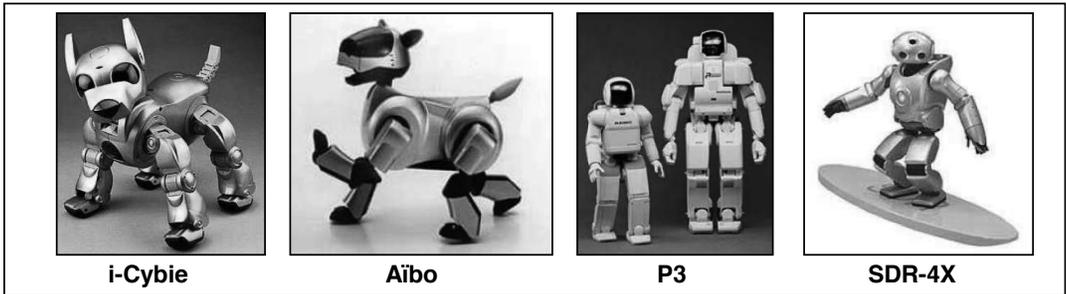


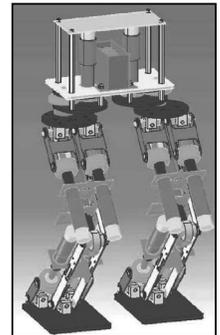
### 1. Présentation

Depuis maintenant un peu plus de trente ans, les robots sont apparus dans le milieu industriel. Ils sont principalement destinés à remplacer l'homme dans ses tâches manuelles, répétitives et fatigantes. Actuellement, la tendance semble évoluer. Les robots sont maintenant des jouets et amusent l'homme. Ils s'humanisent et deviennent de plus en plus réalistes. De plus, ils sont dotés d'une intelligence impressionnante leur permettant de faire une multitude de gestes plus complexes les uns que les autres. Les photos suivantes représentent les robots les plus connus à ce jour :



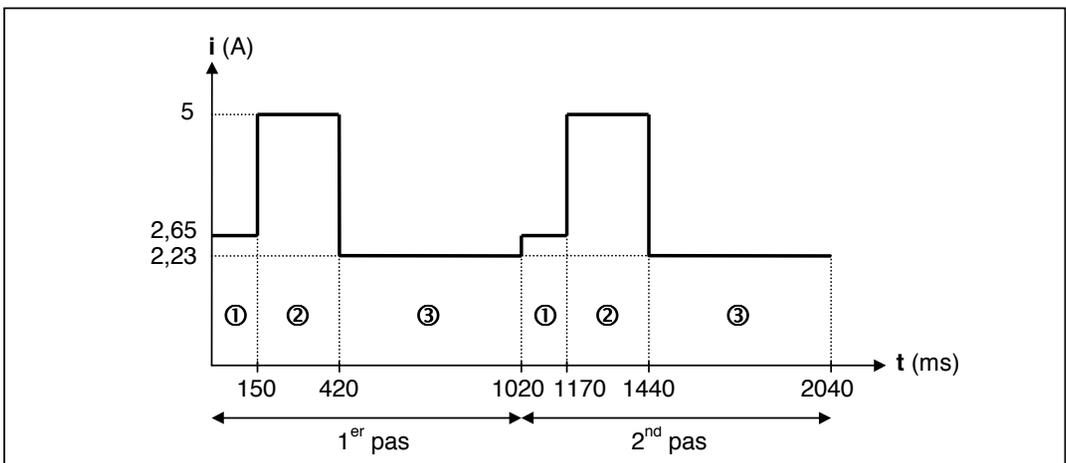
Une entreprise souhaite réaliser un robot qui ne doit être constitué que de deux jambes et d'un début de tronc. La fonction globale du produit est de valider les algorithmes de déplacement élaborés par des laboratoires de recherche spécialisés en micro robotique.

