

SUJET SI-E3C-10-12

**Constitution du sujet :**

- **Mise en situation** ..... Page 3
- **Exercice n°1 : Étude d'une performance du produit** ..... Page 4
- **Exercice n°2 : Commande du fonctionnement du produit** Page 7
- **Document réponse exercice 2** ..... Page 13

**Rappel du règlement de l'épreuve**

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

Modèle CCYC : ©DNE																					
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																					
Prénom(s) :																					
N° candidat :											N° d'inscription :										
<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																					
Né(e) le :	/		/																		



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

## Mise en situation

### *Le contexte général*

Les problèmes de stationnement en ville, l'émission de gaz à effet de serre, sans compter l'émission de particules fines très nocives liée à l'utilisation de voitures à moteurs thermique ont poussé les municipalités de grandes villes à développer l'utilisation de moyens de locomotions dits « propres ». Après l'engouement qu'a suscité la location des vélos dans l'agglomération Lyonnaise avec le service « Vélo'v », la municipalité a permis à des opérateurs d'offrir un service de location de trottinettes. Le succès ne s'est pas fait attendre, posant malgré tout un certain nombre de difficultés, notamment en terme de collisions avec des piétons. L'autonomie des batteries n'étant pas très élevée, les trottinettes sont souvent abandonnées ici et là dans la ville, ce qui ne facilite pas leur récupération.

### *Données technique de la trottinette*

- Dimensions : 94 x 13,5 x 116 cm
- Moteur intégré à la roue : 350 W Brushless
- Batterie : lithium-ion
- Vitesse maximale: 25 km·h<sup>-1</sup>
- Autonomie : jusqu'à 30 km
- Temps de charge : De 2 à 4 h
- Poids net (produit) : 13 kg
- Roues AV et AR : 9" (diamètre 22,86 cm)
- Charge maximale : 100 kg

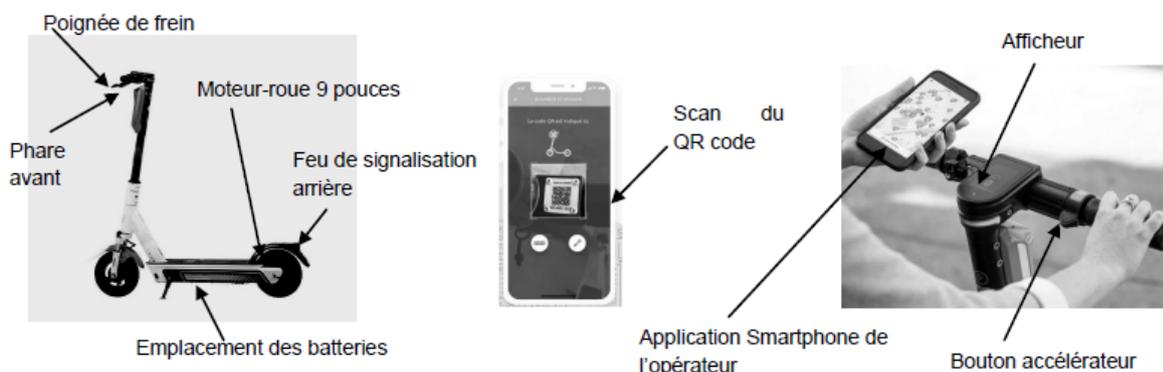


Figure 1 : Description de trottinette de location



## **Mode d'emploi de la trottinette de location**

Lorsqu'un usager veut louer une trottinette, il télécharge l'application de l'opérateur sur son Smartphone, et s'inscrit au service de location. Il peut localiser l'emplacement des trottinettes disponibles. Une fois la trottinette trouvée, il peut la déverrouiller, via une communication Bluetooth, en scannant le QR code présent sur le guidon. L'utilisateur sera facturé d'une somme correspondant à un forfait de location et un temps d'utilisation.

## **EXERCICE 1 - ETUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT**

**Contexte :** L'utilisation des trottinettes en libre-service se développe exponentiellement. Le taux d'utilisation (nombre d'heure de roulage/jour) a tendance à augmenter. L'autonomie des modèles actuels devient insuffisante, ce qui engendre de nombreux problèmes : frustration des usagers, trottinettes stationnées n'importe où, multiplication des cycles de charge et pertes de productivité...

