

ÉVALUATION physik.fr	
CLASSE : Terminale	E3C : ☐ E3C1 ☒ E3C2 ☐ E3C3
VOIE : ☒ Générale	ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1 h	CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

Thème « Une histoire du vivant »

La voiture électrique : une technologie du XXI^e siècle ?

Sur 10 points

L'objectif de cet exercice est de discuter de la place de la voiture électrique et de la voiture thermique par une approche historique, mais également par comparaison du rendement des moteurs ainsi que de leur impact sur l'environnement et la santé.

Partie 1 – Des découvertes scientifiques au développement de solutions technologiques

Document 1 – Une brève histoire du moteur électrique

L'histoire des véhicules électriques s'inscrit dans une succession de découvertes scientifiques et techniques depuis près de 200 ans. Tout commence avec les premières découvertes sur l'électromagnétisme au début du XIX^e siècle par Hans Christian Ørsted (Danemark), approfondies ensuite par André-Marie Ampère (France).

Ces premières études posent les bases de la compréhension de l'interaction entre électricité et magnétisme. Michael Faraday (Royaume-Uni) et ses contemporains découvrent l'induction électromagnétique, qui permet de concevoir les premiers moteurs électriques. Ces moteurs se heurtent rapidement aux limites technologiques de l'époque, notamment en matière de stockage de l'énergie. Les piles, comme la pile inventée par Alessandro Volta (Italie), bien que pionnières, sont encore peu efficaces.

Malgré ces défis, les années 1830 voient naître les premiers efforts d'industrialisation des moteurs électriques malgré le coût élevé des matériaux pour les batteries, comme le zinc, qui rend ces moteurs non viables économiquement face à la concurrence des moteurs à vapeur. Avec les inventions de la dynamo et des alternateurs par Zénobe Gramme (Belgique) et Ernst von Siemens (Allemagne), la production d'électricité devient plus accessible et facilite l'utilisation des moteurs électriques pour des applications. En 1881, Gustave Trouvé en France et Thomas Parker en Angleterre développent des véhicules électriques, tandis qu'en 1890, Frank Julian Sprague améliore les tramways électriques aux États-Unis, popularisant le moteur électrique pour les transports urbains.

Les préoccupations climatiques récentes et les innovations en stockage d'énergie (batteries Li-ion) ont revitalisé l'intérêt pour les véhicules électriques.

Source : d'après *RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT - JANVIER 2023 - N°109*
© Annales des Mines

- 1- À l'aide du document 1 et de vos connaissances, reporter sur votre copie les lettres des phrases ci-dessous qui, selon vous, devraient correspondre aux principes caractérisant la construction des connaissances scientifiques amenant au développement d'une solution technologique telle que le moteur électrique :
- a. Un scientifique travaille seul dans son laboratoire.
 - b. Pour avancer, les scientifiques collaborent sans limite de frontière.
 - c. Les scientifiques font des allers-retours entre la théorie et la pratique.
 - d. Les femmes ne s'entendent pas bien avec les sciences et la technologie.
 - e. Pour être validée, une connaissance scientifique ne doit pas s'opposer aux croyances du moment.
 - f. Les recherches qui ne trouvent pas d'applications rapidement rentables ne peuvent pas aboutir.
 - g. Pour valider une connaissance scientifique, celle-ci doit faire l'objet de tests reproductibles.

Partie 2 – Étude comparée du rendement des moteurs thermiques et électriques

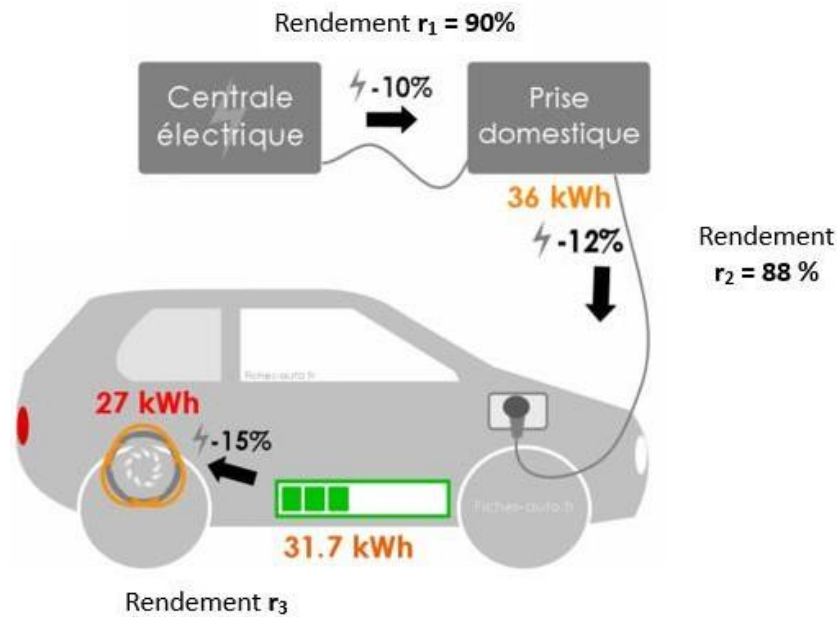
Pour comparer l'efficacité énergétique des moteurs, il est pertinent d'utiliser leurs rendements, calculés en considérant l'ensemble de la chaîne de transformation énergétique associée à chaque type de moteur.

