

## SUJET DE BAC STI2D : L'ORAL DE CONTRÔLE

# Le scooter électrique

DAVID POMMIER, FABIEN GUILLOU, CHRISTOPHE GROSSIORD, DANIEL CLOT [1]

*L'épreuve orale de contrôle, qui permet d'évaluer les compétences relatives à l'enseignement technologique transversal, s'appuie sur une étude de cas. À partir d'un dossier de système, le candidat résout un problème technique précis sans calculs mathématiques importants. Voici un exemple de dossier, relatif à un système pluritechnologique, qui viendra enrichir vos ressources pédagogiques.*

Un groupement d'industriels européens développe et produit un scooter électrique mû par un moteur brushless directement inséré dans la roue arrière **1**. Si le scooter est largement utilisé pour les déplacements urbains, nombre d'utilisateurs se déclarent intéressés par un modèle leur permettant des déplacements plus longs, notamment en zone rurale **2**. L'enjeu est donc de proposer le même scooter, mais équipé de façon à augmenter son autonomie (en kilomètres).

Dans un premier temps, les constructeurs veulent évaluer la part de l'électricité dédiée à la mobilité en France en 2013 (étude 1). Puis ils souhaitent vérifier le bien-fondé de la proposition d'un nouveau scooter (étude 2).

Ensuite, ils souhaitent améliorer la chaîne d'énergie du scooter en évaluant le rendement global, avant d'envisager le remplacement éventuel des batteries (étude 3 et 4) **3 4**.

Enfin, de façon à améliorer la consommation énergétique du scooter, les constructeurs envisagent de remplacer le matériau de la coque avant, du garde-boue et du sabot par un matériau plus léger (étude 5) **5**.

### Étude 1. Quelle est la place de l'électricité en tant qu'énergie pour les transports ?

Dans un premier temps, les constructeurs veulent évaluer la part de l'électricité dédiée à la mobilité. À partir du schéma de Sankey (ressource 1), l'élève relève la quantité totale d'énergie électrique produite d'origine nucléaire, soit 405 TWh, puis relève la quantité d'énergie électrique utilisée pour les transports : 9 TWh.

Enfin, il calcule la part, en pourcentage, de la quantité d'énergie électrique utilisée pour les transports par

**mots-clés**  
lycée  
technologique,  
prébac

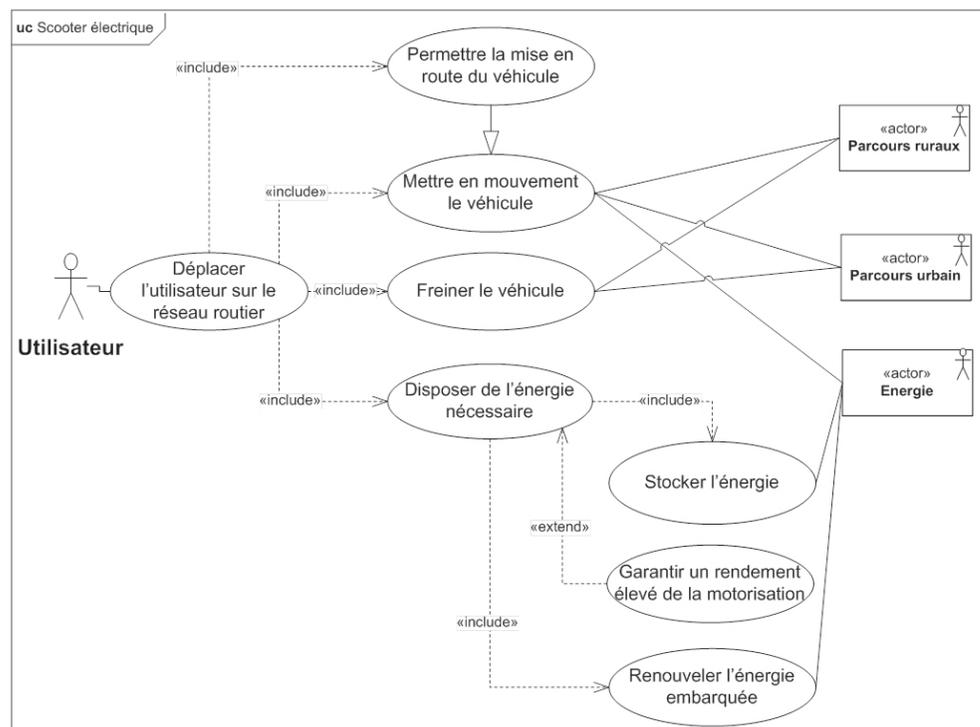
rapport à la quantité totale d'énergie électrique produite. Soit, en pourcentage :

