

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

Série S Sciences de l'ingénieur

ÉTUDE D'UN SYSTÈME PLURITECHNOLOGIQUE

Épreuve orale de contrôle

Durée de l'épreuve : 1 heure de préparation + 20 min d'interrogation

Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel nécessaire à la représentation graphique.

Aucun document n'est autorisé.

Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.

SCOOTER MATRA e-Mo



Composition du sujet :

- Un dossier TECHNIQUE (pages 1 à 7)
- Un dossier TRAVAIL DEMANDÉ

Déroulement de l'épreuve :

À l'issue d'une heure de préparation, le candidat expose le résultat de ses travaux pendant 10 minutes. Puis pendant les 10 minutes suivantes, des questions relatives au contenu des travaux présentés lui seront posées.

1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le scooter électrique e-Mo de chez Matra possède les mêmes performances qu'un scooter thermique de moins de 50 cm³ ce qui lui permet de remplir toutes les missions classiquement effectuées par son homologue thermique.

Il bénéficie en plus de tous les avantages de la propulsion électrique:

- propre, il contribue à la diminution de la pollution atmosphérique ;
- silencieux, il inspire instinctivement une conduite plus sereine et conviviale ;
- performant, il s'intègre facilement dans le trafic, la puissance progressive du moteur permet une conduite plus souple, plus fluide et sans à-coups ;
- économique, son entretien est simplifié ;
- économe, il consomme en moyenne 20 Wh au kilomètre.

2 MISE EN SITUATION / PROBLÉMATIQUE

Le constructeur, dans sa documentation technique, annonce une autonomie minimale des batteries assurant 28 km de déplacement (vitesse maxi + dénivelé). La notion de dénivelé annoncée étant très vague, l'étude proposée tend à définir les limites du scooter en condition sévère d'utilisation.

M. X, étudiant en région Parisienne, se déplace quotidiennement avec son scooter électrique e-Mo de chez Matra. Comme beaucoup d'étudiants, les emplois estivaux lui assurent une source de revenus non négligeables. Il vient donc de décrocher un travail d'été à l'observatoire astronomique du Pic du Midi dans les Pyrénées et a trouvé un hébergement à Sainte-Marie de Campan.

Son trajet quotidien sera le suivant :

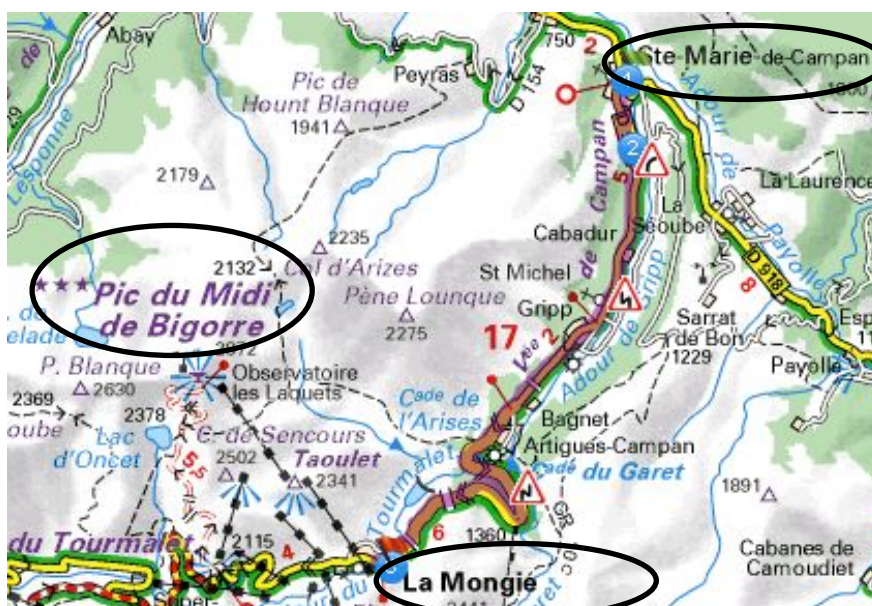
- 13,5 km en scooter de Sainte Marie de Campan à La Mongie.
- 15 min de téléphérique pour rejoindre l'observatoire.