D'après le site de l'Institut Français du Pétrole « *IFP énergies nouvelles* », un moteur thermique a un rendement moyen $\eta_{\text{thermique}} = 36 \%$.

- 2- Donner la valeur du rendement η_3 correspondant à la conversion du moteur électrique du véhicule présenté sur le document 2 page suivante.

Pour être pertinent, le calcul du rendement d'un moteur électrique doit aussi prendre en compte les différentes pertes d'énergie électrique depuis le site de production jusqu'à la prise électrique permettant de recharger la voiture.

Document 2 – Chaîne de rendement pour une voiture électrique



Source : d'après Fiches Auto

- 3- Sachant que le rendement global d'une voiture électrique est égal au produit des rendements des différentes étapes depuis la centrale électrique jusqu'au fonctionnement des roues, calculer la valeur $r_{\text{électrique}}$ de ce rendement global.
- 4- Conclure alors sur l'efficacité énergétique des deux types de moteurs, thermique et électrique.

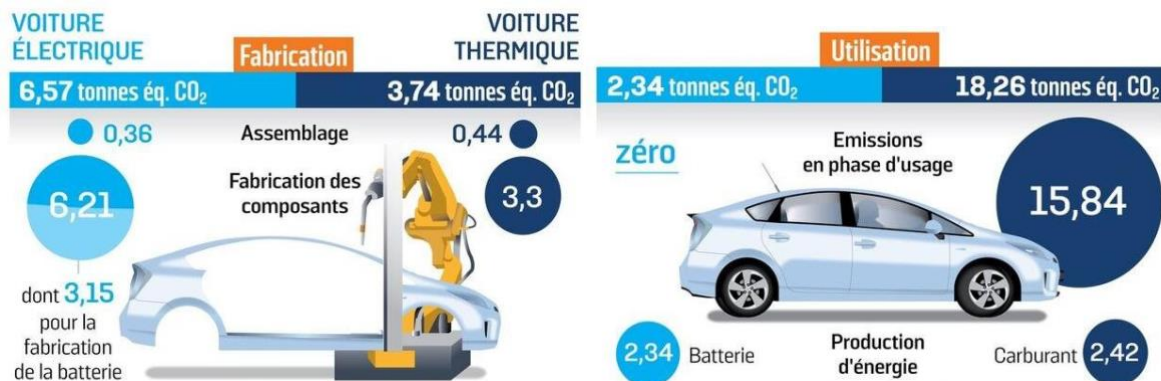
Partie 3 – Impact environnemental et sanitaire des voitures

On souhaite compléter l'étude précédente par une évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des voitures électriques et thermiques.

- 5- En utilisant le document 3 page suivante, calculer les émissions totales de CO_2 d'une voiture achetée neuve et conduite sur 150 000 km pour les deux types de moteurs, thermique et électrique. Comparer les résultats.
- 6- Argumenter de l'intérêt des voitures électriques à grande autonomie (480 km) vis-à-vis des émissions de particules fines à l'aide du document 4 page suivante.

Document 3 – Quantité de dioxyde de carbone rejetée par les voitures électriques et thermiques

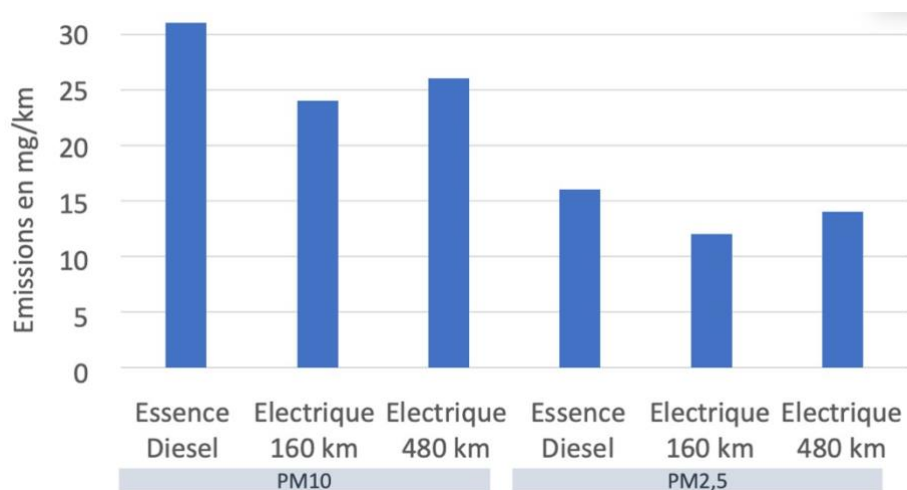
Les valeurs sont exprimées en tonnes équivalent CO₂ pour une utilisation sur 150 000 km.