Le tronc du robot sert à la fixation de batteries d'alimentation et à la connexion d'une carte électronique de commande. Cette carte permet de piloter les moteurs grâce à des microprocesseurs programmés selon des algorithmes répondant au déplacement souhaité. On limitera l'étude aux jambes humanoïdes du robot. Les composants électriques constituant le robot (moteurs, capteurs, etc.) nécessitent diverses sources d'alimentation, toutes obtenues à partir d'une **batterie de tension nominale  $U = 12\text{ V}$** .



### 2. Choix de la batterie

Lorsque le robot effectue deux pas (chaque pas se décompose en 3 étapes : ①, ② et ③), l'évolution temporelle de l'intensité  $i(t)$  du courant fourni par la batterie est donnée ci-dessous :

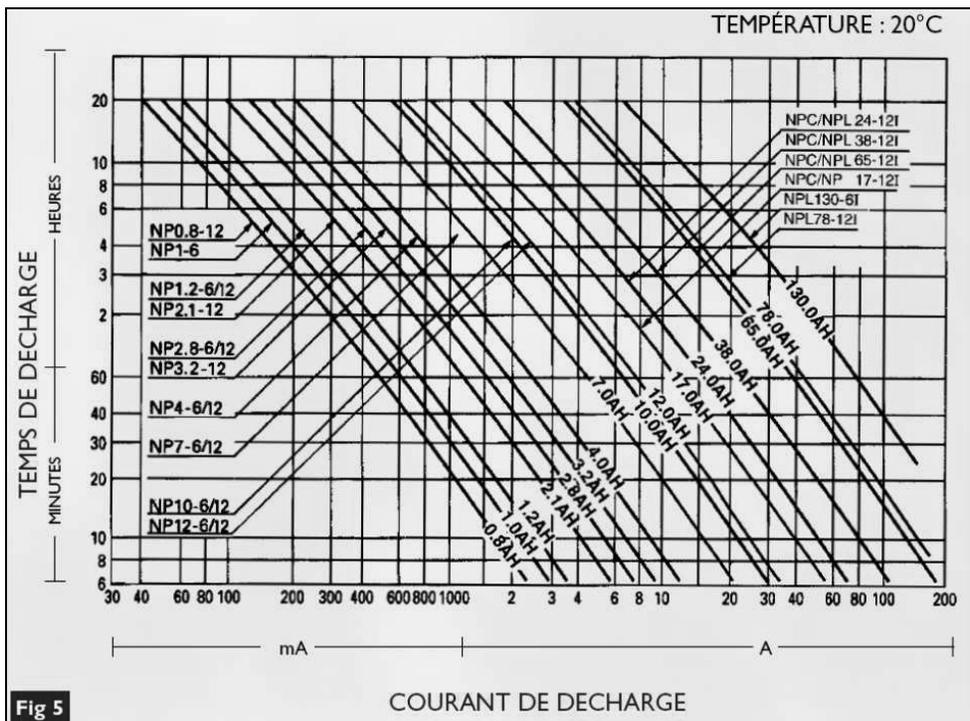


- 2.1/ **Calculer** l'intensité moyenne  $I_{bat}$  débitée par la batterie quand le robot fait un pas.
- 2.2/ En **déduire** la puissance moyenne  $P_{bat}$  et l'énergie  $W_{bat}$  fournies par la batterie durant un pas. Vous exprimerez l'énergie  $W_{bat}$  en **Joules** puis en **Wh**.
- 2.3/ **Calculer** la capacité  $C$  en **Ah** de la batterie afin d'obtenir l'autonomie de **30 minutes** spécifiée dans le cahier des charges.
- 2.4/ A l'aide de l'**annexe**, **choisir** la batterie à utiliser. Quelle est sa capacité nominale ? La **comparer** à la capacité réelle calculée à la question précédente. **Commenter**.
- 2.5/ La longueur d'un pas faisant **417 mm**, **calculer** la vitesse du robot  $V$  en km/h.
- 2.6/ On donne  $C = 1,5 \text{ Ah}$ . Quelle distance  $D$  aura parcouru le robot jusqu'à la décharge totale de la batterie si sa trajectoire est rectiligne ?