**Problématique :** Est-il possible d'accroître l'autonomie des modèles existants ?

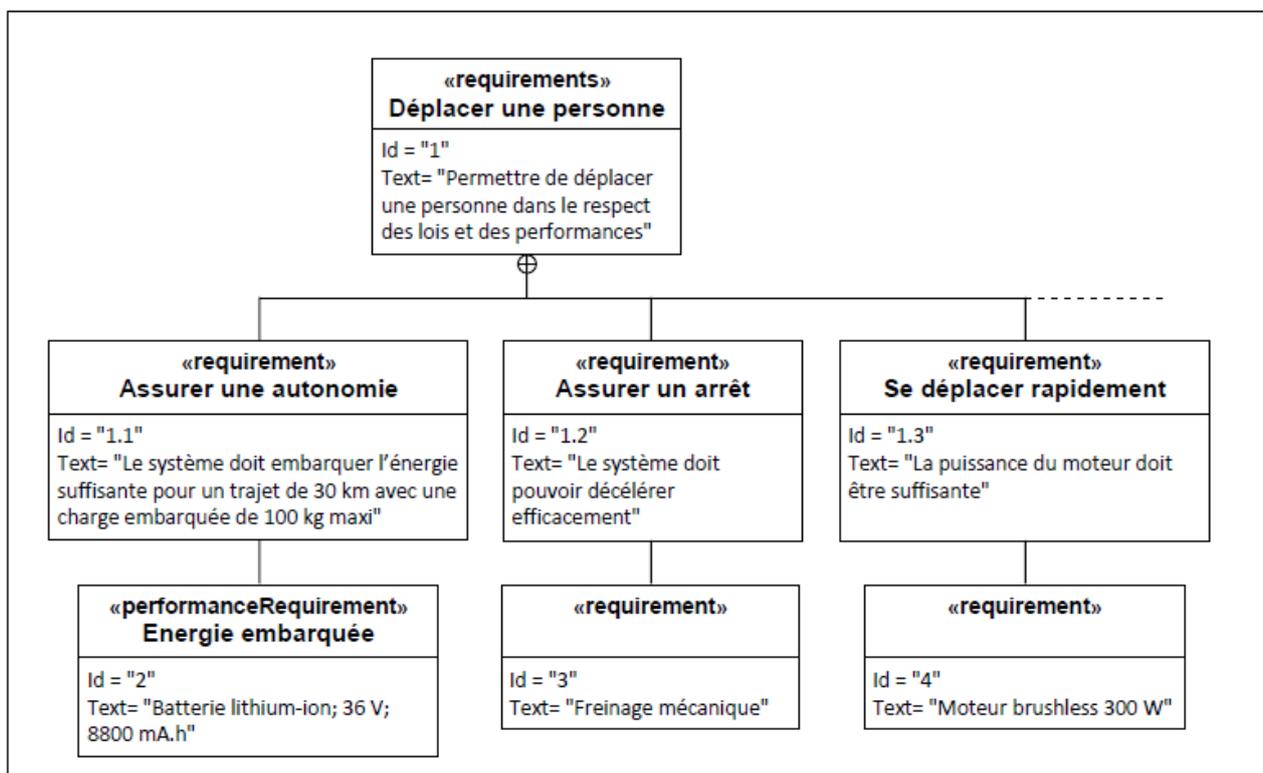


Figure 2 : Diagramme partiel des exigences

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Question I.1 À partir des données fournies et du diagramme des exigences *figure 2*, relever la capacité et la tension nominale de la batterie puis calculer  $E_{bat}$ , la quantité d'énergie stockée dans la batterie.

Figure 2

Quelle que soit la valeur trouvée précédemment, on prendra :  $E_{bat} = 320 \text{ W}\cdot\text{h}$

Le moteur doit fournir une puissance mécanique à la trottinette permettant de vaincre les efforts résistants. Ceux-ci sont estimés à  $30 \text{ N}$  à  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , sur route horizontale, avec la charge maximale.

Le rendement global de la chaîne de puissance vaut  $\eta_g = 78 \%$ .

Question 1.2 Calculer  $P_u$ , la puissance utile de la trottinette, puis  $P_{bat}$ , la puissance fournie par la batterie. En déduire la distance que l'on peut parcourir avec une batterie complètement chargée (sur le plat, à  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

Deux pistes sont étudiées pour améliorer l'autonomie des trottinettes :

- remplacer les roues par des modèles plus performants afin de diminuer les efforts résistants ;
- changer de batteries pour des modèles avec une capacité plus importante.

