

## BAREME ET TEMPS CONSEILLE

**Lecture du sujet : 15 minutes**

**Partie 1 : 5 points 10 minutes**

**Partie 2 : 10 points 20 minutes**

**Partie 3 : 10 points 20 minutes**

**Partie 4 : 30 points 70 minutes**

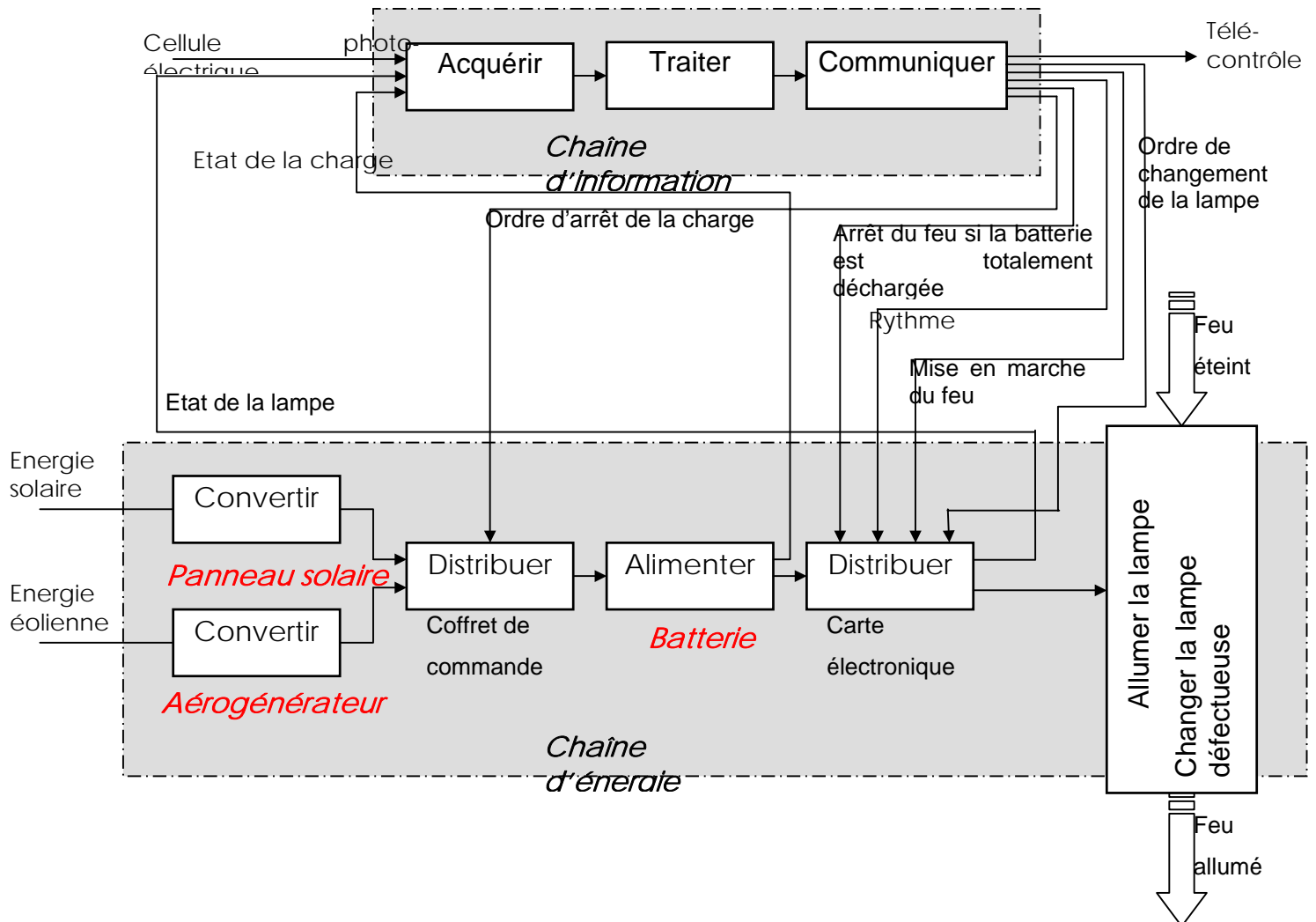
**Partie 5 : 30 points 70 minutes**

**Partie 6 : 15 points 35 minutes**

## Corrigé

### Question 1-1 : Analyse de la chaîne fonctionnelle

#### 1.1.1. Noms des constituants des fonctions **Convertir** et **Alimenter**:



#### 1.1.2. Principales informations de sécurité relatives à l'état du feu transmises à terre :

Les principales informations de sécurité transmises à terre sont :