- fin énoncé -

## ANNEXE

### Diagramme de sélection de capacité



## CORRIGÉ

## 2. Choix de la batterie

2.1/ On se ramène à un calcul de « surfaces élémentaires (rectangles) ».

L'intensité moyenne  $I_{bat}$  fournie par la batterie durant un pas de durée  $t_{pas}$  vaut :

$$I_{bat} = \frac{1}{t_{pas}} \int_0^{t_{pas}} i(t) \cdot dt = \frac{2,65 \times 150 + 5 \times 270 + 2,23 \times 600}{1020} \approx \boxed{3 \text{ A}}$$

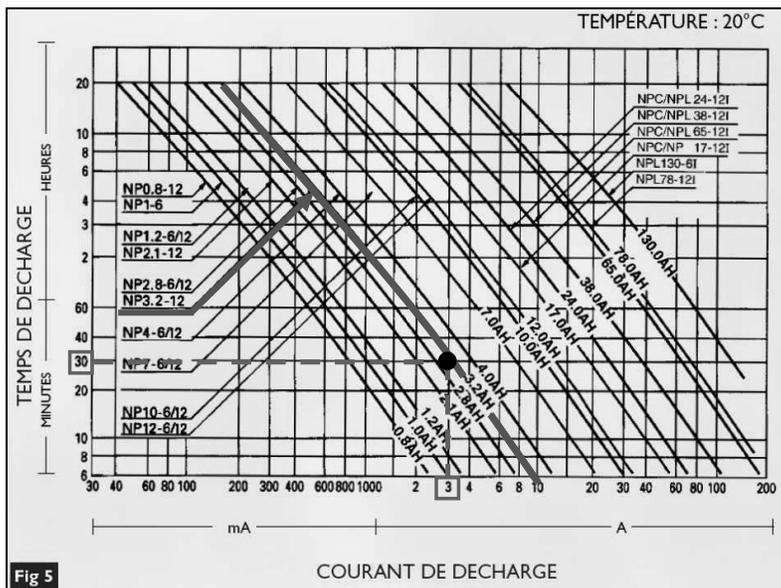
2.2/ On en déduit :  $P_{bat} = U_{bat} \cdot I_{bat} \approx \boxed{36 \text{ W}}$

Puis :  $W_{bat} = P_{bat} \cdot t_{pas} \approx \boxed{37 \text{ J}}$  ou  $\boxed{10 \text{ mWh}}$  ( $t_{pas} = 1,02 \text{ s}$ )

2.3/ La batterie doit fournir un courant  $I_{bat} = 3 \text{ A}$  durant 30 minutes soit  $\Delta t = 0,5 \text{ h}$  donc :

$$C = I_{bat} \cdot \Delta t = 3 \times 0,5 = \boxed{1,5 \text{ Ah}}$$

2.4/ D'après l'annexe, il faut choisir une batterie pouvant supporter un courant de décharge de **3 A pendant 30 minutes**. La 1<sup>ère</sup> référence possible est **NP3.2-12**. ( $C = 3,2 \text{ Ah}$  et  $U = 12 \text{ V}$ ).



La capacité nominale de la batterie **3,2 Ah** est supérieure à la capacité réelle **1,5 Ah**. En effet, la capacité réelle est d'autant plus faible que le courant de décharge est important.

2.5/ La vitesse du robot  $V$  en **km/h** s'écrit  $V = 3,6 \cdot \frac{L}{t_{pas}}$  où  $L$  est la longueur d'un pas en **m**.

Tous calculs faits :  $V = 3,6 \cdot \frac{0,417}{1,02} \approx \boxed{1,47 \text{ km/h}}$

2.6/ L'autonomie du robot est de 30 minutes, soit 0,5 h donc  $D = 0,5 \cdot V \approx \boxed{735 \text{ m}}$ .