Source : ADEME – Agence de la transition écologique

Document 4 – Comparaison de la libération de particules fines par les voitures électriques et thermiques

Le graphique ci-dessous présente les émissions de particules fines PM₁₀ (taille inférieure à 10 µm) et PM_{2,5} (taille inférieure à 2,5 µm) en fonction du type de véhicule : thermique (essence et diesel) et électrique (avec une autonomie de 160 km ou de 480 km).



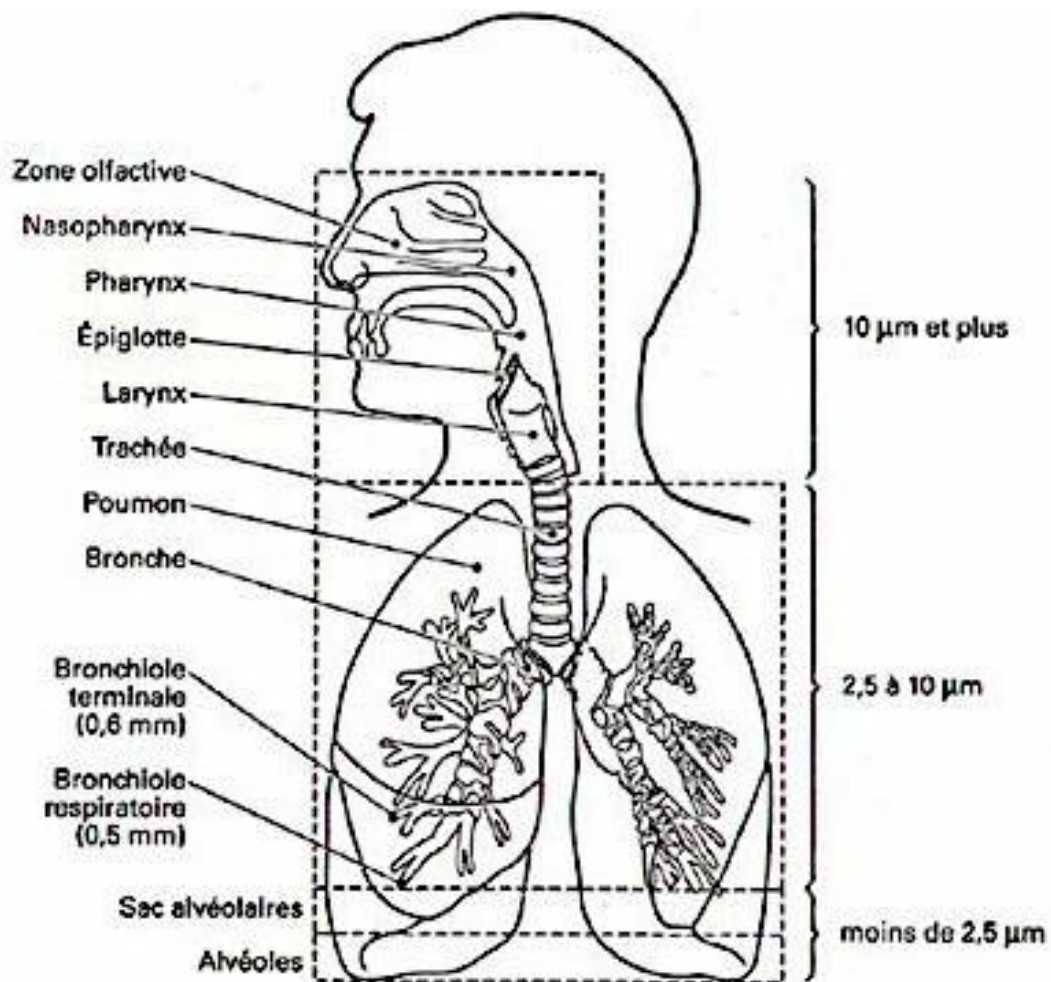
Source : D'après ADEME – Agence de la transition écologique

Les résultats de la surveillance mise en place par Santé publique France montrent une association significative entre l'augmentation des niveaux de pollution, tels que pour les particules PM_{2,5}, et celle du nombre de décès : une étude, dénommée Gazel'Air, a utilisé les données de la cohorte Gazel (coordonnée par l'Inserm) afin d'établir, pour la première fois en France, le lien entre 25 ans d'exposition à la pollution atmosphérique, la mortalité et des indicateurs de maladies cardiovasculaires, respiratoires et le diabète dans une population d'étude de plus de 20 000 travailleurs EDF-GDF volontaires suivis de 1989 à 2015.

Cette évaluation a montré que dans notre pays, près de 40 000 personnes décèdent chaque année de la pollution de l'air, correspondant à une perte de 7,6 mois d'espérance de vie.

- 7- Relever dans ces informations deux indicateurs de la fiabilité de l'étude Gazel'Air.
- 8- Proposer une origine possible des symptômes liés à l'exposition aux particules fines en utilisant le schéma du document 5 page suivante.
- 9- En considérant l'ensemble de la réflexion menée, discuter de la voiture électrique comme alternative technologique, écologique et sanitaire à la voiture thermique aujourd'hui.

Document 5 – Pénétration des particules fines dans l'appareil respiratoire humain en fonction de leur taille



*Source : site internet de l'ANSP et publié sur celui du
Ministère du travail, de la santé et des solidarités*