéristiques sont les suivantes.

Bilan de l'étude

Les élèves effectuent un bilan en déterminant : le temps nécessaire pour recharger la batterie, le nombre de portables pouvant être chargés par la batterie, le nombre de « sièges dynamo » à installer pour satisfaire les besoins des élèves.

Exemple : les élèves prennent le cas d'un lycée de 1000 élèves qui effectuent une recharge complète de leur smartphone.

- Quantité d'énergie électrique nécessaire pour la recharge
 $1000 \times 10 = 10 \text{ kWh} = 36.10^3 \text{ kJ}$
- Quantité d'énergie électrique que doit absorber l'adaptateur 12 V DC / 5 V DC pour pouvoir fournir les 10 kWh lors de la recharge
On suppose que l'adaptateur a un rendement de 80 % ce qui donne
 $10 \text{ (kWh)} / 0,80 = 12,5 \text{ kWh}$

- Nombre de vélo-dynamo nécessaire pour recharger entièrement 1000 smartphones
Sachant que l'individu qui pédale fournit 43,2 kJ en 10 min, que le rendement de l'ensemble liaison mécanique-génératrice-régulateur-batterie-adaptateur est de 35 % ($0,9 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,7 \times 0,8 = 0,36$) et que le vélo fonctionnera au moins 1 heure, on en déduit le nombre de vélo-dynamo à utiliser pour recharger une batterie au plomb
 $60(\text{min}) \times 43,2 (\text{kJ}) / 10 (\text{min}) = 259,2 \text{ kJ}$
 $259,2 (\text{kJ}) \times 0,35 = 90,7 \text{ kJ}$
 $36.10^3 (\text{kJ}) / 90,7 (\text{kJ}) = 397 \text{ vélos-dynamo}$

Cela ne semble pas intéressant comme système de recharge mais le cas est extrême puisque l'on considère la recharge totale de 1000 smartphones.

Document élève associé à la piste de recherche

Situation déclenchante

Les élèves cherchent tous à recharger leurs téléphones portables dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Dans un lycée, labellisé E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable), le CVL (Comité de Vie Lycéenne) conduit une réflexion autour de la recharge des téléphones portables. Il s'interroge sur cette dépense énergétique à l'échelle du lycée et du pays.

Le CVL souhaite trouver des alternatives permettant à tous les élèves de pouvoir recharger leur smartphone au lycée sans augmenter la consommation d'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.

Le CVL organise une réunion pour débattre et chercher des pistes à explorer afin de soumettre un projet au proviseur de l'établissement.

A partir de votre expertise, quelle aide pouvez-vous apporter au CVL ?

Problématique

« Quel est l'impact énergétique de la recharge quotidienne d'un smartphone ? ».

Piste de recherche

Peut-on recharger les téléphones portables à partir de sièges dynamo installés au foyer du lycée ?

Document 1 : Tableau des intensités

INTENSITES	Zone d'Intensité 1	Zone d'Intensité 2	Zone d'Intensité 3	Zone d'Intensité 4	Zone d'Intensité 5	Zone d'Intensité 6	Zone d'Intensité 7
MOTS CLES	ENDURANCE DE BASE	TEMPO	ALLURE COMPETITION	PUISSANCE AEROBIE	PMA	SPRINT LONG	SPRINT COURT
EFFORT	LEGER	SOUTENU	TEMPO	SEUIL ANAEROBIE	MAXIMUM	LACTIQUE	ALACTIQUE
FREQUENCE CARDIAQUE	< 70% FCM	70 à 85% FCM	85 à 92% FCM	92 à 97% FCM	97 à 100% FCM	Non-utilisée	Non-utilisée
PUISSANCE DE TRAVAIL	30 à 50% PMA	50 à 68% PMA	68 à 78% PMA	78 à 85% PMA	85 à 100% PMA	100 à 180% PMA	180 à 300%PMA
PERCEPTIONS (item)	Pas de douleurs, respiration aisée, fatigue apparaît après plusieurs heures, tranquille	Très légères douleurs, début essoufflement, à l'aise mais moins facile	Douleurs musculaires, conversation difficile, mots brefs, allure course	Douleurs générales, conversation très difficile	Douleurs générales, conversation impossible	Grandes douleurs, allure départ, survitesse	Pas de douleur, effort très court, sprint
DUREE DE SOUTIEN A L'INTENSITE	Plusieurs heures	1h30 environ	30' à 1h environ	10 à 20' environ	5' environ	2' environ	20'' environ

Source : <http://pocketquadelectrique.csmoto.fr/informations/datasheet.php#couple>

Document 2 : La PMA pour le cycliste, c'est quoi ?

Source : <https://www.lepape-info.com/cycle/la-pma-pour-le-cycliste-cest-quoi/>

Dans le langage courant des cyclistes on entend régulièrement parler de PMA. Tel ou tel coureurs est capable de réaliser tant de watts à PMA. Mais que signifient ces initiales ? Explications.

Lorsqu'on parle de Puissance Maximale Aérobie (PMA), on s'intéresse à la principale filière énergétique exploitée par le sportif d'endurance, la filière aérobie. Cette filière utilise l'oxygène comme comburant et les différentes sources d'énergie (lipides, protides, glucides) comme combustible. L'homme possédant un mauvais rendement énergétique musculaire, seulement 20 % de l'énergie produite va être transformé en travail mécanique, le reste étant évacué sous forme de chaleur par le corps à hauteur d'environ 80 %.

La PMA s'exprime en Watt et est une intensité que l'homme est capable de tenir de trois minutes pour une personne peu entraînée à 10 minutes pour un athlète de haut niveau. Elle est 180 W pour un cycliste moyen à 440 W pour un cycliste professionnel.

Document 3

Moteur 24 V DC 250W modèle MY1016

Le moteur est équipé d'origine d'un pignon de 11 dents au pas 1/4" (6.35 mm).

Caractéristiques électriques et mécaniques principales :

	Couple N.m	Vitesse de rotation tr/min	Puissance fournie W	Tension V	Courant A	Puissance consommée W	Rendement %
A vide	0.009	3350		24	1.6	38.4	12.57
Régime nominal	0.9	2650	253	24	13.4	321.6	78.73

Source : <http://pocketquadelectrique.csmoto.fr/informations/datasheet.php#couple>