- fin corrigé -

## 1. Présentation

Le sécateur est un outil électroportatif et autonome destiné à tailler la vigne (période entre décembre et Mars). Ce produit vise le créneau de l'exploitation familiale, de petite surface ou de surface morcelée.

On se propose de vérifier l'autonomie de fonctionnement d'un sécateur annoncée dans la plaquette publicitaire.

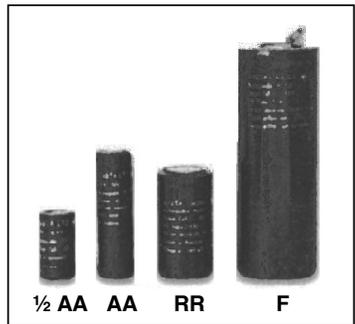
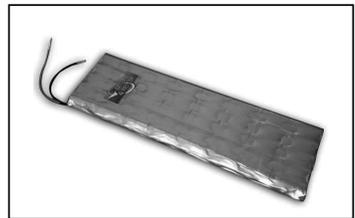
**30 coupes / minute - 8 heures d'autonomie**



## 2. Caractéristiques de la batterie

La batterie est constituée de quarante éléments **Ni-Cd** en série. Les éléments ont un boîtier de type **RR**.

Tension	Type boîtier	Capacité Ah	Longueur (mm)	Diamètre (mm)
1,2 V	½ AA	0,26	25	14,7
1,2 V	AA	0,60	49,9	14,5
1,2 V	RR	1,40	42,2	23
1,2 V	F	7,00	91	33,5



### 2.1/ Déterminer :

- la valeur de la tension  $U_{\text{bat}}$  de la batterie ;
- la capacité  $C_{\text{bat}}$  de la batterie.

### 2.2/ En déduire l'énergie $W_{\text{bat}}$ disponible dans la batterie.

### 2.3/ Que signifient les termes **Ni-Cd** \* ? Déterminer la masse $M$ de la batterie sachant que l'énergie massique d'un élément **Ni-Cd** est de **60 Wh/kg**.

\* *Nota* : Ces batteries sont désormais interdites dans les applications portatives.

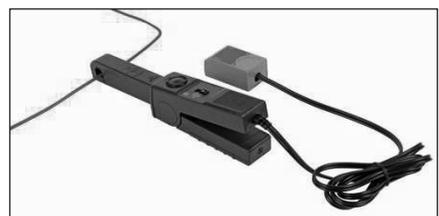
## 3. Estimation de l'énergie d'une coupe « standard »

A l'aide d'une pince ampéremétrique, on a relevé sur la voie 1 d'un oscilloscope numérique, le courant  $i_{\text{bat}}(t)$  débité par la batterie, lors d'une coupe de durée  $T_C$  d'une branche de bois.

La pince ampéremétrique est calibrée sur **100 mV/A**.

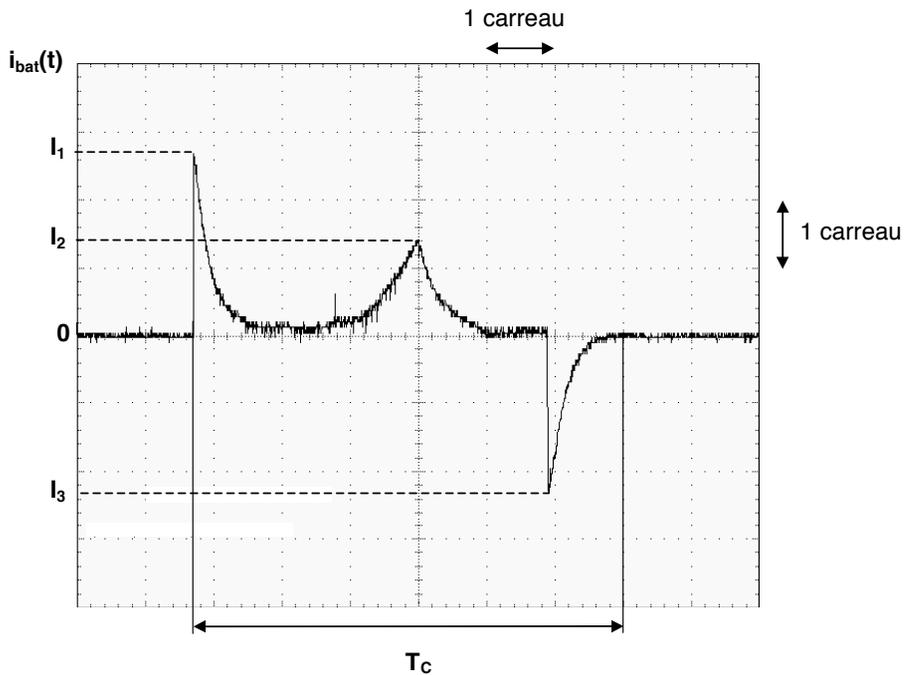
Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

