

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2017

Série STI2D  
Toutes spécialités

Série STL  
Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE – CHIMIE
-------------------

DURÉE : 3 HEURES

COEFFICIENT : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

**Ce sujet comporte 19 pages numérotées de la page 1/19 à la page 19/19.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**Les pages 18/19 à 19/19 où figurent les documents réponses sont à numéroté et à rendre avec la copie même non complétées.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.e.

## LA FORMULE 1 À LA POINTE DE LA TECHNOLOGIE



### DOCUMENTS INTRODUCTIFS

Salon international de l'aéronautique et de l'espace au Bourget : Renault présente son nouveau *power unit* qui entrera en vigueur à partir du championnat du monde FIA de Formule 1 2014.

Révéle pour la première fois en configuration course, le *power unit* démontre l'énorme bond en avant technologique des groupes motopropulseurs de Formule 1, avec un niveau de consommation d'essence révolutionnaire, obtenu grâce à un moteur turbo à injection directe, couplé à des systèmes de récupération d'énergie et d'électrification de pointe.

Source : <http://www.renaultsport.com/RENAULT-REVELE-SON-POWER-UNIT-2014.html>

Dès le 2 septembre 2014, la Formule 1 ne sera certainement plus seule à attirer projecteurs et caméras. Dès la rentrée 2014, la FIA (Fédération Internationale de l'Automobile) inaugurerà le premier championnat de Formule E, où des monoplaces électriques prendront place sur des circuits en pleine ville, dont Berlin, Los Angeles, Londres, Shanghai, Rio de Janeiro ou Buenos Aires.

Source : <http://www.designmoteur.com/2014/08/fia-formule-e-competition-2014-mai/>

### PARTIE A – LA FORMULE 1 HYBRIDE

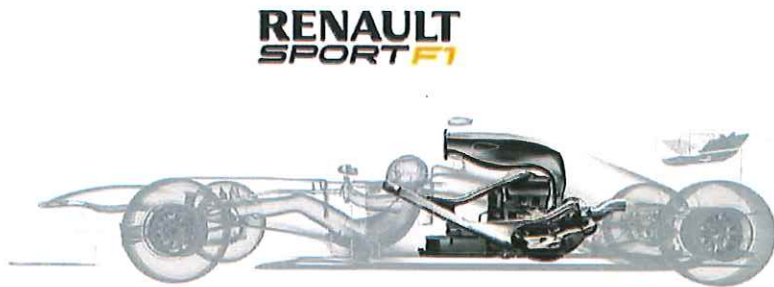
### PARTIE B – LA FORMULE E, DE LA F1 MAIS 100 % ÉLECTRIQUE !

### PARTIE C – UN SPORT SOUS HAUTE SURVEILLANCE

## PARTIE A – LA FORMULE 1 HYBRIDE

### A.1 Le moteur à combustion

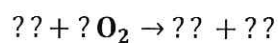
Le motoriste français Renault avait dévoilé son **moteur V6 turbo** doté de **systèmes hybrides** lors de la saison 2014. En Formule 1, le carburant utilisé est du « sans plomb », quasiment le même que celui de notre pompe à essence mais pour lequel l'indice d'octane n'est pas limité. En résumé, les ingrédients du carburant sont réglementés par la fédération internationale de l'automobile (FIA) mais pas les proportions.



Nous supposons, pour simplifier l'étude, que le carburant utilisé est entièrement constitué d'iso-octane.

**A.1.1** À partir du **document D1** de la **page 13**, donner la formule brute de l'iso-octane.

**A.1.2** La combustion **complète** de l'iso-octane consomme le dioxygène,  $O_2$ , de l'air et produit de l'eau,  $H_2O$ , ainsi que du dioxyde de carbone,  $CO_2$ . Recopier l'équation de cette combustion sur votre copie et l'ajuster.



**A.1.3** Depuis l'introduction des moteurs hybrides en 2014, le ravitaillement en essence est interdit et les moteurs ne peuvent pas consommer plus de **100 kg** de carburant par voiture et par course. À l'aide du **document D2** de la **page 13**, calculer la masse molaire de l'iso-octane puis montrer que la quantité de matière d'iso-octane maximale consommée dans le réservoir d'une Formule 1 pendant une course vaut  $n_{\text{iso-octane}} = 877 \text{ mol}$ .

**A.1.4** Sachant que la combustion complète d'une mole d'iso-octane libère huit moles de dioxyde de carbone,  $CO_2$ , calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone maximale,  $n_{CO_2}$ , libérée lors d'une course.

**A.1.5** À l'aide du **document D2** de la **page 13**, calculer, en kilogrammes, la masse de dioxyde de carbone maximale,  $m_{CO_2}$ , libérée lors d'une course.

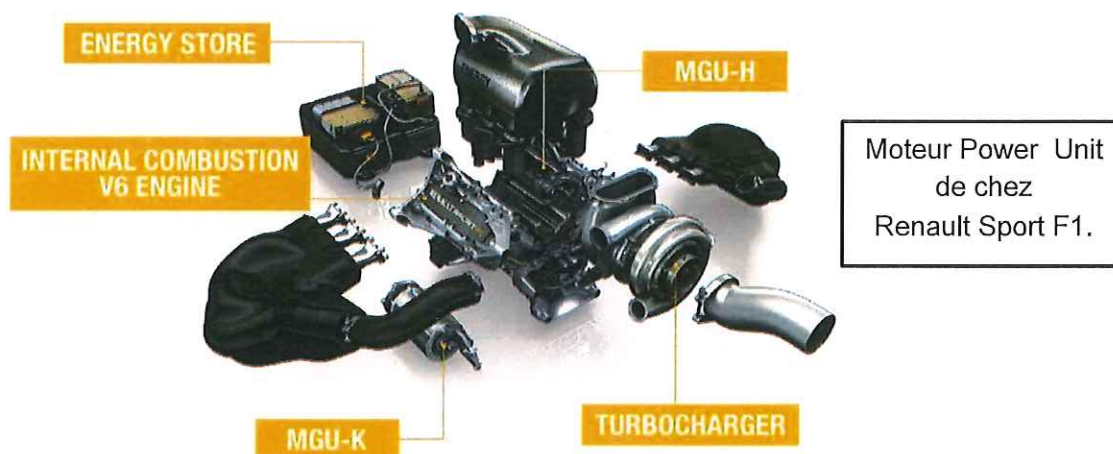
**A.1.6** Une course de Formule 1 doit faire au minimum **305 km** (et ne pas dépasser une durée de 2 heures). À l'aide de la **question A.1.5** et du **document D3** de la **page 13**, montrer que la classe énergétique d'une Formule 1 correspond au niveau **G** si on retient la distance minimum.