Problématique :

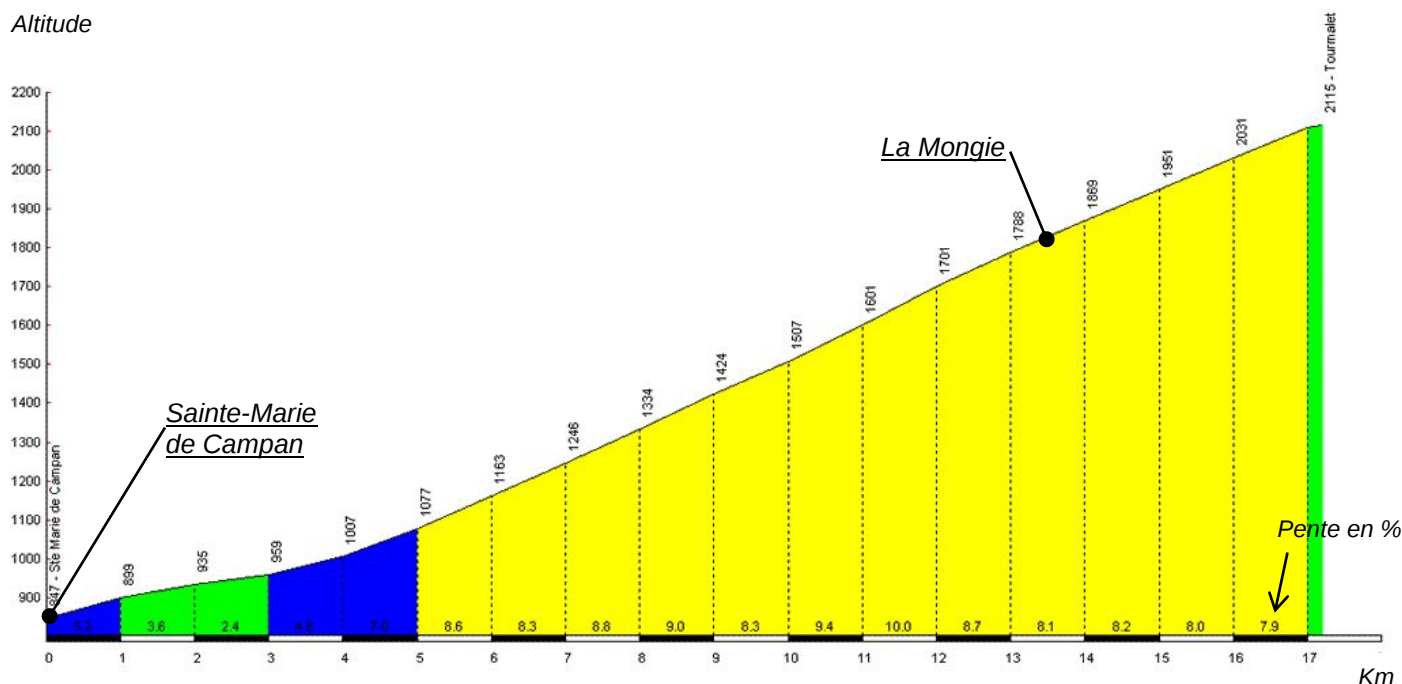
Les performances annoncées du scooter permettent-elles à M. X un transport quotidien sur son lieu de travail ?

Localisation :



Dénivelés:

Altitude



3 PRÉSENTATION DU SCOOTER E-MO

3-1 / Caractéristiques techniques

Moteur	Électrique, 1200W maxi – 50 Nm, brushless (sans entretien) Rendement du moteur : $\eta_{\text{moteur}} = 0,75$
Batterie	Amovible, Lithium-ion 48 V – 15 Ah
Temps de recharge batterie	2h15 (80%) – 3h (100%)
Pneumatiques	Diamètre extérieur 47 cm
Equipements	Feu AV 35W – Clignotants AV/AR – Feu AR – Feu stop Avertisseur électrique
Sécurité véhicule	Anti démarrage à code PIN – Blocage de direction avec la clé de contact Compartiment batterie fermé à clé
Tableau de bord	Vitesse instantanée, kilométrage journalier / total, jauge batterie Témoin de clignotant, témoin de phare
Nombre de place	1
Poids à vide / en ordre de marche	45 kg / 52,5 kg
Charge utile (scooter + conducteur)	125 kg
Autonomie Mini ⁽¹⁾ / Nominale ⁽²⁾ / Maxi ⁽³⁾	28 km / 35 km / 50 km
Vitesse	45 km/h