Sensibilité verticale : **200 mV / carreau**  
Base de temps : **100 ms / carreau**



### 3.1/ Evaluer, à partir du relevé du courant fourni page suivante, les valeurs de $I_1$ , $I_2$ , $I_3$ et $T_C$ .

## RELEVÉ DU COURANT DÉBITÉ PAR LA BATTERIE LORS D'UNE COUPE « STANDARD »



On a idéalisé ci-contre la courbe  $i_{bat}(t)$ .

**Zone ①** : Démarrage du moteur.

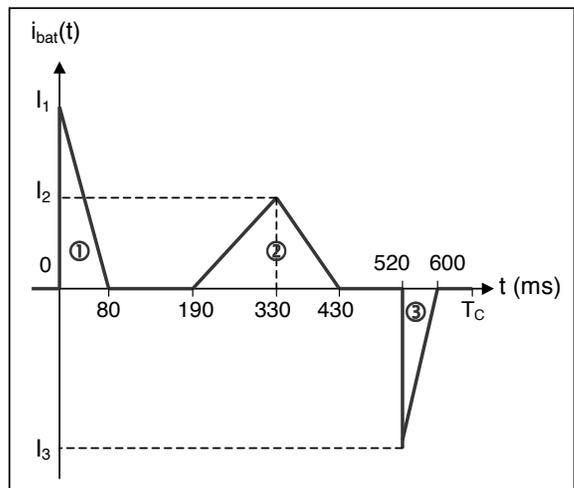
**Zone ②** : Fermeture du sécateur.

**Zone ③** : Ouverture du sécateur.

**3.2/ Calculer** le courant moyen  $I_{moy}$  délivré par la batterie lors d'une coupe.

**3.3/ En déduire** l'énergie  $W_{coupe}$  délivrée par la batterie pour une coupe en **J** puis en **Wh**.

**3.4/ L'autonomie** annoncée par le fabricant est-elle satisfaite ? **Commenter**.



- fin énoncé -

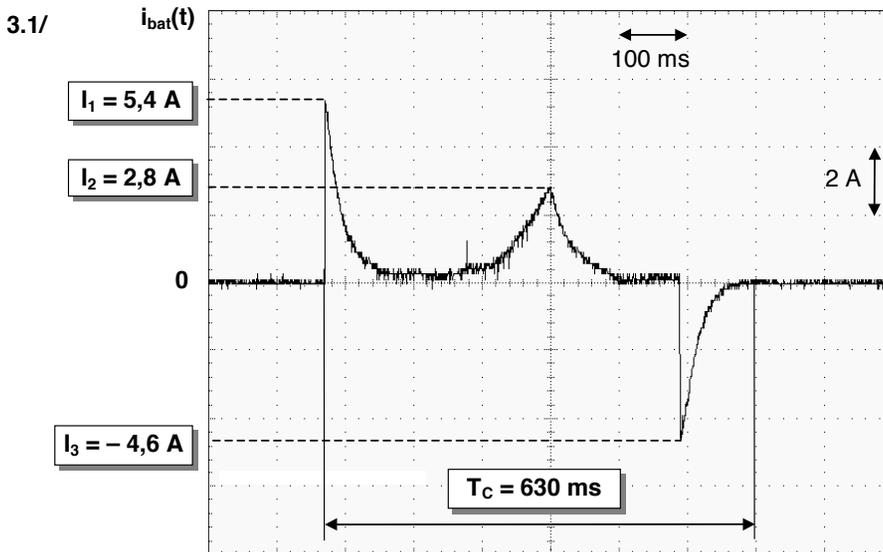
**CORRIGÉ****2. Caractéristiques de la batterie**