### 1<sup>ère</sup> piste :

La force résistante s'opposant au roulement des roues est donnée par la formule suivante :

$$F_{\text{Roulement}} = \mu_R \times m \times g$$

avec :

- $\mu_R$  : le facteur de frottement de roulement (sans unité)
- $m$  : la masse en kg de l'ensemble trottinette + utilisateur
- $g$  : l'accélération de la pesanteur =  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Le facteur de frottement de roulement dépend lui-même des dimensions de la roue :

$$\mu_R = \frac{a}{R}$$



avec :

- R : le rayon de la roue en mm
- a : le coefficient de résistance au roulement en mm. On prendra  $a = 3,5$  mm

Par ailleurs, les dimensions de la trottinette permettent d'adapter des roues un petit peu plus grandes : 10" (au lieu de 9").

Question I.3 **Justifier** l'intérêt, du point de vue de l'autonomie, d'augmenter la taille des roues.

### 2<sup>ème</sup> piste :

La batterie actuelle est constituée d'un assemblage de cellules lithium-ions de type "10S4P" : 4 groupes en parallèle de 10 cellules en série (voir *figure 3* ci-contre).

Dans un assemblage en série, les tensions sont additionnées. Dans un assemblage en parallèle, la capacité du pack est la somme des capacités de chaque élément.

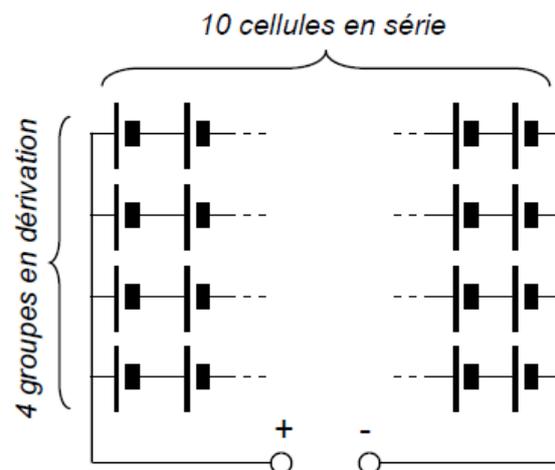


Figure 3 : Structure interne de l'accumulateur

Question I.4 Pour une tension nominale de l'accumulateur de 36 V, et une capacité de 8,8 A·h, **déterminer** la tension et la capacité d'une cellule. **En déduire** la capacité d'un accumulateur "10S5P".

Figure 3

Le fabricant de trottinettes propose de remplacer le pack batterie actuel par un plus performant : tension nominale 36 V, quantité d'énergie stockée 400 W·h. L'encombrement de cet accumulateur est compatible avec les trottinettes.

Un modèle numérique a permis d'obtenir les courbes *figure 4*, qui donnent, en fonction du temps (en s) la tension électrique (en V) et la distance parcourue (en m) pour la batterie actuelle et la nouvelle batterie :