**A.1.7** À l'aide du **document D4** de la **page 14**, calculer, en litres, le volume maximal,  $V_R$ , d'iso-octane consommé par une Formule 1 lors d'une course.

**A.1.8** Lors d'une course de Formule 1, la consommation moyenne en essence est de 56 L aux 100 km. Pour rappel, une course doit faire au minimum 305 kilomètres. À l'aide de la **question A.1.7**, montrer qu'une Formule 1 n'a pas assez d'énergie chimique pour finir une course.

## A.2 Récupération de l'énergie

Il faut récupérer, stocker et gérer de l'énergie en pleine course pour pouvoir être sur le podium. Ce sont les rôles du MGU-K et du MGU-H.



### DOCUMENT

Le MGU-K, c'est finalement comme toute voiture de série qu'on appelle hybride, explique Rémi Taffin, directeur des opérations chez Renault Sport F1 en 2016. En F1, nous avons un moteur électrique qui est connecté au moteur thermique. Lors des freinages, on récupère simplement l'énergie qui est normalement entièrement dissipée dans les freins. On dissipe un peu d'énergie dans les freins, et on en récupère une autre partie pour le moteur électrique. Ce moteur peut fonctionner en mode propulseur ou en mode générateur. Alors, soit on récupère de l'énergie qu'on stocke dans une batterie, soit, à l'inverse, on utilise l'énergie contenue dans la batterie pour faire fonctionner le moteur électrique et donner ainsi un coup de boost de puissance au moteur.

**Source :** <http://fr.motorsport.com/f1/news/technique-quest-ce-que-le-mgu-k-et-le-mgu-h-790299/>

**A.2.1** Compléter le **document réponse DR1** de la **page 18**, en précisant la nature des énergies mises en jeu par le MGU-K lors d'une phase de freinage.

**A.2.2** La puissance maximale du MGU-K est de **120 kW** et la quantité d'énergie maximale autorisée à être stockée est de **2,00 MJ** à chaque tour de circuit. Calculer la durée minimale, en secondes (s), de freinage,  $\Delta t_f$ , par tour dont a besoin la Formule 1 pour atteindre cette charge maximale.

## DOCUMENT

La chaleur des gaz d'échappement à la sortie de la chambre de combustion du moteur est normalement perdue par l'intermédiaire des tubes d'échappement. Le système de récupération MGU-H » (Motor Generator Unit – Heat) réutilise cette énergie pour générer de l'électricité qui peut ensuite être soit dirigée vers le MGU-K, soit stockée dans la batterie et utilisée ultérieurement.

**Source** : d'après <http://discussionf1.fr/power-unit-son-fonctionnement-en-detail>

**A.2.3** Compléter le **document réponse DR1** de la **page 18**, en précisant les natures des énergies mises en jeu par le MGU-H.

### A.3. Performances mécaniques du véhicule

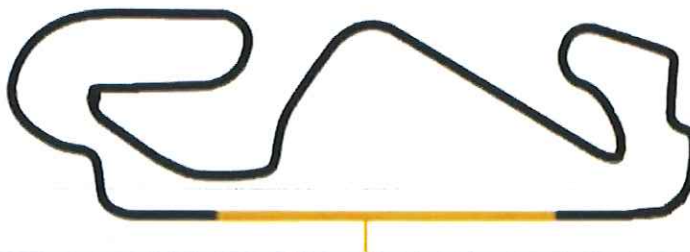
Le Grand Prix automobile d'Espagne 2014 a été disputé le 11 mai 2014 sur le circuit de Catalunya à Barcelone.

**A.3.1** La longueur de ce circuit est de **4,655 km**. En 2008, le finlandais Kimi Räikkönen a réalisé un tour avec une vitesse moyenne égale à **205,2 km.h<sup>-1</sup>**. En 2014, le record du tour en course a été réalisé, par l'allemand Sebastian Vettel, en **1 min 28,92 s**. Qui a été le plus rapide entre Räikkönen et Vettel ?

**A.3.2** L'aérodynamique est la branche de la physique qui étudie l'influence de l'air sur la vitesse des véhicules. En effet, bien qu'incolore, inodore et d'une densité relativement faible, l'atmosphère terrestre se comporte comme un milieu visqueux qui freine le mouvement des véhicules en circulation. Plus précisément, l'atmosphère terrestre génère une force physique qu'on appelle force de frottements de l'air ou traînée.

**A.3.2.a** À l'aide du **document D5** de la **page 14**, calculer le coefficient de traînée,  $C_x$ , d'une Formule 1 sachant que la traînée valait **T = 430 daN** à la vitesse **v = 313 km.h<sup>-1</sup>** à Barcelone en 2014.

**A.3.2.b** Le coefficient de traînée d'une Renault Clio II vaut 0,32. À l'aide de la question **A.3.2.a** et du **document D5** de la **page 14**, dire quel véhicule possède le meilleur aérodynamisme.



La Formule 1 est à vitesse constante  $v = 313 \text{ km.h}^{-1}$  à la fin de la ligne droite

**A.3.3** La Formule 1 est à vitesse constante,  $v = 313 \text{ km.h}^{-1}$ , à la fin de la longue ligne droite. Le poids de la Formule 1 vaut  $P = 690 \text{ daN}$ .

Tracer, à l'échelle indiquée, sur le **document DR2** de la **page 18**, les vecteurs  $\vec{P}$ ,  $\vec{R}$ ,  $\vec{F}$  et  $\vec{T}$  qui représentent respectivement le poids du véhicule, la réaction normale du sol, la force motrice et la trainée. On les appliquera conventionnellement au centre de gravité,  $G$ .

**A.3.4** Le constructeur annonce une puissance motrice maximale de **560 kW**. Calculer la puissance mécanique,  $p_{\text{méca}}$ , de la force motrice,  $F = 4,30 \text{ kN}$ , en fin de la ligne droite du circuit de Barcelone sachant que  $p_{\text{méca}} = F \times v$ . Donner le résultat en kilowatts (**kW**). Le moteur était-il en régime maximal ?

**A.3.5** Les drapeaux sont utilisés en Formule 1 pour transmettre des informations aux pilotes. Ce sont les commissaires de course qui agitent ces drapeaux sur le bord des pistes. Le drapeau rouge signifie l'interruption de la course. Le pilote aperçoit un commissaire de course agiter un drapeau rouge sur le bord de la piste à la fin de la ligne droite.



Le travail mécanique des forces de freinage,  $W_{\text{frein}}$ , sera-t-il un travail moteur ou résistant ? Quelle est l'unité d'un travail mécanique ?