$$9 \times 100 / 485 = 1,9 \%$$



Moteur brushless

**1** La position du moteur électrique sur le scooter

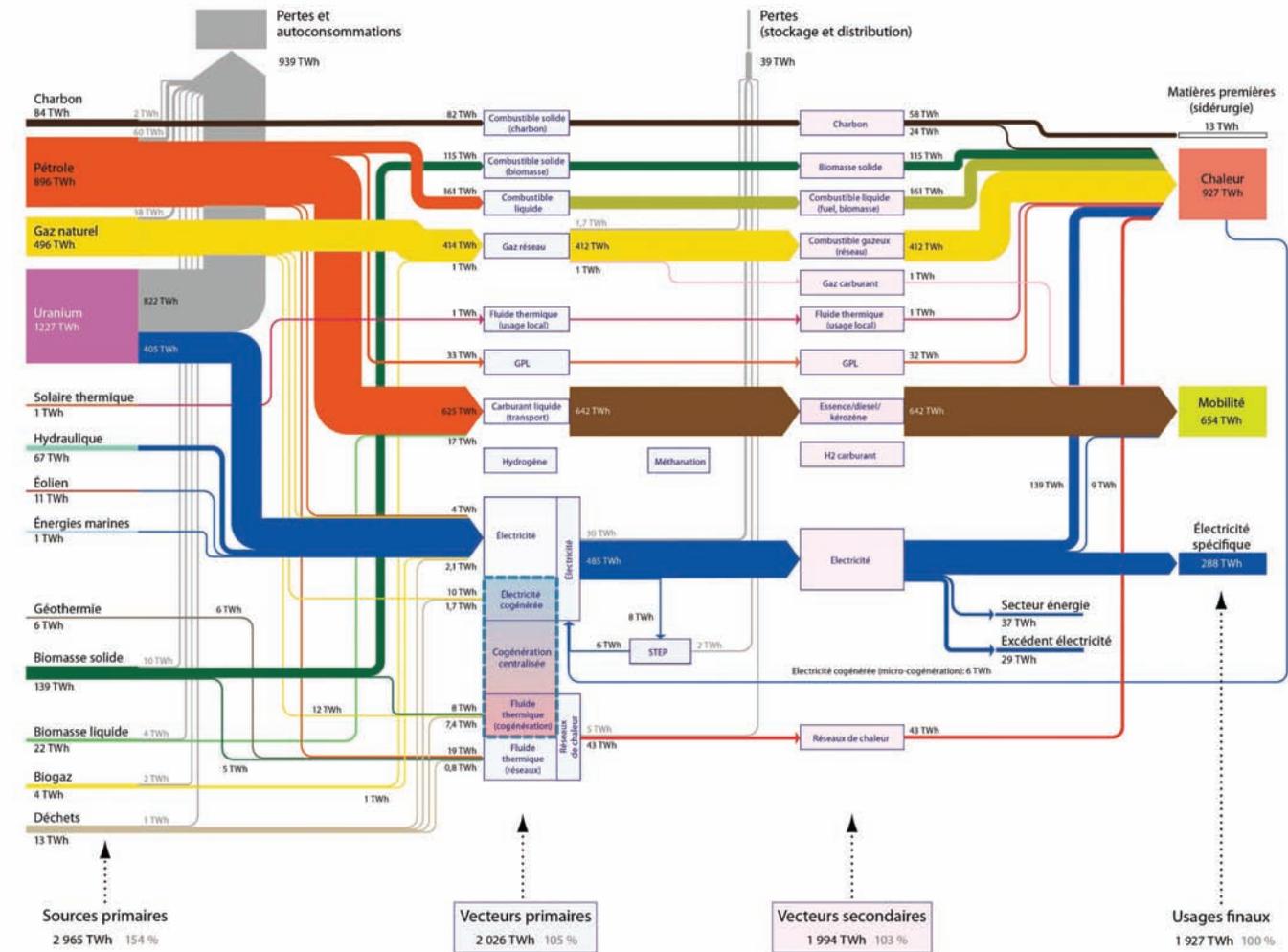


**2** Le diagramme des cas d'utilisation

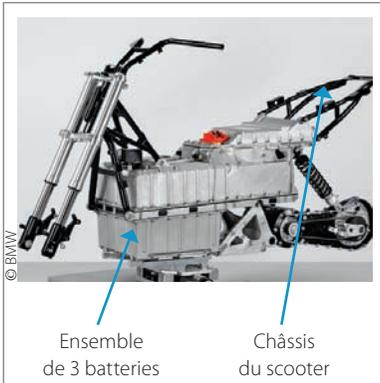
[1] Professeurs certifiés de SII (respectivement Itec, AC, Itec et EE) au lycée Saint-Exupéry de Bellegarde-sur-Valserine (01). Courriels : david.pommier@ac-lyon.fr ; fabien.guillou@ac-lyon.fr ; christophe.grossiord@ac-lyon.fr ; daniel.clot@ac-lyon.fr.

RESSOURCE 1

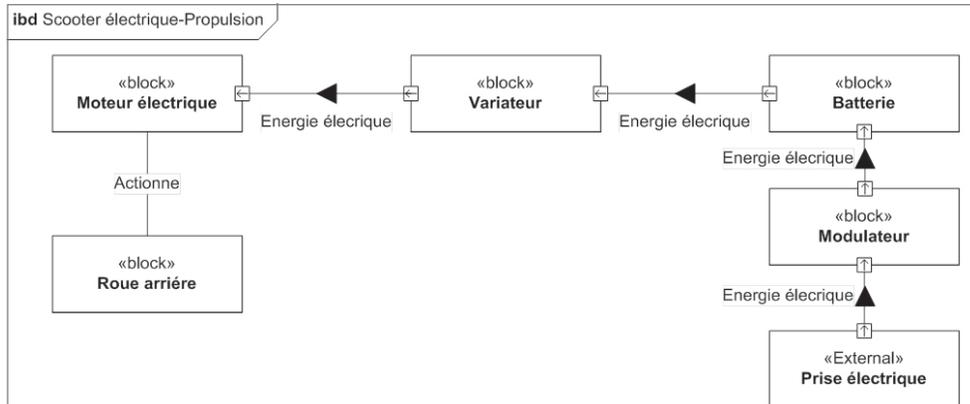
Le schéma de Sankey (France 2010)



Note de lecture : 1 TWh (térawattheure) = 10<sup>12</sup> Wh



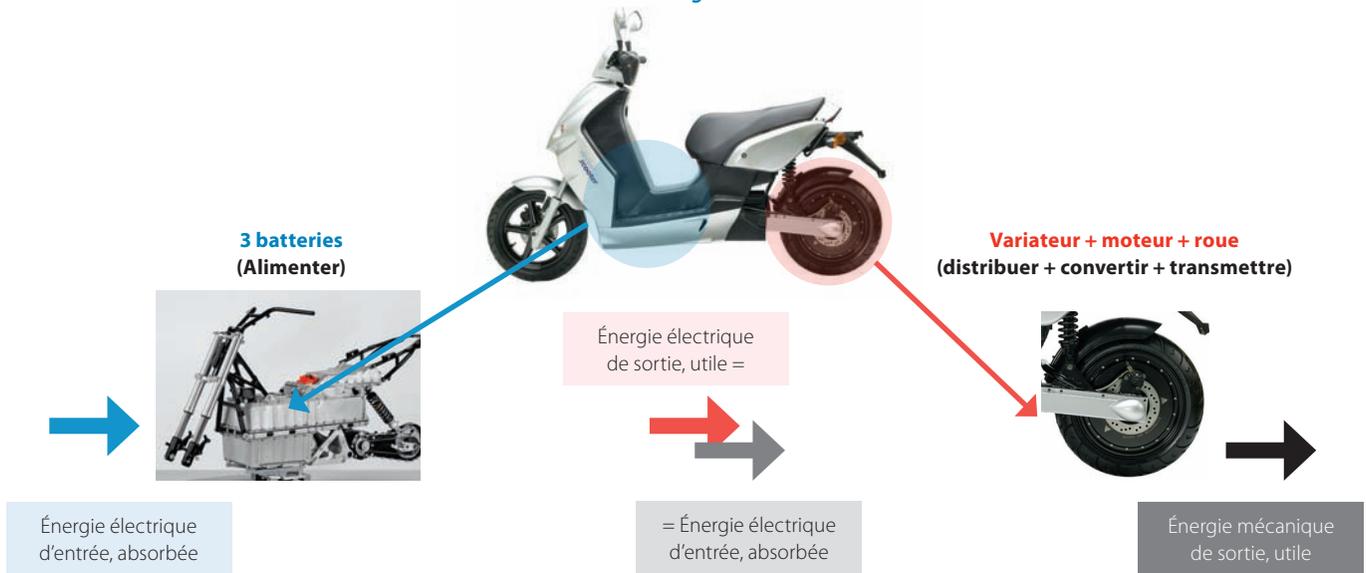
3 La position des batteries dans le châssis