- ❑ les informations sur le changement d'une lampe (ou 6eme lampe en service)
- ❑ l'état de décharge de la batterie (ou batterie basse)

**Question 2-1 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne consommée par le feu**

**2.1.1. Courant max. dans la lampe  $I_{max}$  :**

La lampe utilisée a une puissance de 90 W. Sa tension de fonctionnement est de 24 V.

$$P = U \times I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{90}{24}$$

$$**I_{max} = 3,75 A**$$

**2.1.2. Courant moyen  $I_{moy}$  pendant un cycle :**

Pendant une période T de 6 secondes, le feu est éclairé 4 secondes.

$$I = \frac{4 \times 3,75}{6}$$

$$**I_{moy} = 2,5 A**$$

**2.1.3. Quantité d'électricité  $Q_d$  consommée par le feu en une nuit :**

La nuit dure 15 heures.

$$Q = I \times t \Rightarrow Q_d = 2,5 \times 15$$

$$**Q_d = 37,5 Ah**$$

**Question 2-2 : Détermination de la capacité de stockage de la batterie**

**2.2.1. Capacité de la batterie avec un courant de décharge de 1,56A :**

**La capacité C est égale à 390 Ah au moins**

**2.2.2. Nombre de jours consécutifs de fonctionnement :**

**2 méthodes de résolution possibles :**

1)  $C = I \times T \Rightarrow T = \frac{C}{I} = \frac{390}{1,56}$   **$T_a = 250 h = 10,4 \text{ jours}$**

2)  $Q_d = 37,5 \text{ Ah par jour} \Rightarrow T = \frac{C}{Q_d} = \frac{390}{37,5} = 10,4 \text{ jours}$

**2.2.3. La batterie est-elle correctement dimensionnée (justifier la réponse) ?**

**Oui, car elle permet au feu de fonctionner plus de 10 jours sans recharge (comme précisé dans la présentation.)**

**Question 3-1 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne produite par le panneau solaire**

3.1.1. Irradiation  $R_a$  moyenne reçue quotidiennement par le panneau solaire :

$$R_a = 5,2 \text{ kWh environ} \quad (\text{entre } 5 \text{ et } 5,2)$$

3.1.2. Nombre d'heures  $T_e$  d'exposition du panneau à éclairage énergétique équivalent à  $1 \text{ kW/m}^2$

**L'irradiation solaire reçue par le panneau vaut  $5,2 \text{ kWh/m}^2$ , ce qui équivaut à une exposition du panneau à un éclairage énergétique de  $1 \text{ kW/m}^2$  pendant 5,2 heures. (Le courant produit par le panneau est proportionnel au rayonnement.) :  $T_e = 5,2$  heures**