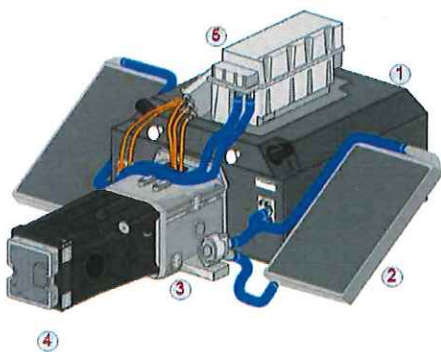
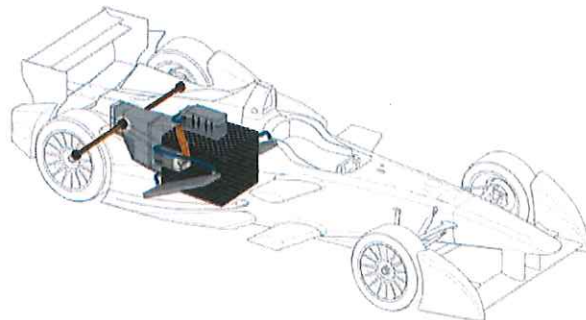
**A.3.6** En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, **document D6** de la **page 14**, calculer le travail mécanique,  $W$ , des forces mises en jeu pour un arrêt complet du véhicule ayant une masse  $m = 702 \text{ kg}$ . Donner le résultat en mégajoule (**MJ**). Si le système de récupération MGU-K absorbe **2,00 MJ**, calculer l'énergie qu'il faut encore dissiper par frottement dans les freins.

## PARTIE B – LA FORMULE E : DE LA F1, MAIS 100 % ÉLECTRIQUE !

La monoplace Renault E.DAMS (100 % électrique), est le fruit de plusieurs années d'expérience et de développement des systèmes électriques embarqués.



RENAULT Z.E.15



- 1 – Batterie
- 2 – Système de refroidissement
- 3 – Moteur
- 4 – Boîte de vitesse
- 5 – Onduleur

Sources: Sporting Savvy, <http://renaultdams.com>

### B.1 Performances électriques de la batterie

« Un appareil spécifique a été développé afin de pouvoir charger la batterie en 90 minutes, soit la durée qui sépare la fin des qualifications du début de la procédure de mise en pré-grille pour la course. Ce type de chargeur nécessite un réseau électrique industriel triphasé de 128 A. »

Source : <https://www.renaultsport.com/formula-e-presentation-notre-expertise-technique.html>

Avec une batterie dont l'autonomie est limitée à trente minutes, chaque pilote doit encore disposer de deux véhicules pour terminer une course d'une heure.

« Le pack batterie, de *Williams Advanced Engineering*, consiste en plus de 150 cellules lithium-ion-polymère génériques avec boîtier en composite de fibre de carbone. L'unité complète pèse 320 kg. »

D'après <https://www.arrow.com/fr-fr/research-and-events/articles/big-changes-coming-to-formula-e>

« La Formule E permettra le progrès dans le développement technologique, explique Alejandro Agag, l'organisateur du championnat de Formule E. À plus long terme, dans cinq ans, une seule voiture suffira pour faire toute la course, ce qui veut dire une batterie deux fois plus importante qu'aujourd'hui. Et dans le même temps on essaiera aussi de réduire le volume de la batterie dans la voiture. »

Source (2015) : <https://www.lenergieenquestions.fr/tag/formule-e/>

**B.1.1** Calculer la capacité (appelée aussi charge électrique),  $C_1$ , de la batterie principale en ampère-heure (A.h).

**B.1.2** La batterie ne peut alimenter directement le moteur à courant alternatif de la Formule E. L'emploi d'un onduleur est donc nécessaire.

**B.1.2.a** Quelle est la fonction de l'onduleur dans la chaîne énergétique allant de la batterie au moteur ? Choisir parmi les propositions ci-dessous et écrire la bonne réponse sur votre copie :

- il convertit un courant alternatif en courant alternatif ;
- il convertit un courant continu en courant alternatif ;
- il convertit un courant alternatif en courant continu.

**B.1.2.b** Après un réglage technique à l'atelier, l'allure du courant,  $i$ , débité par l'onduleur a été représentée sur le **document D7** de la **page 15**.

Calculer la fréquence,  $f$ , de ce courant.

**B.1.2.c** Quel spectre en fréquence du **document D8** de la **page 15** correspond au courant,  $i$ , débité par l'onduleur ? Justifier la réponse.

**B.1.3.** Quelles que soient les technologies utilisées, toutes les batteries ont des parties communes appelées cathode, anode et électrolyte. Pour une cellule lithium-ion, l'atome de lithium,  $\text{Li}$ , initialement à l'électrode négative migre sous forme ionique,  $\text{Li}^+$ , vers l'électrode positive à travers l'électrolyte lors d'une décharge.

Compléter le schéma du **document réponse DR3** de la **page 19** avec les quatre termes ci-dessous :

Cathode	Anode	Électrolyte	Sens du courant
---------	-------	-------------	-----------------

**B.1.4** Une nouvelle génération de batteries rechargeables, jouissant d'une autonomie largement supérieure à celles en vigueur actuellement, devrait apparaître dans les prochaines années.

#### DOCUMENT

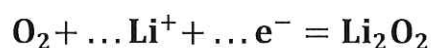
Ces nouvelles batteries, également appelées lithium-oxygène, pourraient être selon les chercheurs rechargées plus de 2 000 fois (contre une dizaine de cycles de recharge auparavant) et présentent de ce fait une capacité énergétique théorique dix fois supérieure aux accumulateurs lithium-ion actuels.

Source : <https://www.lenergieenquestions.fr/innovation-vers-une-batterie-lithium-air-plus-autonome/>

La batterie lithium-oxygène anhydre fait intervenir le couple oxydant/réducteur,  $\text{Li}^+/\text{Li}$ , et le dioxygène de l'air. Le métal lithium,  $\text{Li}$ , est oxydé lorsque la batterie se décharge.

**B.1.4.a** Écrire la demi-équation d'oxydation du lithium,  $\text{Li}$ , qui a lieu à l'anode.

**B.1.4.b** Recopier et compléter sur votre copie la demi-équation de réduction ci-dessous qui a lieu à la cathode :



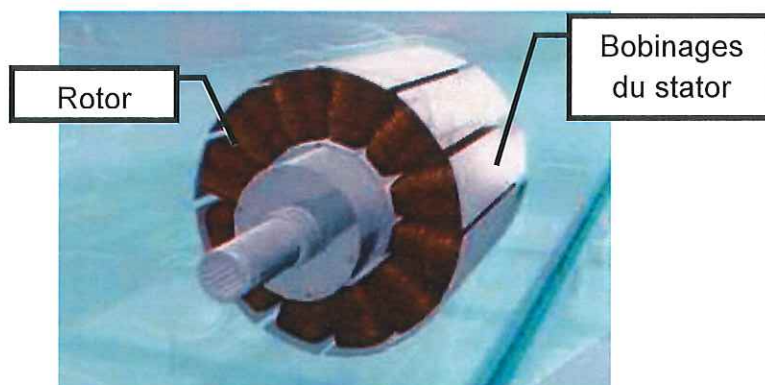
**B.1.4.c** Écrire l'équation globale équilibrée d'oxydoréduction.