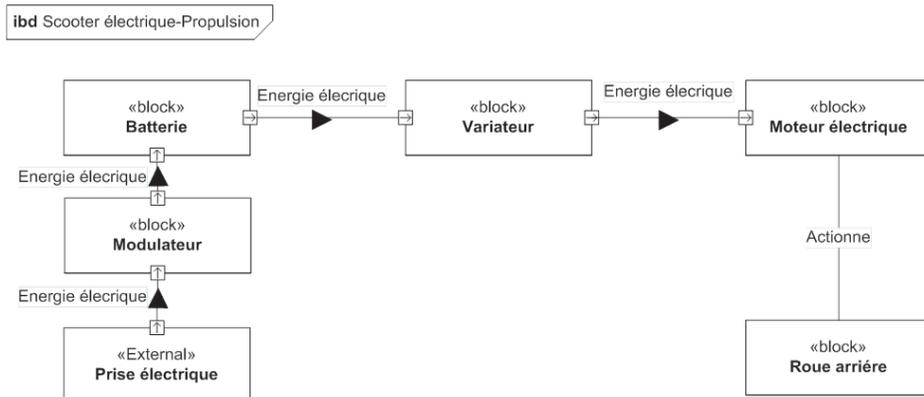
4 Le diagramme IBD de la propulsion

RESSOURCE 2

La chaîne d'énergie du scooter



Le diagramme IBD de la propulsion du point de vue énergétique



5 Les éléments dont le matériau est à remplacer

Étude 2. Un scooter doté d'une plus grande autonomie, est-ce un besoin croissant ?

Les constructeurs souhaitent vérifier le bien-fondé de la proposition d'un nouveau scooter.

À partir du graphique de l'évolution de la mobilité des personnes (ressource 3), l'élève indique à quel type de mobilité le scooter électrique répond : la mobilité régulière et locale.

L'élève justifie aussi le besoin de proposer sur le marché un scooter électrique dont l'autonomie sera portée à 80 km. En fait, 80 km est l'autonomie maximale du type de véhicules dont fait partie le scooter.

À partir du graphique de l'évolution des consommations d'énergie pour les transports (ressource 4), l'élève

détermine que le marché du scooter électrique va augmenter dans le futur à l'aide de la courbe bleue : il y aura au moins un doublement de la consommation d'électricité dans les transports.

Étude 3. Quel est le rendement global de la chaîne d'énergie ?