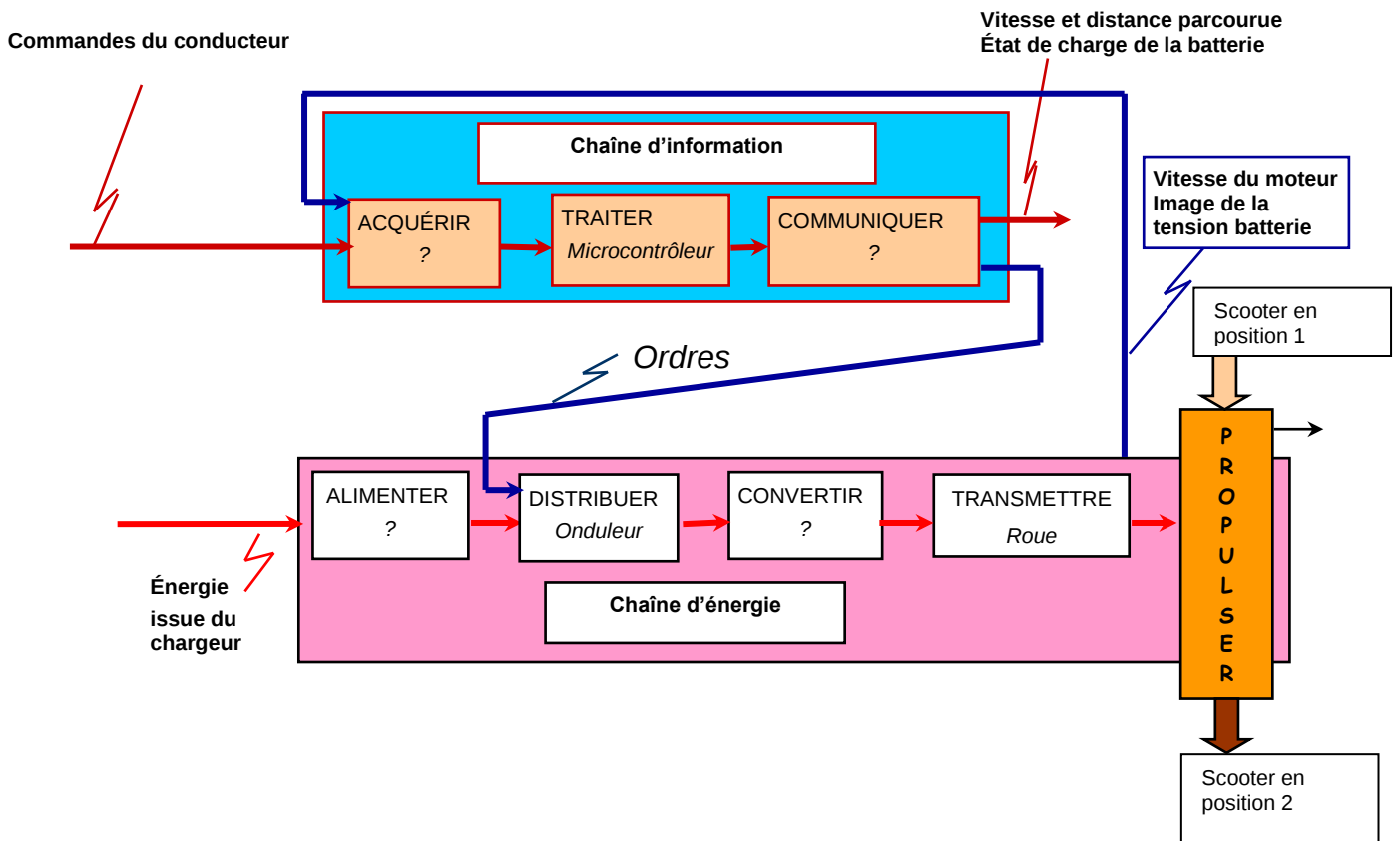
(1) Vitesse maximale avec dénivelé ou basse température (ambiante entre 0° et 10°), en mode power, avec un conducteur et charge maximale autorisée.

(2) Vitesse maximale stabilisée 45 km/h, à plat, température ambiante comprise entre 10° et 25°, en mode standard, avec conducteur (75 kg).

(3) Vitesse stabilisée 30 km/h, à plat, en mode standard avec un conducteur (75 kg).