**B.1.5** Le métal commun aux batteries actuelles et futures est le lithium. À l'aide du **document D9** de la **page 15**, expliquer pourquoi le lithium est un produit dangereux.



## B.2 Performances mécaniques du moteur

Le moteur d'une Formule E est un moteur électrique triphasé à courant alternatif. Les courants alternatifs créent, grâce aux bobinages du stator, un champ magnétique  $B$  tournant. Le champ magnétique  $B$  tournant va mettre en rotation le rotor. Le rotor peut tourner à la vitesse  $N = 4000 \text{ tr. min}^{-1}$  et fournir un couple  $T = 140 \text{ N. m}$ .



**B.2.1** Préciser sur votre copie quelle unité, parmi les propositions ci-dessous, caractérise l'intensité d'un champ magnétique  $B$ .

Tesla (T)	Électronvolt (eV)	Sievert (Sv)	Gray (Gy)
-----------	-------------------	--------------	-----------

**B.2.2** Sachant qu'un tour du rotor correspond à une rotation d'un angle de  $2\pi \text{ rad}$ ,

**B.2.2.a** calculer tout d'abord la vitesse angulaire,  $\Omega$  (en  $\text{rad. s}^{-1}$ ), du rotor ;

**B.2.2.b** calculer ensuite la puissance mécanique,  $P_{\text{moteur}} = T \times \Omega$ , fournie par le moteur en kilowatts (kW).

**B.2.3** Les rendements des moteurs électriques sont des facteurs très importants. Un très bon rendement permet une meilleure gestion de l'énergie lors d'une course.

Calculer les puissances électriques absorbées,  $P_{a1}$  et  $P_{a2}$ , pour différents moteurs ayant respectivement des rendements  $\eta_1 = 90,0 \%$  et  $\eta_2 = 95,0 \%$  si la puissance mécanique fournie par chaque moteur électrique vaut  $P_{\text{moteur}} = 60,0 \text{ kW}$ .

**B.2.4.** Les vitesses au cours du temps, mesurées après le départ d'une Formule E, sont reportées sur le graphique du document D10 de la page 16.

**B.2.4.a** Démontrer que l'accélération,  $a_{FE}$ , de la Formule E, est constante et vaut  $a_{FE} = 9,1 \text{ m. s}^{-2}$ .

**B.2.4.b** Dans les mêmes conditions, une Formule 1 aurait eu une accélération  $a_{F1} = 13,9 \text{ m. s}^{-2}$ . Calculer et comparer les durées nécessaires pour passer de 0 à  $100 \text{ km. h}^{-1}$  pour une Formule 1 et une Formule E en admettant que les accélérations restent constantes.

### B.3. Performances acoustiques

Au départ des qualifications et au bord de la piste, le **niveau sonore**,  $L$ , mesuré d'une Formule 1 est égal à  $L_{F1} = 140 \text{ dB}$ .

L'**intensité sonore**, notée  $I$  et exprimée en watt par mètre carré ( $\text{W.m}^{-2}$ ), donne une indication sur la « force » d'un son ; plus l'intensité sonore,  $I$ , est élevée et plus le son perçu par les tympans est fort.

Le niveau sonore,  $L$ , et l'intensité sonore,  $I$ , sont reliés par les formules équivalentes :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{1,0 \times 10^{-12}}\right) \quad \text{et} \quad I = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{\left(\frac{L}{10}\right)}$$

**B.3.1** Quel est le nom de l'unité qui a pour symbole « **dB** » ? Préciser sur la copie quel appareil, parmi les propositions ci-dessous, mesure un niveau sonore :

dynamomètre	sonomètre	microphone	anémomètre
-------------	-----------	------------	------------

**B.3.2** Le seuil de douleur est atteint lorsque l'intensité sonore dépasse  $I_{\text{seuil}} = 10 \text{ W.m}^{-2}$  à nos oreilles. Montrer qu'une personne présente au bord de la piste, lors du départ d'une course de Formule 1, doit s'équiper de protections auditives.

**B.3.3.** Dans les mêmes conditions, l'intensité sonore reçue lors des qualifications d'une Formule E vaut  $I_{FE} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$ .

#### DOCUMENT

Tableau d'exposition au bruit	
Niveau Sonore $L$ (dB)	Durée d'exposition maximale
80	8 h
83	4 h
86	2 h
89	1 h
92	30 min
95	15 min
98	7,5 min

**B.3.3.a** Donner la durée d'exposition maximale,  $\Delta t$ , conseillée pour quelqu'un travaillant sur le bord d'une piste lors d'une course de Formule E.

**B.3.3.b** Quelle est la différence de niveau sonore,  $\Delta L$ , entre une Formule 1 et une Formule E ?

## PARTIE C – UN SPORT SOUS HAUTE SURVEILLANCE

### C.1. Les radiocommunications

La Fédération Internationale de l'Automobile (FIA) a décidé de limiter les conversations radiophoniques entre les écuries et leurs pilotes au strict minimum : « Le pilote doit conduire seul et sans aide ».

**C.1.1** Supposons que l'onde radiophonique ait une fréquence de  $1,00 \times 10^{10}$  Hz. À l'aide du **document 11** de la **page 16**, préciser à quel domaine, allant des BF aux EHF, elle appartient.

**C.1.2** Les radioamateurs fans de Formule 1 peuvent utiliser comme récepteur une antenne « quart d'onde » pour intercepter les communications entre les coureurs et les stands. À partir du **document 12** de la **page 16** et du **document 13** de la **page 17**, montrer que la dimension de l'antenne,  $\ell$ , est alors de 7,5 mm.

### C.2 Avant la course.

#### DOCUMENT

Une bonne gestion pneumatique est nécessaire durant une course. Le fabricant Pirelli et la Fédération Internationale de l'Automobile ont resserré les contrôles en exigeant que les pneus soient gonflés à une pression minimale avant le départ. À Barcelone, en 2016, la pression minimale des pneus arrières autorisée au départ était de 1,350 bar. Les équipes auraient préféré une pression de 1,180 bar car plus on se rapproche de cette valeur, plus la voiture est compétitive.