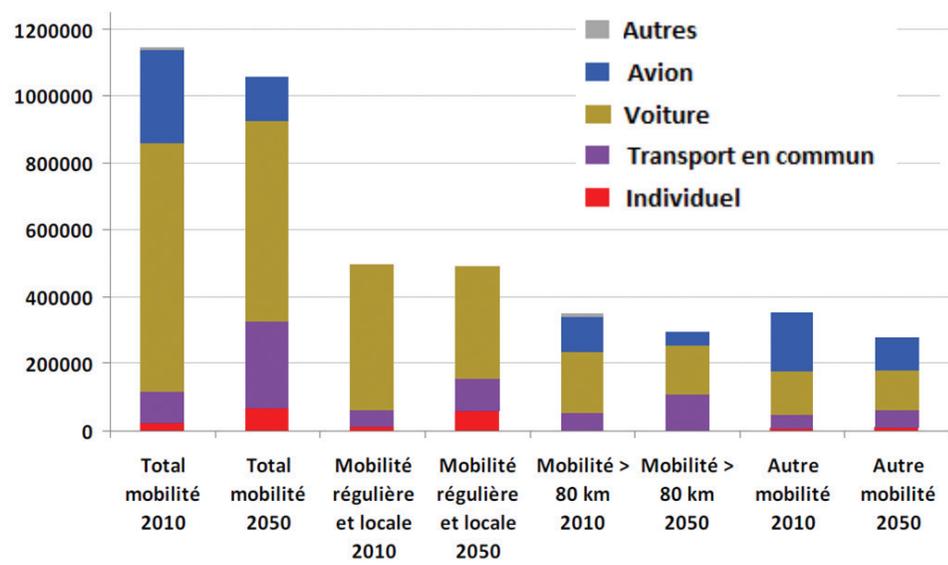
Les constructeurs envisagent de changer les composants de la chaîne d'énergie du scooter (ressource 2) afin d'en améliorer le rendement.

On mesure expérimentalement le rendement de l'ensemble variateur-moteur-roue (la chaîne d'énergie sans le bloc « alimenter ») pour estimer la marge d'amélioration possible.

Le scooter est installé sur un banc à rouleaux, sa vitesse est stabilisée.

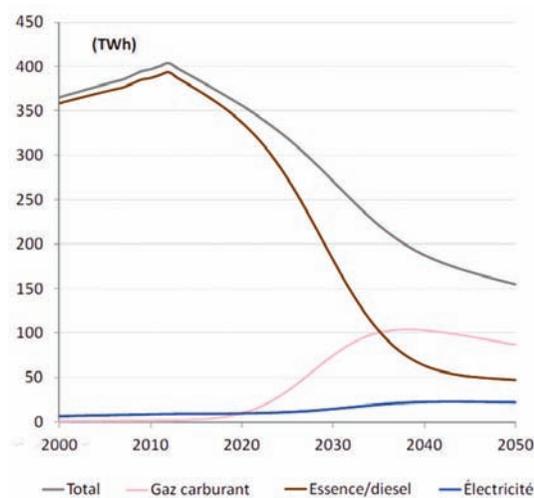
## RESSOURCE 3

## L'évolution de la mobilité des personnes



## RESSOURCE 4

## L'évolution des consommations d'énergie pour les transports



La recherche du rendement de l'ensemble variateur-moteur-roue s'effectue en trois temps :

- Mesure/calcul de l'énergie utile de sortie du scooter
- Mesure/calcul de l'énergie absorbée en entrée du variateur
- Calcul du rendement

Afin de réaliser la mesure de la vitesse angulaire de la roue  $\omega_{(\text{roue}/\text{châssis})}$ , une bande réfléchissante est collée sur le pneu. On pointe le faisceau

lumineux du tachymètre vers la bande. Pour chaque tour de roue, le faisceau lumineux est réfléchi. Le tachymètre affiche donc le nombre de tours par minute ( $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ ) : 535.

L'élève justifie, à partir de la valeur lue sur le tachymètre que

$$\omega_{(\text{roue}/\text{châssis})} = 56 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

Pour cela, il effectue une conversion :

$$\omega_{(\text{roue}/\text{châssis})} = 2 \times \pi \times n / 60$$

$$= 2 \times \pi \times 535 / 60 = 56,025 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

Le banc de mesure à rouleaux permet la mesure du couple exercé par la roue arrière :

$$C_{\text{roue}} = 51 \text{ N}\cdot\text{m}$$

L'élève calcule, à partir de  $C_{\text{roue}}$  et de  $\omega_{(\text{roue}/\text{châssis})}$ , l'énergie utile de sortie

du scooter (en Wh) pour 1 heure de fonctionnement :

$$E_{\text{utile}} = P_{\text{utile}} \cdot t = C_{\text{roue}} \cdot \omega_{(\text{roue}/\text{châssis})} \cdot t$$

$$= 51 \times 56 \times 1 = 2\,856 \text{ Wh}$$

Lors du fonctionnement du scooter sur son banc, l'intensité et la tension absorbées en entrée du variateur sont mesurées à l'aide d'une pince multifonction.