2.1/ Les **40 éléments** de type RR étant en série :  $U_{\text{bat}} = 40 \cdot 1,2 = \boxed{48 \text{ V}}$  ;  $C_{\text{bat}} = \boxed{1,4 \text{ Ah}}$

2.2/ L'énergie  $W_{\text{bat}}$  disponible dans la batterie est :  $W_{\text{bat}} = U_{\text{bat}} \cdot C_{\text{bat}} = \boxed{67,2 \text{ Wh}}$

2.3/ Les termes **Ni-Cd** signifient **Nickel – Cadmium**.

La masse  $M$  de la batterie est définie par :  $M = \frac{W_{\text{bat}}}{60} \approx \boxed{1,1 \text{ kg}}$

**3. Estimation de l'énergie d'une coupe « standard »**

3.2/ On se ramène à un calcul de « surfaces élémentaires (triangles) ». Il vient :

$$I_{\text{moy}} = \frac{1}{T_C} \int_0^{T_C} i_{\text{bat}}(t) \cdot dt = \frac{1}{630} \left[ I_1 \cdot \frac{80}{2} + I_2 \cdot \frac{430 - 190}{2} + I_3 \cdot \frac{600 - 520}{2} \right] = \boxed{0,58 \text{ A}}$$

3.3/ L'énergie  $W_{\text{coupe}}$  délivrée par la batterie pour une coupe s'écrit :

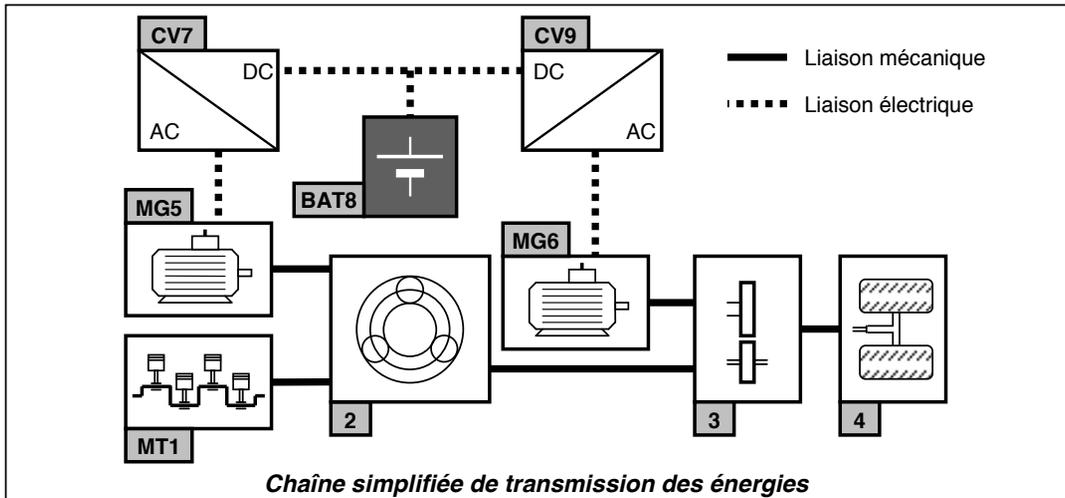
$$W_{\text{coupe}} = U_{\text{bat}} \cdot I_{\text{moy}} \cdot T_C = \boxed{17,5 \text{ J}} = \boxed{4,86 \text{ mWh}} \quad \begin{cases} 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \\ 1 \text{ mWh} = 3,6 \text{ J} \end{cases}$$

3.4/ Si la cadence est de 30 coupes / minutes (difficile à tenir), au bout de 8 heures (480 minutes), le vigneron aura réalisé  $30 \cdot 480 = 14400$  coupes

La batterie aura délivré une énergie totale égale à  $14400 \cdot 4,86 \cdot 10^{-3} \approx 70 \text{ Wh}$ .