D'après : <http://fr.motorsport.com/f1/news/la-cle-des-qualifications-depend-des-pressions-de-pneus-pour-ferrari-738323/>

En effet, les équipes recherchent une adhérence optimale, c'est-à-dire la plus grande surface possible en contact avec la piste.

**C.2.1** En 2016, à Barcelone, la masse du monocoque de Renault Sport F1 était égale à  $m = 702$  kg (avec pilote). Sachant que l'intensité de la pesanteur terrestre est  $g = 9,81$  N.kg<sup>-1</sup>, calculer l'intensité de la force,  $F$ , exercée par chacun des quatre pneus sur le sol. Exprimer le résultat en kilonewtons (kN).

**C.2.2** La mesure d'un manomètre numérique, effectuée par un juge pour vérifier la pression des pneus d'une Formule 1 avant les qualifications, indique  $P_{\text{mesure}} = 1,348$  bar.

Notice du manomètre numérique :

Étendue de mesure (EM)	bar	0 ... +1,600	0 ... +2,000	0 ... +4,000
Limite de surpression	bar	3,200	5,000	8,000
Pression d'éclatement	bar	16	25	40
incertitude		$(0,25 \% \times EM) \pm 1$ digit		

La formulation «  $\pm n$  digits » indique qu'il faut ajouter, ou retrancher,  $n$  unités sur le dernier chiffre

Indiquer au juge de piste si la voiture peut démarrer. Justifier votre réponse.

**C.2.3** La pression atmosphérique vaut  $P_{\text{atm}} = 1,00 \text{ bar}$ . Or, il peut arriver qu'un pneu crève en course. Quelle est alors la pression absolue du pneu une fois la voiture revenue aux stands.

### **C.3 En course**

Il apparaît une surchauffe des pneus à cause de la friction avec la piste lors de la course.

**C.3.1** Compléter les phrases du **document réponse DR4** de la **page 19** par une des trois propositions suivantes : augmente, reste la même, diminue.

#### **C.3.2 DOCUMENT**

En ce qui concerne le débit de carburant, le règlement est très clair. Dans le circuit d'injection, le débit instantané de carburant,  $q_m$ , ne doit pas excéder 100 kg/h, quel que soit l'endroit du circuit. En début de saison, la Fédération Internationale de l'Automobile a publié une directive indiquant que les contrôles de carburant seront renforcés. L'instance dirigeante a fait poser plusieurs débitmètres sur plusieurs points du circuit d'injection pour éviter les fraudes.

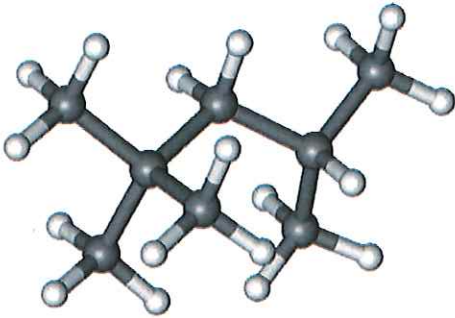
Source : <http://www.f1-direct.com/formule1-ferrari.php?info-f1=18714>

À l'aide des relevés télémétriques du débitmètre du **document D15** de la **page 17**, expliquer si l'écurie sous surveillance doit être sanctionnée ou pas.

## ANNEXES DE LA PARTIE A

<b>giga</b>	<b>méga</b>	<b>kilo</b>	<b>déca</b>	<b>unité</b>	<b>milli</b>	<b>micro</b>	<b>nano</b>
$10^9$	$10^6$	$10^3$	10	1	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$

### Document D1 : l'iso-octane



L'**iso-octane** est un hydrocarbure, composé organique constitué exclusivement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H).

<b>Atome</b>	Carbone	Hydrogène
<b>Formule de Lewis</b>	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$	$\text{H}\cdot$

### Document D2 : masses molaires

<b>Atome</b>	<b>Oxygène</b>	<b>Carbone</b>	<b>Hydrogène</b>
<b>Masse molaire M (g.mol<sup>-1</sup>)</b>	16,0	12,0	1,0

### Document D3 : émission de CO<sub>2</sub>

#### Rappel des paliers d'émissions de CO<sub>2</sub>:



### Document D4 : le carburant

Masse volumique du carburant :  $\rho_{\text{essence}} = 714 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

### Document D5 : coefficient de trainée $C_x$

L'intensité de la trainée,  $T$ , est donnée par la relation :






$$T = \frac{1}{2} \times \rho_{\text{air}} \times S \times C_x \times v^2$$

$\rho_{\text{air}}$  : masse volumique de l'air en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .  $\rho_{\text{air}} = 1,18 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$S$  : surface frontale du véhicule en  $\text{m}^2$ .  $S = 1,60 \text{ m}^2$ .

$C_x$  : coefficient de trainée sans unité

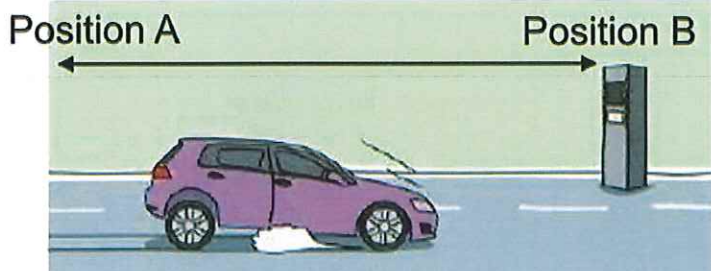
$v$  : vitesse en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Forme		Coefficient de trainée
Sphère	→ 	0.47
Demi-sphère	→ 	0.42
Cube	→ 	1.05
Corps profilé	→ 	0.04
Semi-corps profilé	→ 	0.09

Mesures des coefficients de trainée

### Document D6 : théorème de l'énergie cinétique

Le véhicule de masse,  $m$ , subit une variation de vitesse entre les positions A et B due au travail mécanique  $W_{\vec{f}_{\text{ext}}}$  des forces extérieures  $\vec{f}_{\text{ext}}$ .