L'élève calcule, à partir des valeurs mesurées **7**, l'énergie absorbée en entrée du variateur (en Wh) pour une heure de fonctionnement :

$$E_{\text{absorbée}} = U \cdot I \cdot t$$

$$= 11,6 \times 270 \times 1 = 3\,132 \text{ Wh}$$

Il montre alors que le rendement énergétique de l'ensemble variateur-moteur-roue vaut 0,92 en faisant le rapport entre les énergies :

$$h_{\text{énergétique}} = E_{\text{utile}} / E_{\text{absorbée}}$$

$$= 2\,856 / 3\,132 = 0,9119$$

Il conclut, à l'aide du tableau **8**, sur l'intérêt de faire évoluer la motorisation du scooter. Il constate que le rendement est bon, proche de la valeur de référence de 0,95. Il est donc difficile, à moindre coût, d'améliorer le rendement de cette chaîne. L'écart entre les deux valeurs peut être dû à la liaison pivot avec la roue.

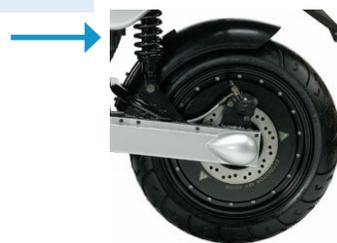
## Étude 4. Quel nouveau type de batteries choisir ?

Les constructeurs veulent améliorer la chaîne d'énergie du scooter, et l'une des pistes retenues est le remplacement de l'ensemble des 3 batteries.

Le critère de durée de vie peut guider le constructeur dans son choix. En effet, avant l'achat, l'utilisateur se demandera combien d'années dureront

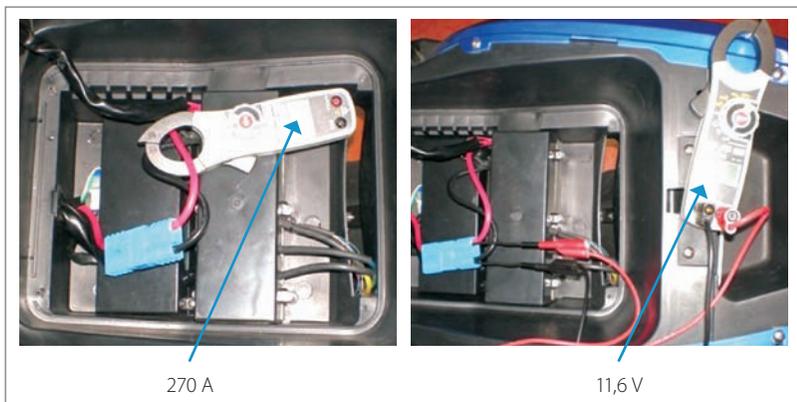
Variateur + moteur + roue  
(distribuer + convertir + transmettre)

Énergie électrique absorbée en entrée



Énergie mécanique utile en sortie

**6** L'ensemble variateur-moteur-roue



**7 L'intensité et la tension relevées à l'entrée du variateur**

Type de chaîne d'énergie	Rendement
Moteur thermique à injection essence	0,35
Ensemble variateur et moteur électrique à courant continu	0,75
Ensemble variateur et moteur électrique brushless	0,95

**8 Le tableau des rendements**

	Plomb	Ni-Cd	Li-ion	Li-Po
Durée de vie (nombre de recharges)	400	2 000	1 000	2 000
Durée de vie (années)	4	20	10	20

**9 Les durées de vie des différentes batteries**

	Plomb	Ni-Cd	Li-ion	Li-Po
Énergie massique en Wh·kg <sup>-1</sup>	50	60	150	190
Masse de la batterie en kg	80	66,7	26,7	21

**10 Les masses des différentes batteries**

les batteries du scooter et se rappellera que le nouveau modèle aura une autonomie de 80 km.

L'utilisateur se servira du scooter sur une période de 44 semaines chaque année, 5 jours par semaine pour son trajet domicile-travail aller-retour, de 20 km, et le week-end pour un déplacement de 80 km.

