

## Travail dirigé : AirPod

Ce travail dirigé est un extrait d'un sujet de bac STI2D

## Mise en situation

La société MDI basée au Luxembourg conçoit, développe et produit une gamme de solutions techniques autour de sa technologie à air comprimé.

Transports, véhicules utilitaires et de collecte des déchets, production et stockage de l'énergie pneumatique sont les domaines couverts par cette gamme. MDI travaille aussi au développement des stations d'air (fixes et mobiles) permettant le remplissage de ses véhicules en seulement deux minutes.



Les moteurs pneumatiques MDI sont réversibles et peuvent fonctionner en mode compresseur.

Il suffit donc de brancher le véhicule sur une simple prise électrique pour faire le plein d'air. Sur une prise dont l'intensité maximale est de 32 A sous 230 V, 3 heures et 30 minutes sont nécessaires pour une recharge complète.



L'étude concerne principalement le véhicule nommé « AirPod », visible sur les images de cette page et dont les caractéristiques techniques sont données en DT9.

Recharge sur réseau  
d'air comprimé



Recharge sur réseau  
électrique



L'étude portera sur l'évaluation de la compétitivité technique du véhicule « AirPod » utilisé dans le domaine des transports, en particulier son autonomie.

Pour pouvoir vendre l'« AirPod » en Europe, la société MDI doit se conformer à la législation concernant les véhicules à quatre roues, celui-ci doit donc être classé dans une catégorie administrative.

Question 2.1     **Désigner** dans quelle sous-catégorie le véhicule « AirPod » est classé.  
Voir DT9, DT10     **Indiquer** trois critères techniques permettant de confirmer le classement dans cette sous-catégorie.

Le véhicule « AirPod » utilise principalement l'énergie pneumatique stockée dans des réservoirs d'air comprimé pour assurer les fonctions : *se déplacer sur le sol, se diriger, commander la boîte de vitesses automatique.*

Question 2.2     Sur le document DR7, **identifier** le flux d'énergie partant des réservoirs d'air comprimé pour assurer la fonction *déplacer le véhicule sur le sol*, en le surlignant. **Calculer**, à l'aide du tableau du DT11, le rendement global  $\eta_G$  de cette chaîne d'énergie pour le véhicule « AirPod ».  
Voir DT11  
DR7

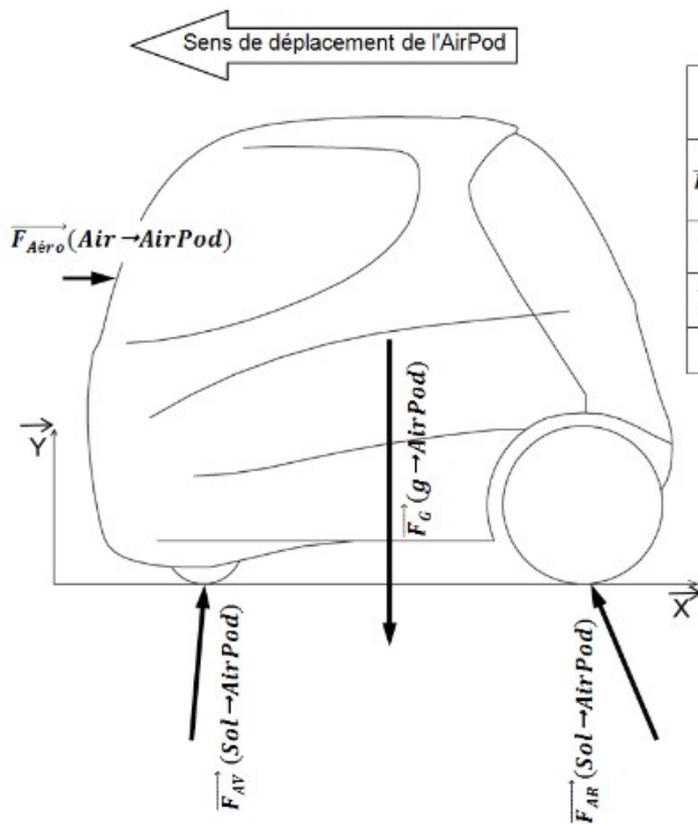
On définit la relation de l'énergie pneumatique  $E$  [J] contenue dans un réservoir d'air de volume  $V$  [m<sup>3</sup>] à la pression  $P$  [Pa] par  $E = P \times V$  (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa).