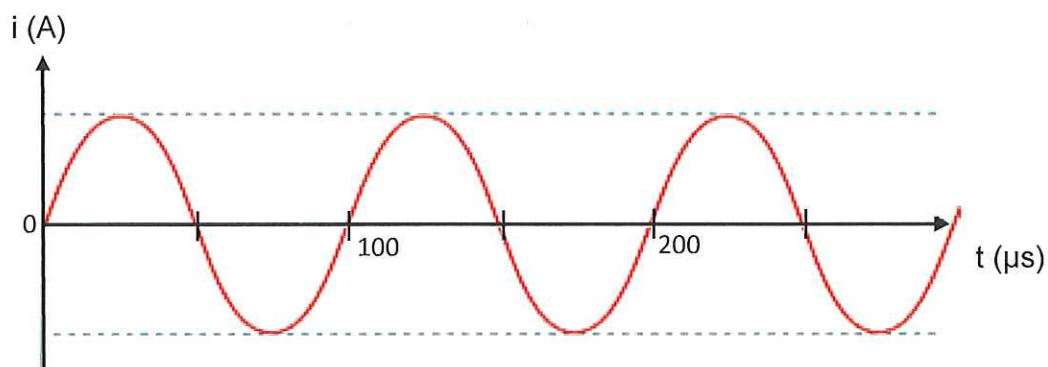
#### Théorème de l'énergie cinétique

$$E_{CB} - E_{CA} = W_{\vec{f}_{\text{ext}}}$$

Avec  $E_{CA}$ , l'énergie cinétique du véhicule à la position A et  $E_{CB}$ , l'énergie cinétique du véhicule à la position B.

## ANNEXES DE LA PARTIE B

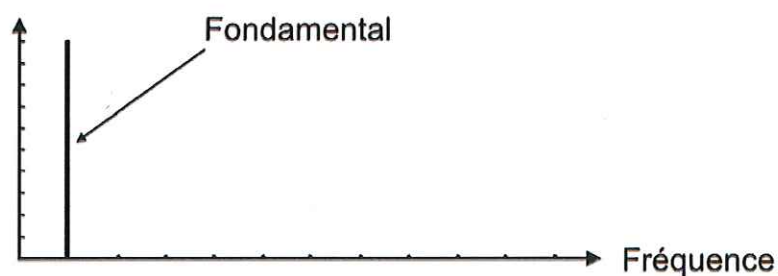
### Document D7 : courant $i$ débité par l'onduleur



### Document D8 : analyse fréquentielle

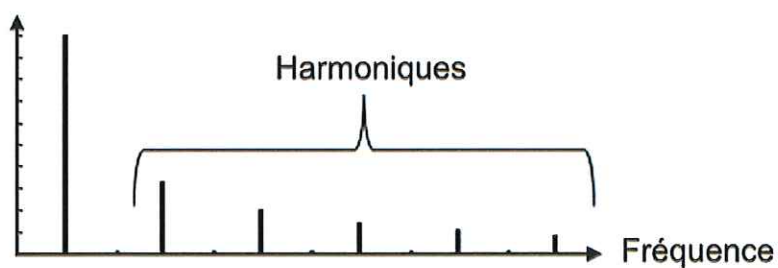
#### Spectre en fréquence N°1 :

Amplitude



#### Spectre en fréquence N°2 :

Amplitude

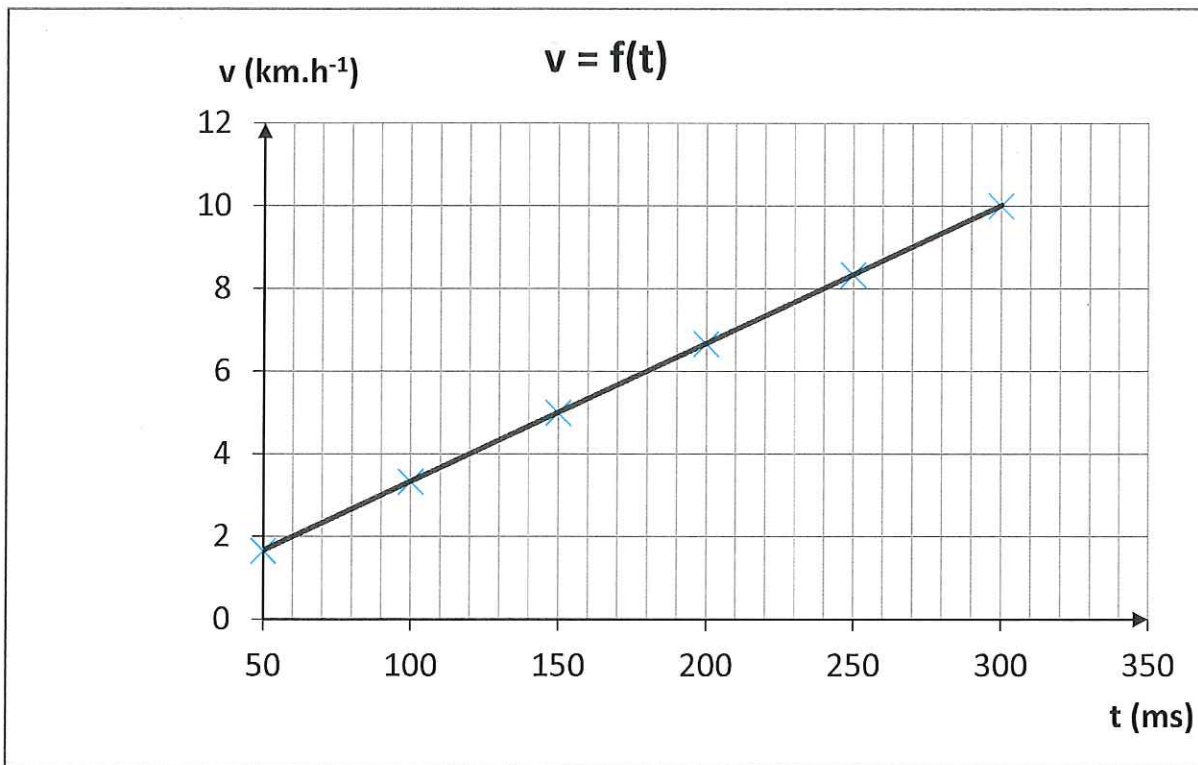


### Document D9 : le lithium

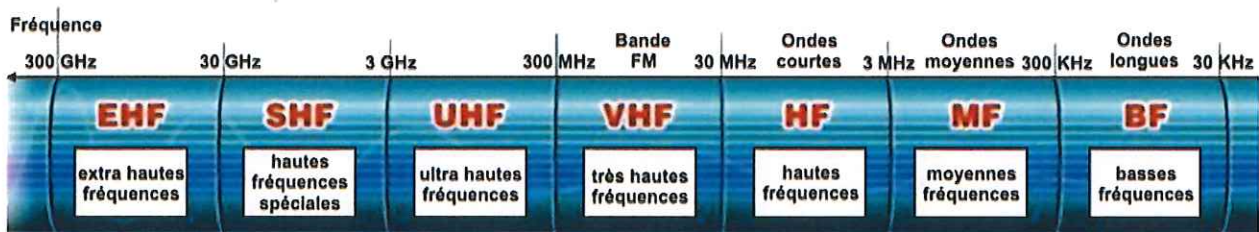
Le lithium est l'élément chimique de numéro atomique  $Z = 3$ , de symbole Li. C'est un métal alcalin, situé dans le premier groupe du tableau périodique des éléments.