3.1.3. Courant  $I_p$  fourni par le panneau exposé à un éclairage énergétique de  $1 \text{ kW/m}^2$ :

$$I_p = 3,8 \text{ A environ}$$

3.1.4. Quantité d'électricité  $Q_p$  produite par le panneau solaire en un jour :

$$Q_p = I_{\text{typ}} \times t \Rightarrow Q_p = 3,8 \times 5,2$$

$$Q_p = 19,8 \text{ Ah}$$

**Question 3-2 : Calcul de la quantité d'électricité quotidienne à fournir à la batterie pour assurer sa recharge**

3.2.1. Quantité d'électricité  $Q_c$  à fournir à la batterie pour assurer sa recharge complète :

$$Q_d = 23 \text{ Ah}; \quad Q_c = \frac{Q_d}{\eta b} = \frac{23}{0,85}$$

$$Q_c = 27 \text{ Ah}$$

3.2.2. Le panneau solaire peut-il assurer seul la recharge de la batterie (justifier la réponse) ?

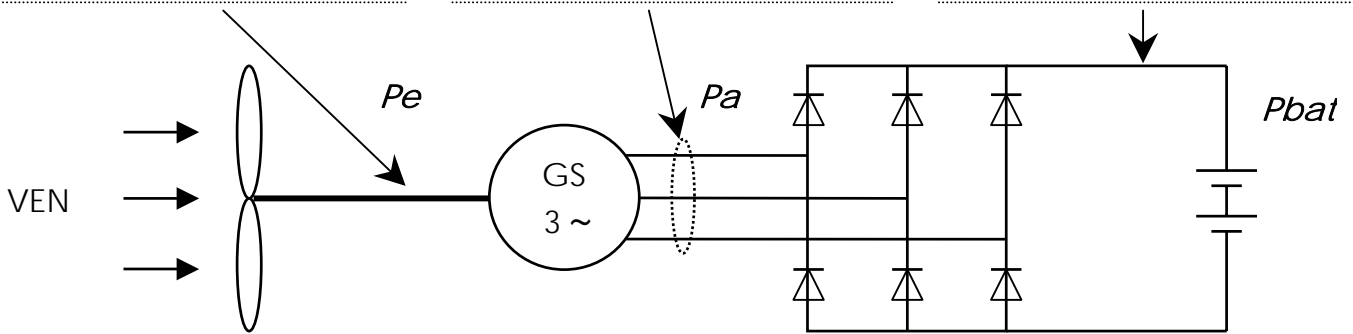
**Non, car la quantité d'électricité produite par le panneau solaire est inférieure à celle nécessaire (19,8 Ah pour 27 Ah pour une recharge complète.)**

**Question 4-1 : Analyse fonctionnelle de la chaîne de conversion de l'énergie**

Energie mécanique  
électrique

Energie électrique

Energie



**Question 4-2 : Calcul du temps nécessaire à la recharge de la batterie par l'aérogénérateur seul**

**4.2.1. Puissance  $P_{bat}$  fournie à la batterie :**

$$\eta_r = 0,95 = \frac{P_{bat}}{P_a} \Rightarrow P_{bat} = P_a \times \eta_r = 150 \times 0,95$$

$$\mathbf{P_{bat} = 142,5 W}$$

**4.2.2. Courant de charge  $I_{bat}$  fourni à la batterie :**

$$P_{bat} = U_{bat} \times I_{bat} \Rightarrow I_{bat} = \frac{P_{bat}}{U_{bat}} = \frac{142,5}{24}$$

$$\mathbf{I_{bat} = 5,9 A}$$

**4.2.3. Nombre d'heures de vent nécessaires à la recharge de la batterie :**

$$Q_d = 37 \text{ Ah}; \quad Q_c = \frac{Q_d}{\eta_b} = \frac{37}{0,85} = 43,5 \text{ Ah} \quad T = \frac{Q_c}{I_{bat}} = \frac{43,5}{5,9}$$

$$\mathbf{T_e = 7,4 \text{ heures}}$$

**Question 4-3 : Dimensionnement du disque éolien de l'aérogénérateur**

**4.3.1 Calcul de la puissance mécanique  $P_e$  fournie par l'hélice pour la vitesse nominale  $V_n$  :**

$$\eta_a = 0,9 = \frac{P_a}{P_e} \Rightarrow P_e = \frac{P_a}{\eta_a} = \frac{150}{0,9}$$

$$\mathbf{P_e = 166,67 W}$$

**4.3.2. Surface  $S$  du disque éolien :**

$$V_n = 7 \text{ m/s}$$

$$C_p = 0,25 \text{ pour } V_n \Rightarrow S = \frac{P_e \times 2}{\rho \times C_p \times V^3} = \frac{2 \times 166,67}{1,225 \times 0,25 \times 7^3}$$

$$\mathbf{S = 3,17 m^2}$$

**4.3.3. Calculer le diamètre  $D$  du disque éolien de l'aérogénérateur.**

$$S = \pi \times R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{3,17}{\pi}} = 1,005$$