Question 2.3     **Calculer** l'énergie pneumatique totale  $E_{PT}$  en joule [J] disponible dans les réservoirs d'air comprimé. **Calculer** l'énergie mécanique  $E_m$  en J puis en kW·h transmissible au sol par les roues motrices, sachant que l'on considère un rendement global du véhicule « AirPod » de 0,6 (1 kW·h = 3 600 x 10<sup>3</sup> J).  
Voir DT9

La vitesse moyenne d'un véhicule en réseau urbain est de 24 km·h<sup>-1</sup>. On considère que le véhicule « AirPod » se déplace sur un sol horizontal. Le moteur pneumatique est réversible, on suppose alors que l'énergie absorbée pour accélérer est récupérée lors du freinage.

Question 2.4     À l'aide de la courbe du document DT11, **déterminer**, pour cette vitesse, la valeur de la résistance aérodynamique  $\overrightarrow{F_{Aéro}}(Air \rightarrow AirPod)$ .  
Voir DT11     En additionnant toutes les composantes horizontales des actions mécaniques (sur l'axe X) qui s'opposent au déplacement du véhicule « AirPod » (voir schéma page 13), **calculer** la puissance  $P_{24}$  en W nécessaire pour assurer un déplacement à la vitesse de 24 km·h<sup>-1</sup>. On définit la relation de la puissance  $P$  [W], d'une force  $F$  [N] se déplaçant à la vitesse  $V$  [m·s<sup>-1</sup>] par  $P = F \times V$ .

Schéma pour l'« AirPod » se déplaçant à la vitesse de  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  :



Actions mécaniques	Composantes des actions mécaniques en N	
	Sur l'axe $\vec{X}$	Sur l'axe $\vec{Y}$
$\vec{F}_{Aéro}(Air \rightarrow AirPod)$	Fonction de la vitesse	0
$\vec{F}_{AV}(Sol \rightarrow AirPod)$	25	2475
$\vec{F}_{AR}(Sol \rightarrow AirPod)$	-45	2475
$\vec{F}_G(g \rightarrow AirPod)$	0	-4950

L'énergie mécanique disponible est égale à  $1 \text{ kW}\cdot\text{h}$ . Pour une vitesse moyenne constante de  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , on considère que la puissance moyenne nécessaire pour déplacer le véhicule « AirPod » est de  $300 \text{ W}$ .

- Question 2.5 Dans ces conditions, **calculer** le temps de fonctionnement en heure et l'autonomie en kilomètres du véhicule « AirPod ».
- Question 2.6 À partir du questionnement précédent, **justifier** en quoi le véhicule « AirPod » est un véhicule urbain.



## Caractéristiques techniques

### AirPod

Moteur	
Type moteur	Moteur réversible à air comprimé, 2 cylindres en ligne, chacun équipé de chambre active incluse, distribution variable, bloc moteur et culasse en aluminium
Cylindrée	430 cm <sup>3</sup>
Puissance max. - à tr·min <sup>-1</sup>	10,2 cv (7kW) - 1500 tr·min <sup>-1</sup>
Couple max. Nm - à tr·min <sup>-1</sup>	45 Nm - de 250 à 1500 tr·min <sup>-1</sup>
Transmission	
Mode de transmission	Transmission aux roues arrières par boîte de vitesses, avec gestion électronique de récupération instantanée d'énergie cinétique en phase de décélération.
Boîte de vitesse	Boîte automatique à trois vitesses + marche arrière (rapports Pont: 5 - 1ère 2,54:1 - 2ème 1:1 - 3ème 0,4:1)
Châssis/direction	
Châssis	Base technique (sandwich composite fibre de verre/mousse polyuréthane) intégrant 30 fonctions (dont la structure des sièges)
Type de véhicule	L
Nombre de passagers	2 passagers (face à la route)
Direction	Assistée électriquement (par joystick ou volant)
Freins	4 freins à disque
Jantes	Av: 2,5x10 Ar: 15x3,5 Aluminium
Pneus	Av 3,00x10 Ar: 135/65 x 15
Réserves d'énergie	
Type	Type IV thermoplastique et enroulement filamentaire de fibre de carbone
Volume/pression	2x125 litres/248 bars
Selon directive CE	ECER110
Masse	
Masse à vide	280 kg
Performances	
Vitesse maxi	80 km·h <sup>-1</sup>
Dimensions	
Longueur	2,13 m
Largeur	1,5 m
Hauteur	1,71 m