**Document D10** : relevé  $v = f(t)$  d'une Formule E

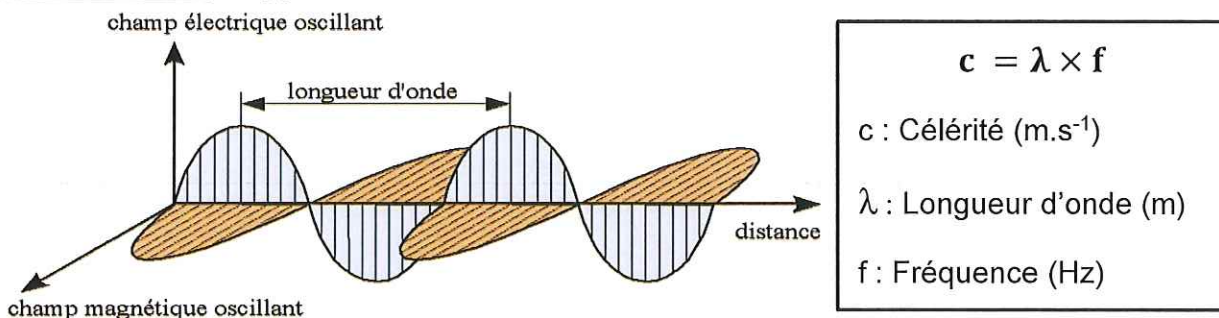


**Document D11** : ondes radio



**ANNEXES DE LA PARTIE C**

**Document D12** : rappels sur les ondes

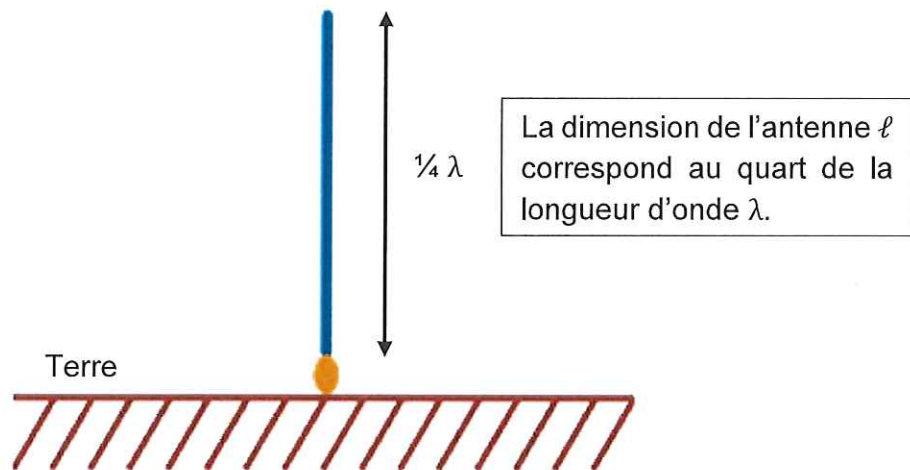


**Vitesse d'une onde sonore dans l'air** :  $c_1 = 340 \text{ m.s}^{-1}$

**Vitesse d'une onde électromagnétique dans l'air** :  $c_2 = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$



**Document D13** : antenne quart d'onde  $\lambda/4$

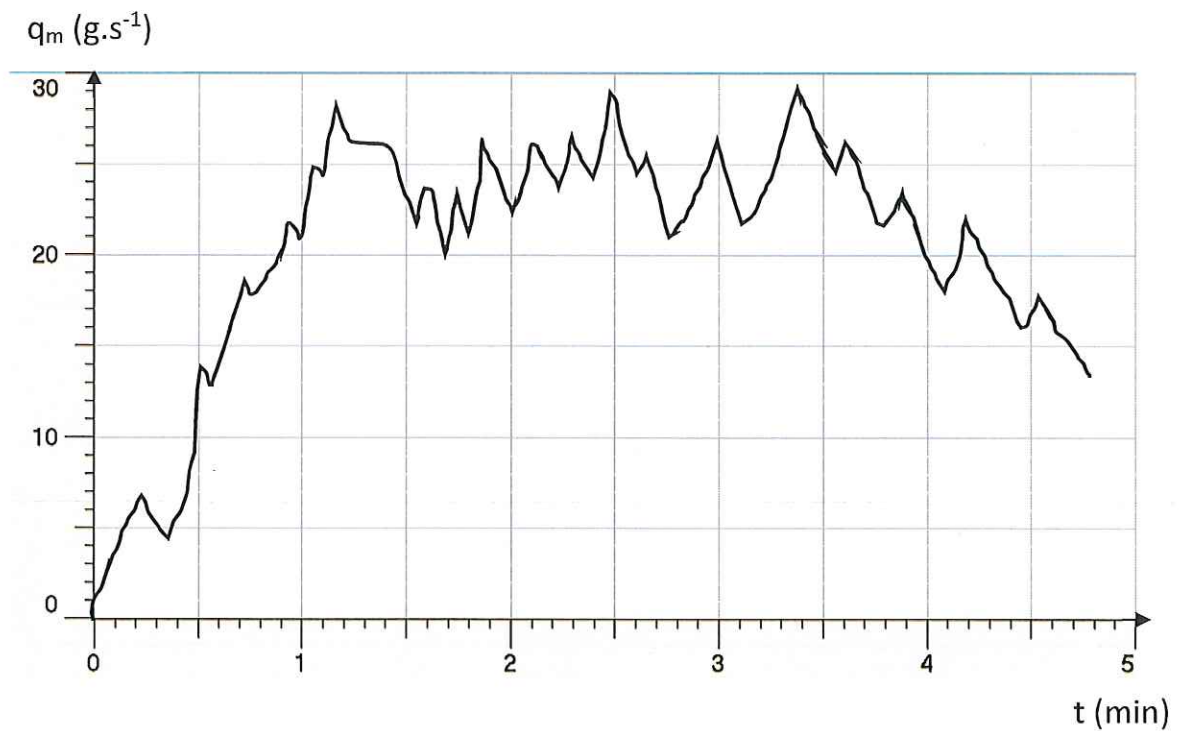


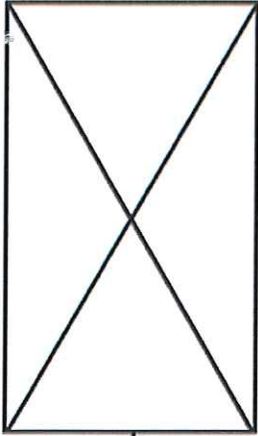
**Document D14** : le psi

L'unité de pression « psi » signifie "pound per square inch" et est une unité de mesure anglo-saxonne de pression.