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

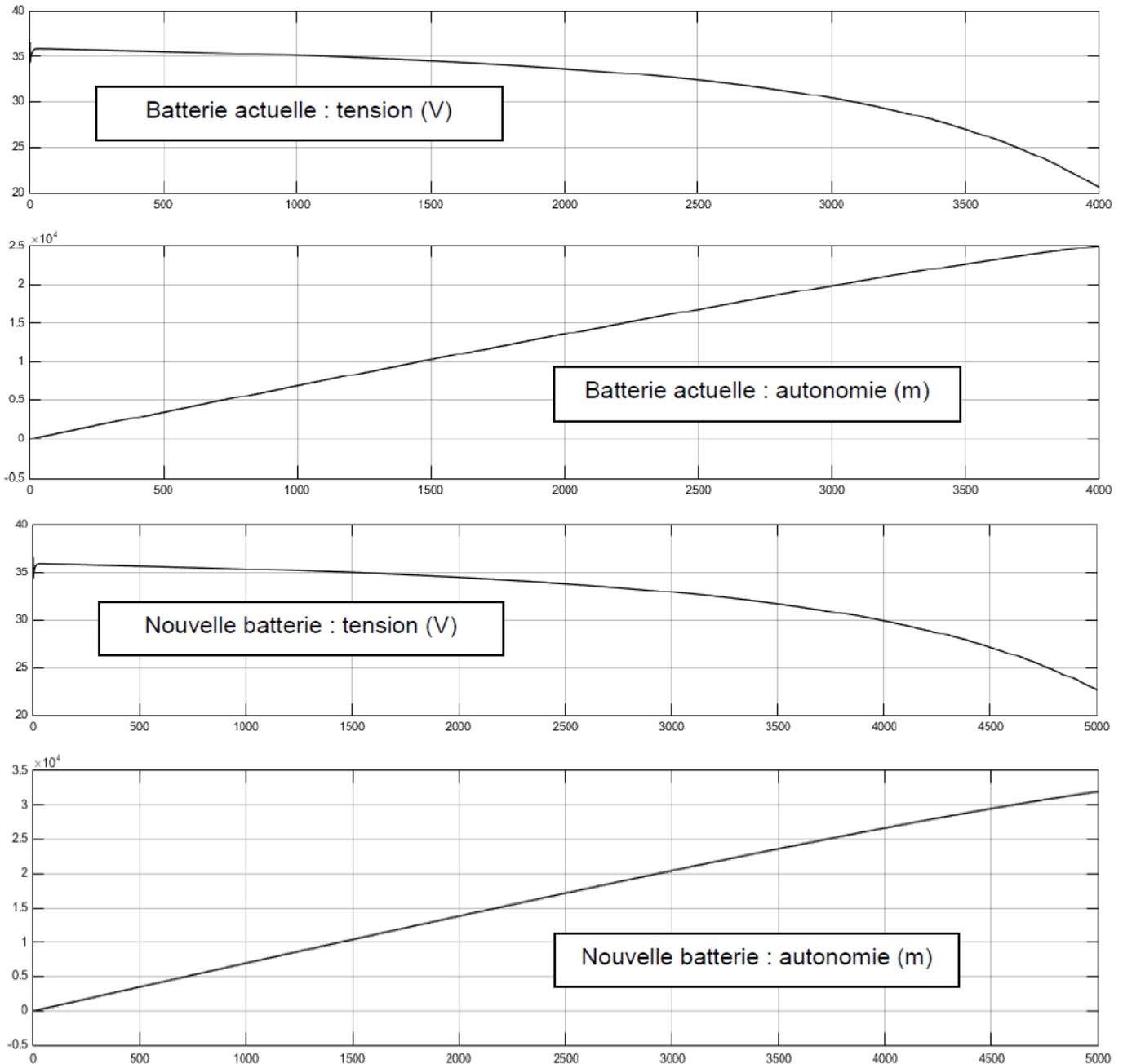


Figure 4 : Simulations du fonctionnement de la trottinette

Sachant que pour ce type de batterie, il ne faut pas que la tension descende en dessous de 25 V, sous peine de l'endommager :

Question I.5 **Relever** l'autonomie simulée (en km) pour les deux batteries.  
**Calculer** l'augmentation d'autonomie relative (en %).

Figure 4



Question I.6 **Conclure** sur la problématique (Est-il possible d'accroître l'autonomie des modèles existants ?). **Préciser** les inconvénients d'utiliser des roues plus grandes.

## EXERCICE 2 - COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DU PRODUIT

**Contexte :** Les trottinettes électriques en libre-service dans l'agglomération de Lyon sont de plus en plus nombreuses et parfois louées par des utilisateurs non expérimentés.

La municipalité souhaite limiter la vitesse des trottinettes à  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  dans les zones piétonnes et  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ailleurs.

**Problématique :** Peut-on déterminer la présence de la trottinette dans une zone piétonne afin d'adapter sa vitesse maximale autorisée ?