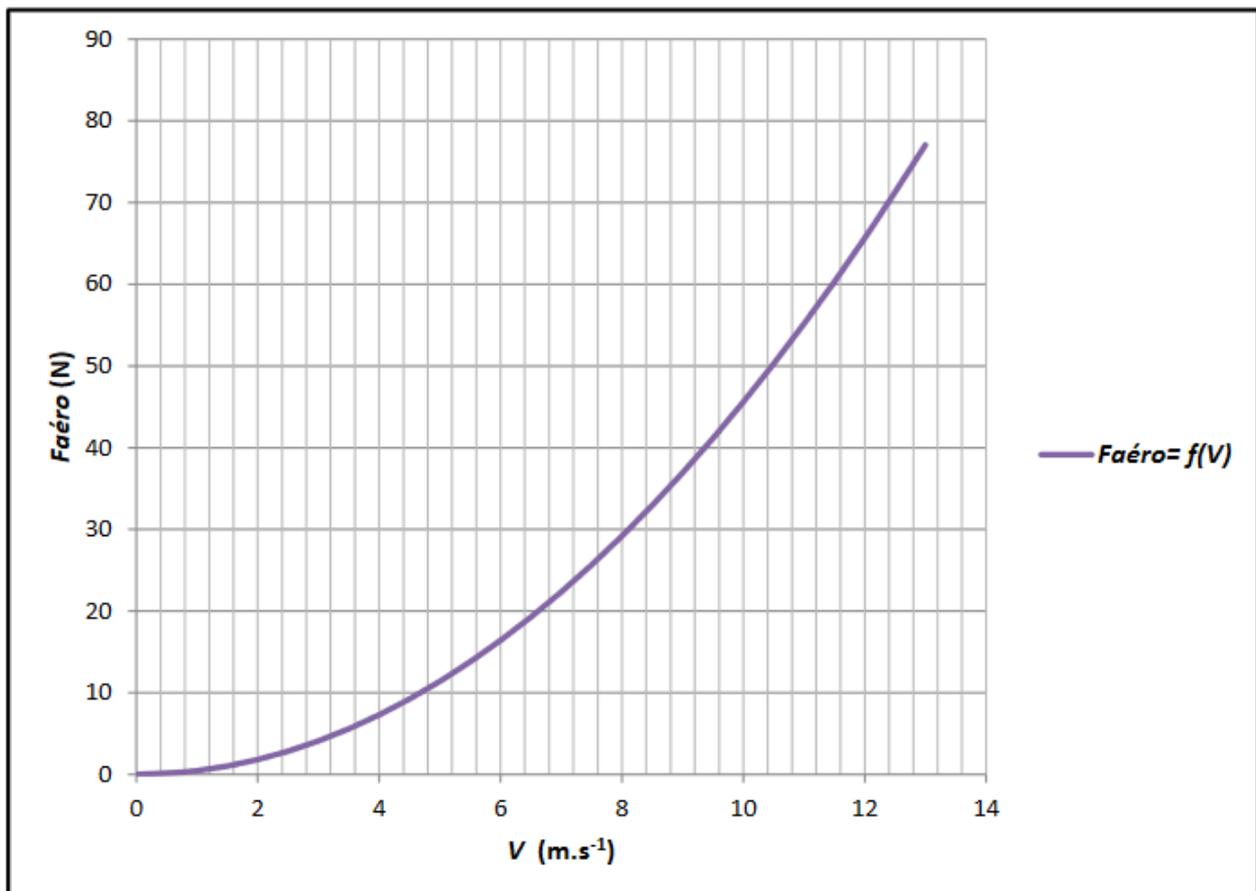
... article R.311-1 du code de la route, les véhicules à moteur à 2 ou 3 roues et quadricycles à moteur appartiennent à la **catégorie administrative « L »** décomposée en **7 sous-catégorie de véhicules**.