C'est pratiquement l'énergie disponible calculée au 2.2/ mais en supposant que la batterie se décharge complètement (décharge profonde). De plus, il est difficile d'estimer précisément à partir du relevé, l'énergie consommée pour une coupe. **On peut donc penser que les chiffres avancés sont vrais, même si on peut se demander quel vigneron est capable d'atteindre une telle cadence.**

La motorisation hybride de la **TOYOTA PRIUS** repose sur la combinaison d'un moteur électrique et d'un moteur à essence. Un calculateur sélectionne le meilleur mode opératoire en fonction de la situation. Il opte pour la propulsion électrique seule lorsque cela est possible, ou pour une répartition entre propulsion électrique et thermique lorsque cela est nécessaire. La batterie se recharge automatiquement grâce au moteur essence mais aussi lors des décélération ou du freinage.

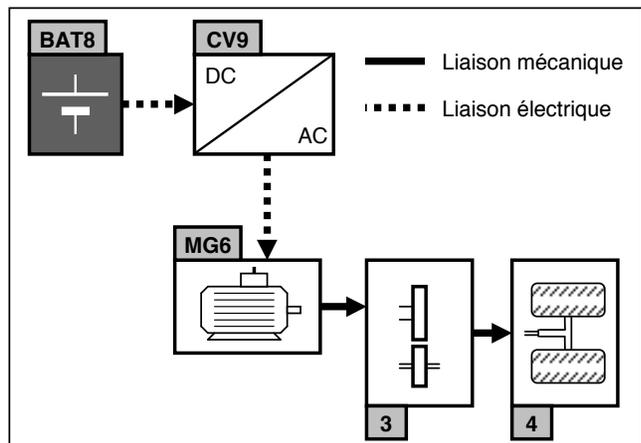


<b>MT1</b>	Moteur à essence, puissance utile de <b>57 kW</b> à <b>5000 tr.min<sup>-1</sup></b>
<b>2</b>	Répartiteur de puissance (train épicycloïdal)
<b>3</b>	Réducteur + différentiel
<b>4</b>	Roues motrices directrices (train avant)
<b>MG5</b>	Machine électrique permettant le démarrage du moteur <b>MT1</b> et la recharge de la batterie <b>BAT8</b> . Puissance utile nominale = <b>18 kW</b> (mode moteur)
<b>MG6</b>	Machine électrique permettant de fournir de l'énergie aux roues ou de recharger la batterie <b>BAT8</b> . Puissance utile nominale = <b>48 kW</b>
<b>CV7</b>	Convertisseur <b>AC / DC</b> réversible
<b>BAT8</b>	<b>Batterie d'accumulateurs Nickel - Métal hydrure. Tension Nominale = 202 V</b>
<b>CV9</b>	Convertisseur <b>AC / DC</b> réversible

Le mode de fonctionnement « **Démarrage et vitesse lente** » (voir schéma ci-contre) est le mode principal de fonctionnement qui permet de dimensionner le moteur **MG6** et la batterie **BAT8**.

En effet, dans ce mode, le moteur électrique **MG6** doit assurer seul le mouvement du véhicule, la batterie d'accumulateurs **BAT8** étant la seule source d'énergie disponible.