Nota : L'autonomie varie selon le mode d'utilisation, le parcours, les conditions météorologiques, la charge embarquée, l'entretien du véhicule et le vieillissement des batteries.

3-2/ Structure fonctionnelle globale du Scooter



3-3 / Présentation des éléments du scooter

- L'AFFICHEUR



C'est un afficheur numérique à cristaux liquides positionné sur le guidon. Il inclut l'affichage de la vitesse, un totalisateur kilométrique total et journalier ainsi qu'une indication de changement de direction synchronisé avec les clignotants.

Enfin, une information sur l'état de charge de la batterie est donnée par un bargraphe suivant 11 niveaux.

- LA POIGNÉE D'ACCÉLÉRATEUR



La rotation de la poignée de droite commande l'accélération du Scooter.

- ÉCLAIRAGE ET SIGNALISATION



Le scooter est équipé à l'avant d'un feu de croisement d'une puissance de 35 Watt et à l'arrière d'un feu de signalisation de 5 Watt.

Il est pourvu de deux clignotants à l'avant et deux clignotants à l'arrière. Enfin, un feu stop de 10 Watt complète cette signalisation.

LA BATTERIE



C'est une batterie rechargeable de type Li-Mn (Lithium Manganèse) d'une capacité de 15 Ah. La tension à ses bornes est de 48 Volt lorsqu'elle est entièrement chargée.

Cette batterie peut être rechargée sans l'ôter de son logement grâce à une prise positionnée sous la selle.

Le temps nécessaire pour une charge complète est de 3 heures.

LE MOTEUR



Le moteur est situé directement sur le moyeu de la roue arrière. C'est un moteur de type brushless.

Il peut délivrer une puissance utile de 1200 Watt.

LES ROUES



Les roues sont équipées de pneumatiques de 47 cm de diamètre extérieur. Le scooter est muni à l'avant d'une fourche télescopique.

L'ÉLECTRONIQUE EMBARQUÉE



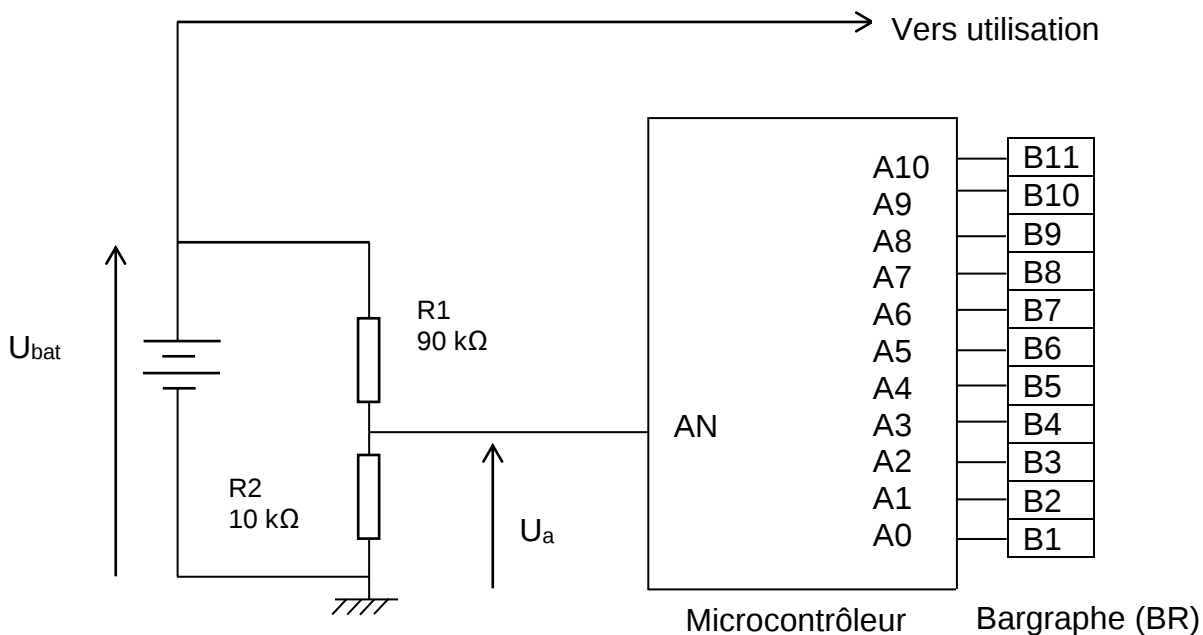
L'onduleur permet d'élaborer à partir de la tension batterie et de la consigne vitesse des signaux d'une fréquence image de la vitesse de rotation souhaitée du moteur.