Unités	Pa	bar
1 psi	6894	0,069

**Document D15** : débit de carburant



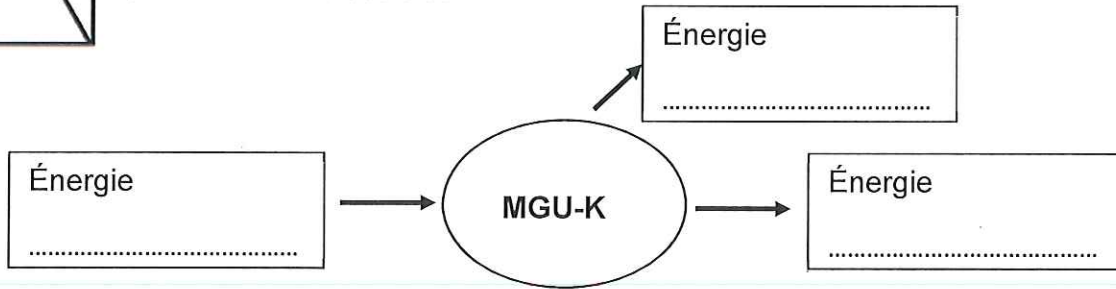


Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

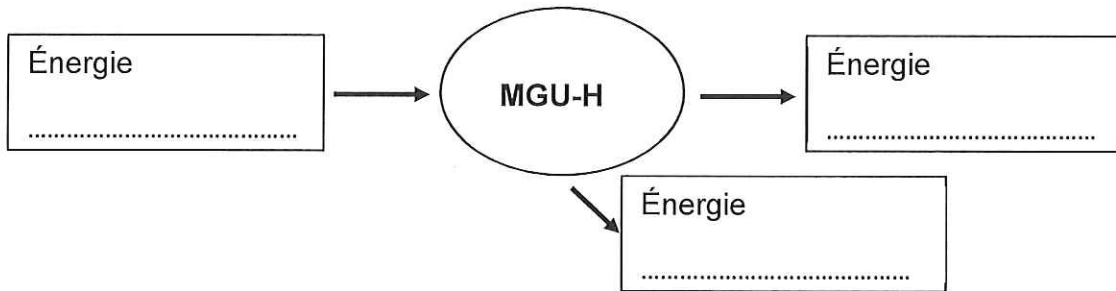
(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Document réponse DR1 :

Question A.2.1 : MGU-K



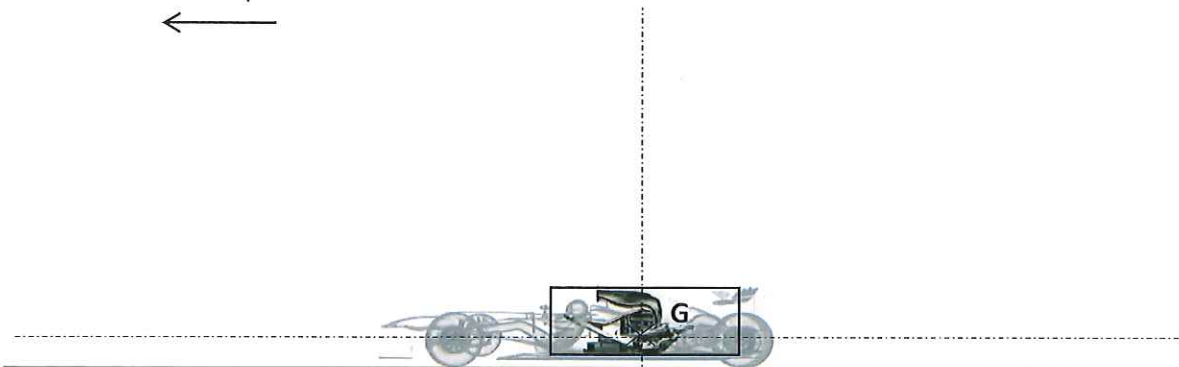
Question A.2.3 : MGU-H

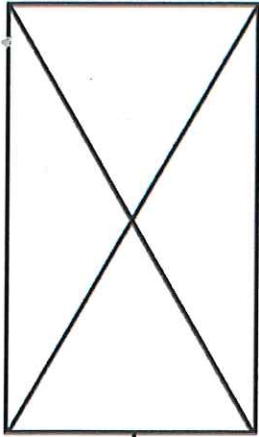


Document réponse DR2. (Question A.3.3) : tracer les vecteurs  $\vec{P}$ ,  $\vec{R}$ ,  $\vec{F}$  et  $\vec{T}$ .

Échelle : 1 cm pour 200 daN

Sens de déplacement

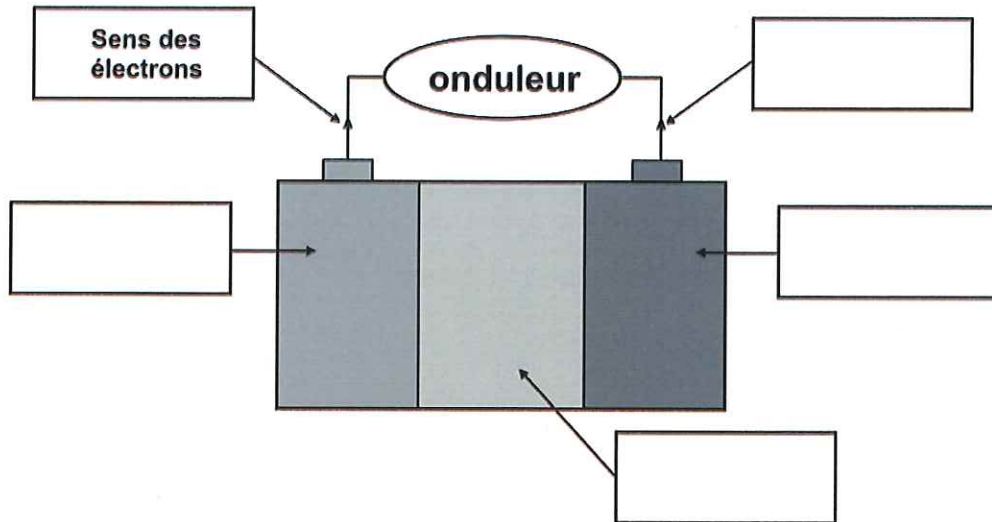




Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Document réponse DR3 (Question B.1.3) : compléter le schéma ci-dessous



Document réponse DR4 (Question C.3.1) :

- Lors de la course, la température des pneus .....
- Lors de la course, l'énergie interne du gaz de gonflage.....
- Lors de la course, la pression des pneus.....
- En supposant que la masse du véhicule reste identique lors de la course, la surface de contact du pneu avec la route.....
- Lors de la course, l'adhérence du pneu .....