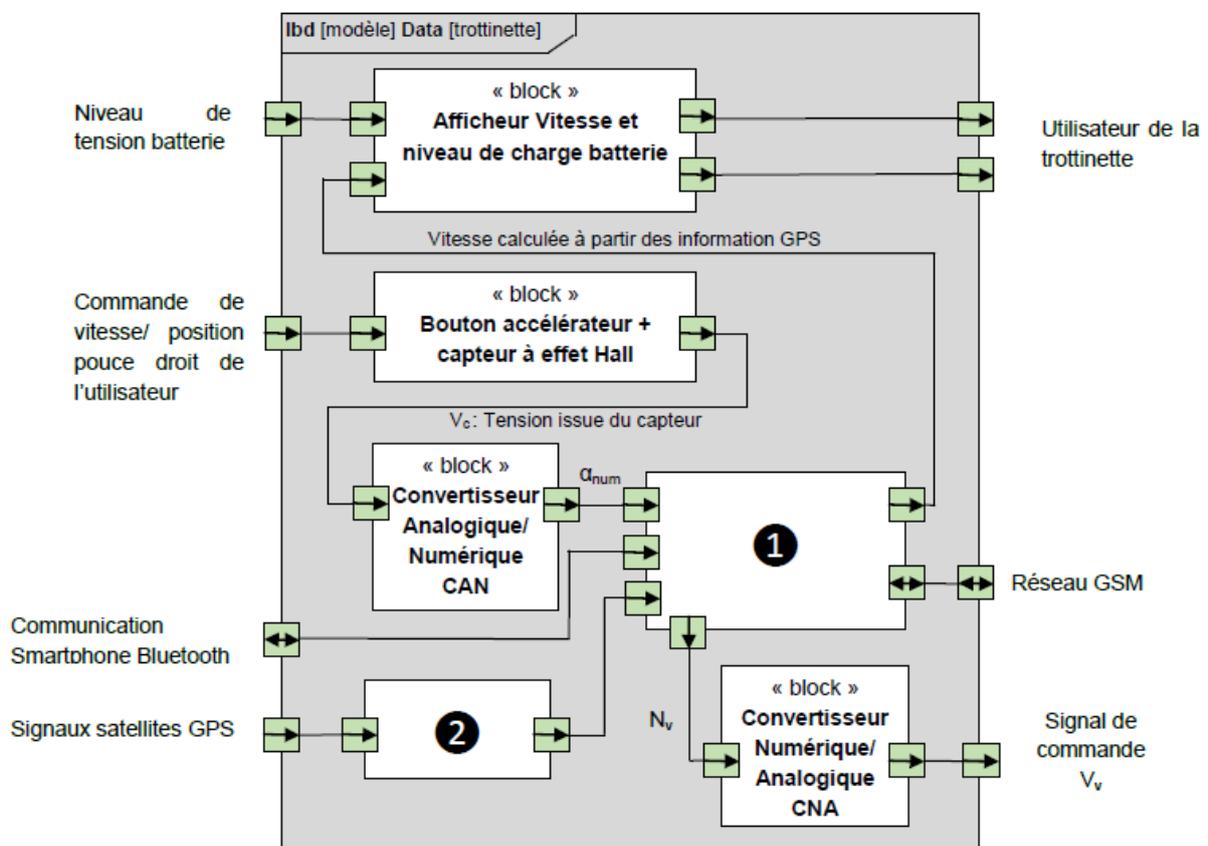


Figure 5 : Diagramme de blocs internes partiel

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

Question II.1 **Nommer** les blocs ❶ et ❷ du diagramme de blocs internes *figure 5*

Le module GPS G70020-KT communique avec le microcontrôleur Qualcomm ARMv7 par l'intermédiaire du protocole UART.

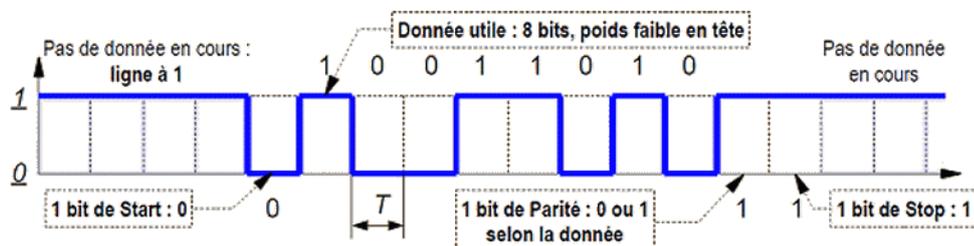


Figure 6 : Protocole UART

Dans l'exemple de la *figure 6*, l'octet envoyé est  $(01011001)_2 = (59)_{16}$ .

La table ASCII de la *figure 7* ci-contre permet de traduire la donnée en caractère : « Y ».