Le programme chargé dans un microcontrôleur élabore les différentes commandes nécessaires aux actionneurs et aux outils de communication en fonction des informations issues des différents capteurs et des consignes reçues.

Élaboration de l'affichage du niveau de charge batterie

La fonction réalisée consiste à allumer un nombre de barres en fonction de l'énergie restante. L'ensemble peut être schématisé ainsi :



Afin de réaliser l'affichage du niveau de décharge de la batterie, il est nécessaire d'adapter la tension batterie (U_{bat}) en une entrée analogique (U_a) compatible avec une entrée du microcontrôleur. Ensuite le microcontrôleur élabore la commande du bargraphe (BR) en fonction de la tension d'entrée (U_a) conformément au tableau suivant.

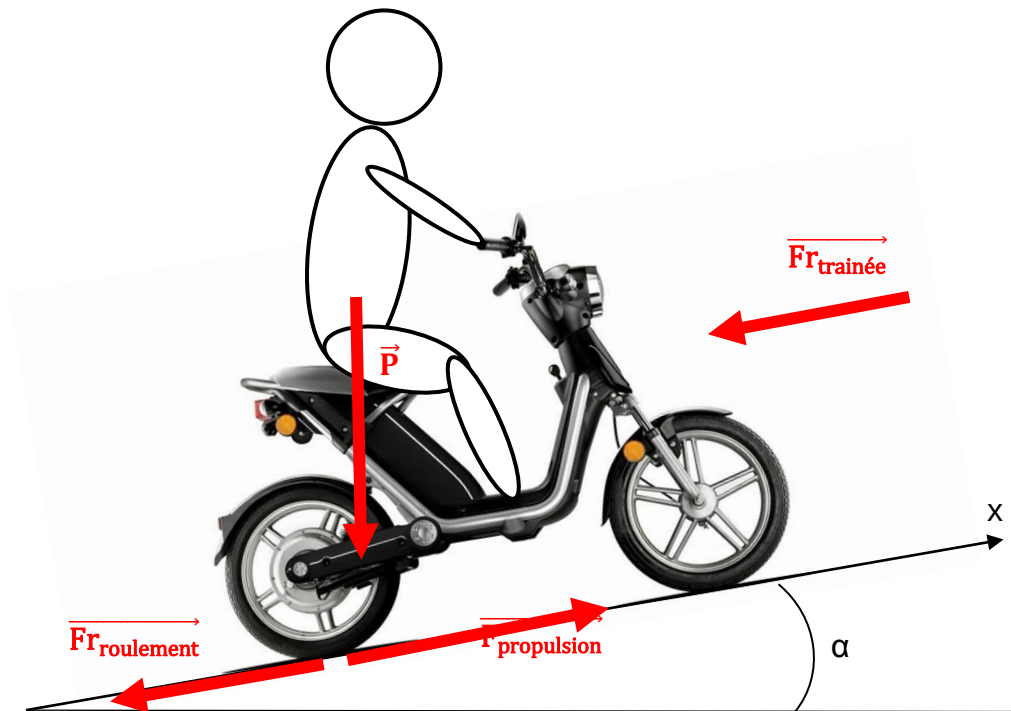
U_a	4,8	4,75	4,7	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,40	4,35	4,3	4,25
BR	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Ainsi pour $U_a = 4,7$ volts les barres $B1$ à $B9$ seront allumées et le microcontrôleur devra émettre sur son port de sortie en binaire 00111111111 avec $A0$ comme poids faible et $A10$ comme poids fort.

Lorsque les 11 niveaux sont éclairés, la batterie est complètement chargée.

Toutes les barres éteintes signifient que la batterie nécessite une recharge car elle ne peut donc plus assurer le bon fonctionnement du scooter.

Validation de la motorisation



DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

1 - ANALYSER LE BESOIN :

- À partir du dossier de présentation, préciser la fonction globale du système étudié.
- Quels arguments permettent de justifier le choix du véhicule électrique ?
- Compte tenu de la situation géographique du lieu de travail, quelle contrainte devient prépondérante ?

2- ANALYSER LE SYSTÈME :

- À partir de la représentation fonctionnelle du scooter (*voir page 4*), définir les éléments assurant les fonctions : Acquérir – Communiquer – Alimenter – Convertir.