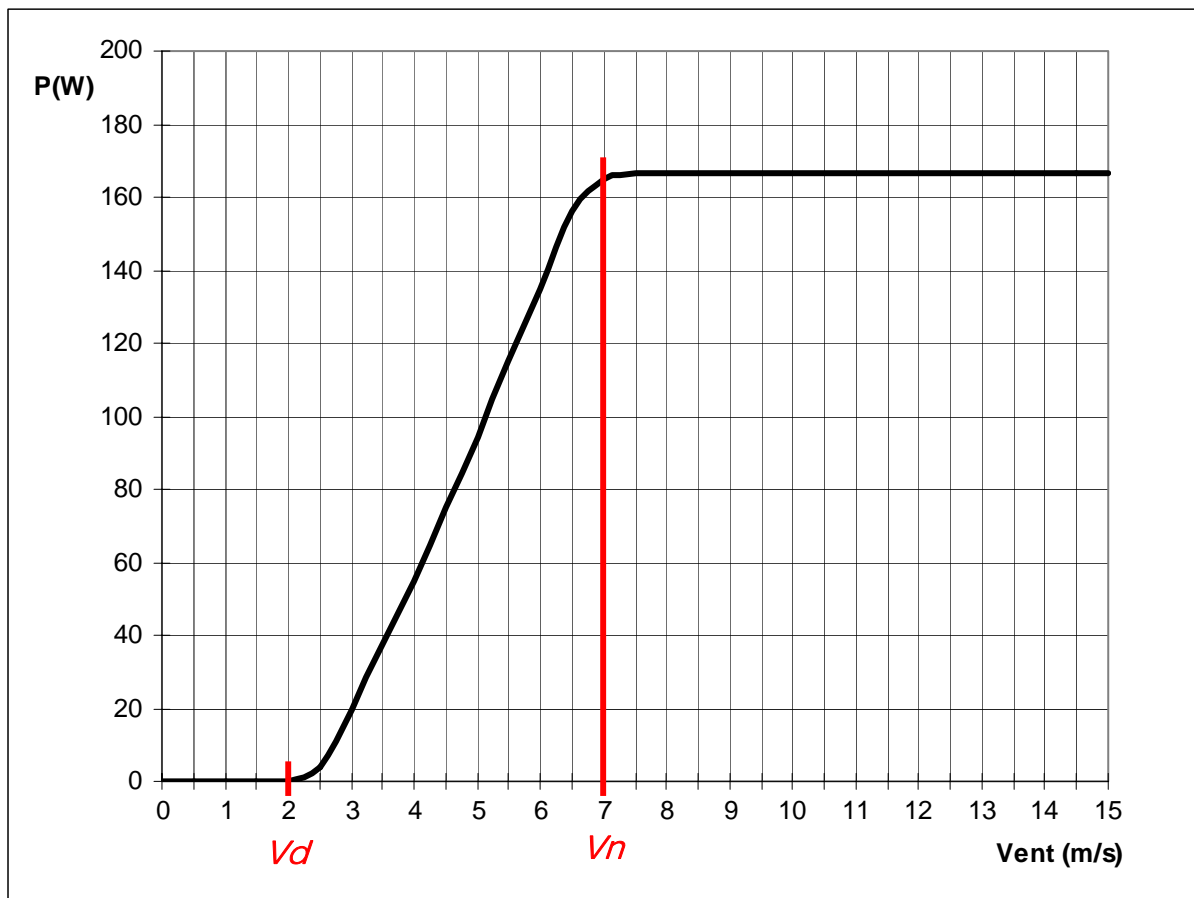
$$\mathbf{D = 2 m}$$

### Question 4-4 : Caractéristique de puissance

#### 4.4.1. Puissance mécanique $P_e$ disponible

Vitesse du vent (m/s)	2	3	5	7	9	11	15
Coefficient de puissance $C_p$	0,1	0,38	0,39	0,251	0,12	0,065	0,02
Puissance mécanique $P_e$	0,25	20	94	165	166,67	166,67	166,67

#### 4.4.2. Courbe de puissance $P_e = f(V)$



#### 4.4.4. Allure générale de la courbe :

Pour des vitesses de vent supérieures à  $V_n$ , on remarque que la puissance mécanique  $P_e$  est constante.