Hexa	Caract.	Hexa	Caract.	Hexa	Caract.	Hexa	Caract.	Hexa	Caract.	Hexa	Caract.
20	(espace)	30	0	40	@	50	P	60	`	70	p
21	!	31	1	41	A	51	Q	61	a	71	q
22	"	32	2	42	B	52	R	62	b	72	r
23	#	33	3	43	C	53	S	63	c	73	s
24	\$	34	4	44	D	54	T	64	d	74	t
25	%	35	5	45	E	55	U	65	e	75	u
26	&	36	6	46	F	56	V	66	f	76	v
27	'	37	7	47	G	57	W	67	g	77	w
28	(	38	8	48	H	58	X	68	h	78	x
29	)	39	9	49	I	59	Y	69	i	79	y
2A	*	3A	:	4A	J	5A	Z	6A	j	7A	z
2B	+	3B	;	4B	K	5B	[	6B	k	7B	{
2C	,	3C	<	4C	L	5C	\	6C	l	7C	
2D	-	3D	=	4D	M	5D	]	6D	m	7D	}
2E	.	3E	>	4E	N	5E	^	6E	n	7E	~
2F	/	3F	?	4F	O	5F	_	6F	o	7F	DEL

Figure 7 : Table ASCII

Le relevé du début d'une trame envoyée par le GPS a donné la *figure 8* ci-dessous.

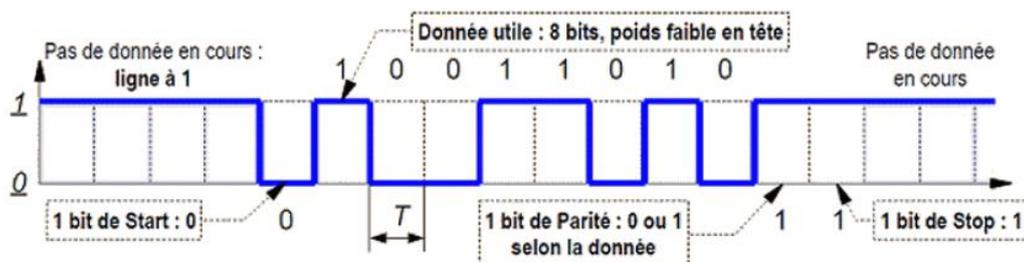


Figure 8 : Trame envoyée par le GPS



Question II.2 **Indiquer** les deux caractères reçus.

Figure 8

**Calculer** le débit d'information en bit·s<sup>-1</sup>.

La norme NMEA est utilisée pour transmettre les coordonnées de la trottinette en caractère ASCII du récepteur GPS jusqu'au microcontrôleur. Il existe plusieurs types de trames. La trame GGA est la plus couramment utilisée par les modules de communication des récepteur GPS. Chaque champ est séparé par une virgule, même s'il est vide. Le tableau *figure 9* donne un exemple de trame.

<b>Trame: \$GPGGA,073028.314,2514.3215,N,00819.1214,E,1,04,2.1,238.5,M,,,,0000*43</b>		
<b>Champ</b>	<b>Valeur</b>	<b>Traduction</b>
Type de trame	\$GPGGA	trame GPS, de type GGA.
Heure d'envoi	073028.314	7 h 30 min 28,314 s
Latitude (de 0 à 90°)	2514.3215	25 degrés et 14,3215 min
Orientation latitude	N	Nord
Longitude (de 0 à 180°)	00819.1214	8 degrés et 19,1214 min
Orientation longitude	E	Est
Positionnement	1	positionnement GPS
Nombre de satellites utilisés	04	4 satellites
Précision	2.1	Fiabilité mesurée de 1 à 9 (1 = bon, 9 = mauvais)
Altitude	238.5	238,5 m au-dessus du niveau de la mer
Unité altitude	M	Mètres
	,,,,0000*43	Autres informations

*Figure 9 : Structure d'une trame NMEA produite par un GPS*

Au départ d'un trajet, la position d'une trottinette est donnée par la trame suivante :

\$GNGGA,213405.051,4577.4215,N,00482.7913,E,1,04,2.6,254.0,M,,,,0000\*51

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Question II.3 **Déterminer** les coordonnées géographiques (latitude et longitude) de la trottinette. **Préciser** à quelle heure cette position a été transmise.

Les coordonnées géographiques du centre de Lyon sont :

Latitude : 45 degrés et 44,9076 minutes Nord,  
longitude : 4 degrés et 50,8026 minutes Est.