<i>Catégorie administrative "L"</i>	<i>Dénomination courante</i>
<p><b>Catégorie L1e</b> Véhicule à deux-roues dont la vitesse maximale par construction est égale ou supérieure à 6 km/h et ne dépasse pas 45 km/h et est équipé d'un moteur d'une cylindrée ne dépassant pas 50 cm<sup>3</sup> s'il est à combustion interne ou d'une puissance maximale nette n'excédant pas 4 kilowatts pour les autres types de moteur.</p>	<p><b>Cyclomoteur :</b> véhicule de catégorie L1e ou L2e</p>
<p><b>Catégorie L2e</b> Véhicule à trois roues (L2e) dont la vitesse maximale par construction est égale ou supérieure à 6 km/h et ne dépasse pas 45 km/h et est équipé d'un moteur d'une cylindrée ne dépassant pas 50 cm<sup>3</sup> s'il est à allumage commandé ou d'une puissance maximale nette n'excédant pas 4 kilowatts pour les autres types de moteur.</p>	
<p><b>Catégories L3e - L4e</b> Véhicule à deux roues - sans side-car (L3e), - avec side-car (L4e), équipé d'un moteur d'une cylindrée supérieure à 50 cm<sup>3</sup> s'il est à combustion interne et/ou dont la vitesse maximale par construction est supérieure à 45 km/h.</p>	<p><b>Motocyclette légère :</b> motocyclette dont la cylindrée n'excède pas 125 cm<sup>3</sup> et dont la puissance n'excède pas 11 kw*.</p>
	<p><b>Motocyclette :</b> véhicule de catégorie L3e ou L4e et dont la puissance n'excède pas 73,6 kw (100 cv) ; l'adjonction d'un side-car à une motocyclette ne modifie pas le classement de celle-ci.</p>
<p><b>Catégorie L5e</b> Véhicule à trois roues symétriques, équipé d'un moteur d'une cylindrée supérieure à 50 cm<sup>3</sup> s'il est à combustion interne et/ou dont la vitesse maximale par construction est supérieure à 45 km/h.</p>	<p><b>Tricycle à moteur :</b> véhicule de catégorie L5e, dont le poids à vide n'excède pas 1 000 kg, la charge utile n'excède pas 1 500 kg pour les tricycles destinés au transport de marchandises et 300 kg pour les tricycles destinés au transport de personnes.</p>
<p><b>Catégorie L6e</b> Véhicule à moteur à quatre roues dont le poids à vide n'excède pas 350 kg, la vitesse maximale par construction est égale ou supérieure à 6 km/h et ne dépasse pas 45 km/h et la cylindrée n'excède pas 50 cm<sup>3</sup> pour les moteurs à allumage commandé ou dont la puissance maximale nette n'excède pas 4 kw pour les autres types de moteur.</p>	<p><b>Quadricycle léger à moteur :</b> véhicule de catégorie L6e, dont la charge utile n'excède pas 200 kg.</p>
<p><b>Catégorie L7e</b> Véhicule à moteur à quatre roues dont la puissance maximale nette du moteur est inférieure ou égale à 15 kw, le poids à vide n'excède pas 550 kg pour les quadricycles affectés au transport de marchandises et 400 kg pour les quadricycles destinés au transport de personnes, et qui n'est pas de catégorie L6e.</p>	<p><b>Quadricycle lourd à moteur :</b> véhicule de catégorie L7e, dont la charge utile n'excède pas 1 000 kg s'ils sont destinés au transport de marchandises et 200 kg s'ils sont destinés au transport de personnes.</p>

Tableau des rendements des constituants du véhicule « AirPod »

Constituants	Réservoirs air comprimé	Limiteur de pression	Distributeurs électro-pneumatiques	Moteur pneumatique réversible
<i>Rendement</i>	<i>0,99</i>	<i>0,96</i>	<i>0,96</i>	<i>0,75</i>
Constituants	Variateur	Batterie 12V	Roues motrices	Roues directrices
<i>Rendement</i>	<i>0,97</i>	<i>0,70</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>
Constituants	Moteur électrique réversible	Convertisseur 12V	Vérin pneumatique	Boîte de vitesses automatique
<i>Rendement</i>	<i>0,97</i>	<i>0,98</i>	<i>0,90</i>	<i>0,92</i>

Évolution de l'effort résistant aérodynamique du véhicule « AirPod »



DR7 : Document réponse 7