Cela est dû au fait que plus la vitesse du vent augmente, plus le coefficient de puissance  $C_p$  diminue.

Ces deux variations font que la valeur de la puissance ne varie plus passée la vitesse  $V_n$ .

#### **Question 4.5 : Vitesse périphérique critique des pales**

##### **4.5.1. Vitesse linéaire $V_p$ de l'extrémité d'une pale**

On connaît la relation  $V_p = \omega \times R$ .

$$N = 525 \text{ tr/min} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi \times N}{60} = 54,978 \text{ rd/s} \Rightarrow V_p = 54,978 \text{ m/s puisque } R = 1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow V_p = 54,978 \times 3,6 \text{ Km/h}$$

$$\mathbf{V_p = 198 \text{ Km/h}}$$

##### **4.5.2. Vérification de la « survitesse »**

*On constate que la vitesse d'un point situé à la périphérie d'une pale ne dépasse pas la valeur critique de 250 Km/h.*

*On peut donc affirmer que l'extrémité de la pale n'est pas en « survitesse ».*

#### **Question 4.6 : Exploitation des résultats**

*Grâce à l'étude mécanique précédente, on peut effectuer deux constats :*

- Comme la puissance mécanique stagne à 166,67 W pour toute vitesse de vent supérieure à  $V_n$ , on peut affirmer qu'il est inutile, voire dangereux pour l'intégrité du système de laisser le rotor tourner plus vite.*
- Si le rotor se met à tourner plus vite sous l'effet du vent, l'extrémité des pales va se trouver en « survitesse ».*

*Pour éviter de se trouver dans un domaine de fonctionnement qui pourrait être dangereux pour le mécanisme, le constructeur n'a pas d'autre choix que de limiter la vitesse de rotation du rotor.*

*Il est donc amené à concevoir un système de régulation de cette vitesse de rotation. Son choix s'est porté sur un mécanisme de régulation mécanique.*

#### **Question 5.1 : Calcul des efforts centrifuges appliqués aux masses $M$**

##### **5.1.1. Calcul de $\omega$**

*La valeur de  $\omega$  est la même que celle calculée précédemment.*

$$\mathbf{\omega = 54,978 \text{ rd/s}}$$

##### **5.1.2 Calcul de $F_c$**

*$R = 83,3 \text{ mm}$  (Voir schéma de la page 7/11 du questionnaire)*

$$F_c = 1 \times 54,978^2 \times 0,0833$$

$$\mathbf{F_c = 251,78 \text{ N}}$$

**Question 5.2 : Etude de l'équilibre du tirant 3**

**Bilan des actions mécaniques extérieures**

<i>Fext</i>	<i>Point</i>	<i>Dir</i>	<i>Sens</i>	<i>Normes</i>
$\overrightarrow{A(5 \rightarrow 3)}$	<i>A</i>	?	?	Sans intérêt
$\overrightarrow{B(1 \rightarrow 3)}$	<i>B</i>	?	?	Sans intérêt

**Conclusions**

Le tirant 3 est un solide soumis à deux forces.

Celles-ci :

- Ont mêmes normes
- Ont même direction (AB)
- Sens opposés

Le principe fondamental de la statique nous donne :

$$\overrightarrow{A(5 \rightarrow 3)} + \overrightarrow{B(1 \rightarrow 3)} = \vec{0}$$

**Question 5.3 : Etude de l'équilibre du solide S1**

**Bilan des actions mécaniques extérieures**

<i>Fext</i>	<i>Point</i>	<i>Dir</i>	<i>Sens</i>	<i>Normes</i>
$\vec{Fc}$	<i>G<sub>1</sub></i>		↑	260 N
$\overrightarrow{B(3 \rightarrow S1)}$	<i>B</i>	AB	?	?
$\overrightarrow{C(4 \rightarrow S1)}$	<i>C</i>	?	?	?

**Conclusions**

S1 est en équilibre sous l'action de trois forces.