La circonférence de la Terre mesurée sur un méridien vaut 40007,8 km. Mesurée au niveau du 45<sup>ème</sup> parallèle, elle vaut 28337,3 km.

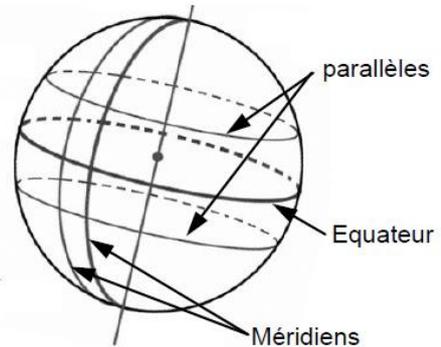


Figure 10 : méridiens et parallèles

Question II.4 **Calculer**, en mètres, la précision théorique de positionnement obtenue avec les coordonnées précédentes.

Figure 10

Pour déterminer si la trottinette se trouve dans une zone piétonne, délimitée par un polygone, il est possible d'utiliser la méthode « du nombre d'intersections », illustrée sur la figure 11 :

On choisit un point O, extérieur au polygone ( $S_1, S_2, \dots, S_{10}$ ). Pour savoir si un point M est à l'intérieur, il suffit de compter le nombre 'NI' d'intersections entre le segment [OM] et les côtés du polygone. Si NI est impair, M est à l'intérieur (cas des points  $M_1$  et  $M_4$ ). Si NI est pair, M est à l'extérieur (cas des points  $M_2, M_3$  et  $M_5$ ).

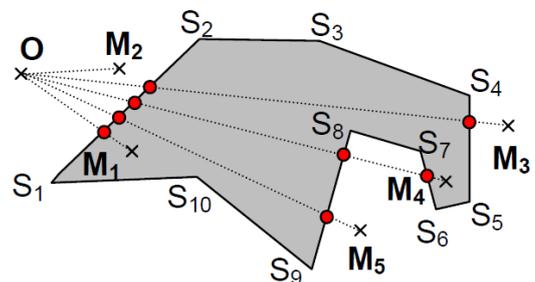
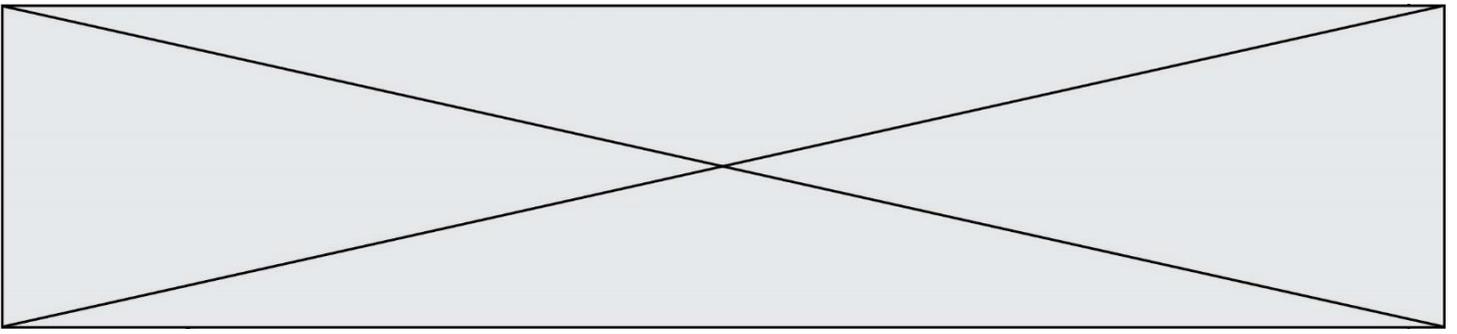


Figure 11 : méthode du nombre d'intersections

Les cas particuliers où M est sur un côté ou un sommet du polygone ne sont pas étudiés.



L'algorithme du document réponse DR1 permet, connaissant les coordonnées des  $n$  sommets  $S_i$  d'un polygone, de déterminer si un point  $M$  est à l'intérieur ou pas.

Question II.5 **Compléter** les cases ①, ② et ③ de l'algorithme sur le document réponse DR1.

Question II.6 **Conclure** sur la réponse à la problématique (Comment déterminer la présence de la trottinette dans une zone piétonne afin d'adapter sa vitesse maximale autorisée ?) en s'appuyant sur le travail effectué plus haut.