3- CARACTÉRISER LES ÉCARTS:

Afin d'estimer l'énergie nécessaire pour effectuer le parcours de 13,5 km reliant Sainte-Marie de Campan à la Mongie (pente moyenne de 7,4 %), on prendra :

- Vitesse moyenne de déplacement : $V = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- Puissance mécanique moyenne estimée : $P_m = 590 \text{ W}$
- Rendement du moteur : $\eta_{\text{moteur}} = 0,75$

Des essais préalables ont permis de mesurer l'énergie mécanique consommée par le Scooter, elle est de $E_m = 378 \text{ W} \cdot \text{h}$

- En déduire l'énergie électrique absorbée par le moteur E_{am} .

La consommation énergétique des clignotants et des feux stop et feux de ce scooter est estimée à $E_{ar} = 27 \text{ W} \cdot \text{h}$ sur ce type de parcours.

- Quels seraient les éléments à prendre en compte pour valider l'usage du scooter dans ce type d'utilisation ?
- Déterminer l'écart d'énergie entre celle qui est stockée et celle qui est consommée.
- Peut-on satisfaire le besoin en tenant compte de la situation géographique de l'étude ?

4- JUSTIFIER LE CHOIX D'UN PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL :

Le constructeur donne la relation entre le bargraphe du scooter et la tension de la batterie (Doc technique DT1), on souhaite établir la courbe de décharge de batterie.

- Proposer un protocole permettant de mesurer la décharge de la batterie (U_{bat}) et de la tension U_a qui est envoyée au microcontrôleur.

5- METTRE EN ŒUVRE D'UN PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL :

On donne les calibres des appareils de mesure :

Ampèremètre : 0.1A - 0.2A - 0.5 A - 1A - 2A - 5A - 10A

Voltmètre : 100mV – 500mV – 2V – 10V – 100V

- Choisir le(s) bon(s) appareil(s) de mesure et donner le calibre approprié.

DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

Des mesures ont données :

U _{bat} (V)	48	47.5	47	46.5	46	45.5	45	44.5	44
U _a (V)	4,8	4,75	4,7	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,40
Temps (min)	0	8	16	24	32	40	48	56	64

- Quelles indications donne le bargraphe à 20 min, puis 60 min ?

6 - IDENTIFIER ET CARACTÉRISER LES GRANDEURS AGISSANT SUR LE SYSTÈME :

À la sortie d'un virage en épingle ou pour diverses raisons, il se peut que le scooter soit arrêté durant son ascension. On cherche à vérifier les caractéristiques de couple et de la puissance du moteur dans le cas de figure le plus défavorable.

La vitesse moyenne de montée est estimée à $V = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. On souhaite que le scooter puisse atteindre cette vitesse au bout de 36 secondes ce qui équivaut à une distance parcourue de 100 m.

- Déterminer l'accélération **a** durant la phase de démarrage.
- Définir l'endroit sur le parcours où le démarrage du scooter est le plus difficile. Justifier.
- Déterminer alors l'angle d'inclinaison **α** de la route par rapport à l'horizontale.

7 - RÉSOUDRE ET SIMULER :

Le schéma du document technique le DT2 représente les forces extérieures agissant sur l'ensemble isolé (S) = (scooter + conducteur).

L'ensemble (S) est soumis à 3 forces s'opposant à son avancement et 1 force de propulsion (motrice).

Données :

Fr_{trainée} : Effort résistant à l'avancement (résistance aérodynamique) = 10 N

Fr_{roulement} : Effort résistant au roulement = 6 N

Charge utile (scooter+conducteur) : 125 Kg

a : Accélération de l'ensemble « scooter+conducteur » = $0,154 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

- Dans le cas le plus défavorable, déterminer l'effort de propulsion en appliquant le théorème de la résultante dynamique.
- Quel que soit le résultat trouvé précédemment, prendre $\|\vec{F}_{\text{propulsion}}\| = 157 \text{ N}$
Déterminer alors le couple **C_m** que devra délivrer le moteur brushless dans ces conditions. Conclure.
- Définir dans la configuration précédente, la puissance mécanique **P_m** nécessaire au déplacement de l'ensemble (S).
- Conclure sur la capacité du moteur à mettre en mouvement l'ensemble « scooter+conducteur » en phase de démarrage.