**Les flèches indiquent le sens du transfert de l'énergie.**



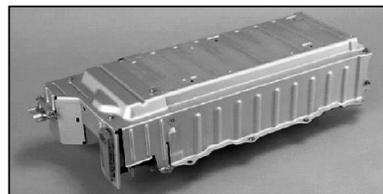
□ **Caractéristiques techniques et notations**

<b>M</b>	Masse totale autorisée en charge	<b>1725 kg</b>
<b>C<sub>RR</sub></b>	Coefficient de résistance au roulement	<b>10<sup>-2</sup></b>
<b>S<sub>f</sub></b>	Section frontale du véhicule	<b>1,8 m<sup>2</sup></b>
<b>C<sub>x</sub></b>	Coefficient de pénétration dans l'air	<b>0,26</b>
<b>η</b>	Rendement du réducteur	<b>0,95</b>
<b>V</b>	Vitesse du véhicule exprimée en <b>m.s<sup>-1</sup></b>	
<b>γ</b>	Accélération linéaire du véhicule exprimée en <b>m.s<sup>-2</sup></b>	
<b>p</b>	Pente de la route	
<b>g</b>	Accélération de la pesanteur	<b>9,81 m.s<sup>-2</sup></b>
<b>ρ</b>	Masse volumique de l'air	<b>1,28 kg.m<sup>-3</sup></b>

La force nécessaire pour assurer le déplacement de la voiture est donnée par :

$$F = C_{RR} Mg + \frac{\rho V^2}{2} \cdot C_x S_f + Mgp + M\gamma \quad (1)$$

La batterie utilisée est de type nickel - hydrure métallique (**Ni-MH**). L'électrode positive est réalisée sur un support en mousse de nickel, tandis que l'électrode négative (**MH**) utilise une réaction réversible d'incorporation d'hydrogène dans un alliage métallique. L'électrolyte est composée d'hydroxyde de potassium (**KOH**) et d'eau. Ces batteries présentent une densité d'énergie (**46 Wh.kg<sup>-1</sup>**) pour la batterie de la **PRIUS**) pouvant atteindre le double de celle obtenue avec des accumulateurs au plomb.



**Batterie de la TOYOTA PRIUS**

Le cahier des charges fonctionnel prévoit que la quantité d'énergie contenue dans la batterie permette à la **PRIUS** de passer 30 fois de **0 à 33 km.h<sup>-1</sup>** sur terrain plat sans l'assistance du moteur **MT1** (modélisation d'un trajet urbain encombré), le temps de chaque démarrage étant de **3,3 s**. L'accélération est supposée constante.

**Hypothèses d'études :**

- On négligera les pertes du convertisseur **CV9** ainsi que celles du moteur **MG6**.
- La tension **U<sub>0</sub>** aux bornes de la batterie est supposée constante : **U<sub>0</sub> = 207 V**.
- On négligera le terme  $\frac{\rho V^2}{2} \cdot C_x S_f$  car la vitesse **V** est faible lors d'un démarrage.

- 1/ **Calculer** la force **F<sub>33</sub>** nécessaire pour produire l'accélération prévue. En **déduire** l'expression temporelle de la puissance **P<sub>bat</sub>** que doit fournir la batterie **BAT8** lors d'un démarrage.
- 2/ **Déterminer** en **kWh** l'énergie **W<sub>bat</sub>** fournie par la batterie pour effectuer les **30** démarrages.
- 3/ On doit disposer en permanence d'une réserve d'énergie égale à **1,1 kWh** afin d'assurer le bon fonctionnement des équipements électriques de la voiture. **Déterminer** l'énergie totale **W<sub>T</sub>** que devra stocker la batterie. En **déduire** la masse **m** de la batterie.
- 4/ Pratiquement, on préfère utiliser la quantité d'électricité plutôt que l'énergie pour quantifier les possibilités de la batterie. **Donner** en **Ah** la quantité d'électricité **Q<sub>bat</sub>** disponible dans la batterie lorsqu'elle est complètement chargée.
- 5/ **Déterminer** en **km** l'autonomie de la voiture sur un trajet présentant une pente de **3%** à la vitesse stabilisée de **33 km.h<sup>-1</sup>**.

- fin énoncé -