L'élève calcule ici le nombre de charges par année que devra réaliser l'utilisateur :

$$5 \times 20 + 80 = 180 \text{ km/semaine}$$

$$\text{soit } 180 / 80 = 2,25$$

$$\text{soit } 3 \text{ charges/semaine}$$

$$180 \times 44 = 7\,920 \text{ km/an}$$

soit  $7\,920 / 80 = 99 = 100$  charges/an  
Il compare, à partir du résultat précédent et des 4 technologies présentées dans le tableau des différentes technologies de batteries (ressource 5), les durées de vie en années des batteries du scooter. Pour cela, il convertit le nombre de charges maximal selon chaque technologie en durée de vie en années et place les résultats dans le tableau 9.

Le critère de la masse peut aussi guider le constructeur dans son choix, car un gain de masse améliorerait la consommation énergétique du scooter.

Le scooter devra stocker 4 000 Wh pour garantir les 80 km d'autonomie.

L'élève compare, à partir de cette donnée et des 4 technologies présentées dans la ressource 5, les masses des batteries du scooter. Il doit indiquer que la masse de la batterie =  $4\,000 / \text{énergie massique de la batterie}$ . Il complète le tableau 10, et conclut : c'est la Li-Po la plus légère et la batterie au plomb la plus lourde.

Il définit ensuite d'autres critères qui peuvent entrer en ligne de compte dans le choix de nouvelles batteries. Chaque type de batteries a des avantages et des inconvénients. La Ni-Cd n'est plus fabriquée, car le cadmium (Cd) est interdit. La batterie au plomb est écologique et a une faible autodécharge. La batterie Li-Po a une forte énergie massique et une grande durée de vie. Il y a encore d'autres critères envisageables, comme l'encombreme-

ment, la température de fonctionnement ou le prix.

**Étude 5. Allègement de la coque avant, du sabot et du garde-boue**

L'allègement général du scooter est une piste pour augmenter son autonomie. Les concepteurs recherchent un matériau plus léger pour la coque avant, le sabot et le garde-boue.

Le matériau de la coque doit répondre à différents critères :

- Être adapté à un procédé qui permette des formes complexes (demande du designer).
- Se déformer de plusieurs millimètres lorsqu'il subit une contrainte équivalente à un coup donné par un adulte (environ  $10 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ ), puis reprendre sa forme.
- Être léger, pour limiter le poids du scooter.

L'élève justifie, à partir de ces critères et de la loi de Hooke (ressource 6), l'affirmation suivante : « Le module d'Young du nouveau matériau doit être faible. »

En effet, sous une faible contrainte  $\sigma$  (action d'un adulte), l'enfoncement du matériau  $\Delta l$  doit être important ( $\epsilon = \Delta l / l$ ). Le module d'Young  $E$  doit donc être faible.

Il propose, à l'aide du diagramme de choix de matériaux de la ressource 6, une famille de matériaux qui conviendrait à la réalisation de la coque, du sabot et du garde-boue. Les matériaux mous sont légers, mais grandement déformables. Les matériaux naturels sont un bon compromis. Il propose, à partir du tableau des caractéristiques des matériaux présélectionnés de la ressource 6, celui qui lui paraît le plus adapté. Une coque à base de fibres de lin serait légère, déformable et économique. ■

*En ligne*

L'intégralité du sujet est disponible à cette adresse :

[www.ac-paris.fr/portail/jcms/p2\\_748007/sujet-zero-doral-de-contrôle-du-bac-sti2d?cid=p1\\_99900&portal=p1\\_99951](http://www.ac-paris.fr/portail/jcms/p2_748007/sujet-zero-doral-de-contrôle-du-bac-sti2d?cid=p1_99900&portal=p1_99951)



Retrouvez tous les liens sur <http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie>

### L'organisation de l'épreuve de contrôle

La note de service n° 2012-037 du 05-03-2012 définit l'épreuve relative aux enseignements technologiques transversaux, l'épreuve de projet en enseignement spécifique à la spécialité et l'épreuve d'enseignement technologique en langue vivante 1 dans la série STI2D à compter de la session 2013.

L'épreuve orale de contrôle, qui permet d'évaluer des compétences, et les connaissances associées, de la partie relative aux enseignements technologiques communs, s'appuie sur une étude de cas issue d'un dossier fourni au candidat par l'examineur et présentant un système. Il s'agit de résoudre un problème technique précis (sans calculs mathématiques importants).

Cette épreuve est coefficientée 8 au baccalauréat. Sa durée est de 20 minutes, avec une préparation préalable d'une heure. C'est une épreuve sous la forme papier, mais le questionnement peut être complété par des vidéos ou des maquettes numériques si nécessaire.

Il s'agit d'une épreuve orale, donc aucun document écrit ou document réponse n'est exigible pour l'évaluation.

### RESSOURCE 5

#### Les différentes technologies de batteries

Type	Plomb <sup>(1)</sup>	Ni-Cd	Li-ion	Li-Po
<b>Critère</b>				
Énergie massique en Wh·kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	50	60	150	190
Durée de vie (nombre de recharges)	400	2 000	1 000	2 000
Autodécharge (% par mois d'inutilisation)	5	20	10	10
Recyclage	Entièrement recyclable <sup>(3)</sup>	Complicé à cause du cadmium (métal lourd, polluant)	–	–
Prix	Faible	Faible	Élevé	Élevé
Effet mémoire	Sans <sup>(4)</sup>	Oui	Très faible	
Diffusion dans le commerce	Très répandue	–	–	–
Autres	Sensible aux températures négatives (perte d'autonomie jusqu'à -25 % à -10 °C)	Supporte de grands courants de charge et décharge grâce à leurs faibles résistances internes	Risque d'explosion si toutes les conditions de sécurité ne sont pas remplies Usure même en cas de non-utilisation	Peut prendre des formes fines et variées Charge soumise à des règles strictes (risque d'inflammation)

- (1) • Plomb-acide : utilisées surtout sur les automobiles (batteries de démarrage).
- Plomb-gel : sans entretien, elles sont très utilisées dans le véhicule électrique.
- Plomb-silicone : elles commencent à faire leur apparition sur le marché et offrent plus de résistance que les batteries traditionnelles.
- (2) Énergie massique, appelée aussi densité massique.
- (3) Ne pollue pas si bien recyclé (seul 1/3 des piles et batteries est mis au recyclage).
- (4) La batterie peut être rechargée quand on veut, à n'importe quel niveau de décharge.

### RESSOURCE 6

#### La loi de Hooke et les familles de matériaux

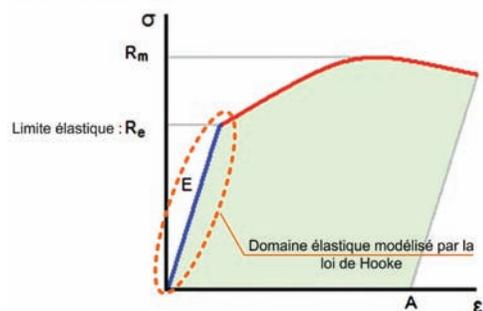
Loi de Hooke :  $\sigma = E \cdot \epsilon$

$\sigma$  : contrainte exprimée en N·mm<sup>-2</sup>

E : module de Young exprimé en MPa

$\epsilon$  : allongement relatif en %  $\epsilon = \Delta l / l$  avec l la longueur initiale et  $\Delta l$  l'allongement

Courbe d'essai de traction :



Caractéristiques des matériaux présélectionnés :

Matériau	Masse volumique (10 <sup>3</sup> kg·m <sup>-3</sup> )	Prix moyen en 2013 (€/kg)	Module d'Young (GPa)	Limite élastique (MPa)	Résistance à la rupture (MPa)
Époxyde/carbone	de 1 500 à 1 600	57	de 69 à 150	de 550 à 1 050	de 550 à 1 050
Polystyrène expansé	de 47 à 53	1,62	de 0,025 à 0,03	de 0,8 à 1	de 1 à 1,2
Polycarbonate	de 1 140 à 1 210	3,92	de 2 à 2,44	de 59 à 70	de 60 à 72
Lin	de 120 à 240	7,92	de 0,013 à 0,05	de 0,3 à 1,5	de 0,5 à 2,5

Diagramme de choix de matériaux :