Celles-ci sont :

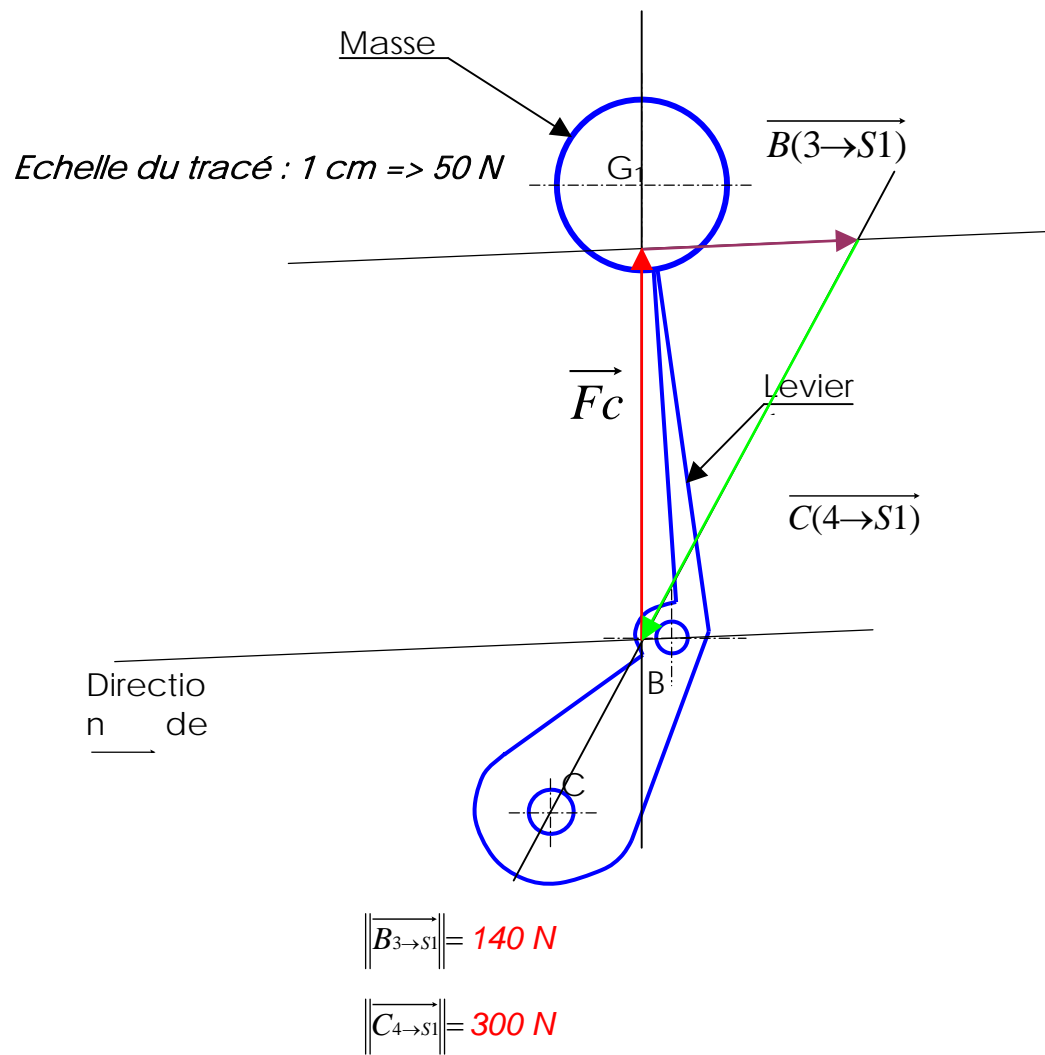
- Concourantes en un point I
- Coplanaires

Le principe fondamental de la statique nous donne :

$$\vec{Fc} + \overrightarrow{B(3 \rightarrow S1)} + \overrightarrow{C(4 \rightarrow S1)} = \vec{0}$$



### 5.3.2. Résolution graphique



### Question 5.4 : Etude de l'équilibre du solide $S_2$

#### **Bilan des actions mécaniques extérieures**

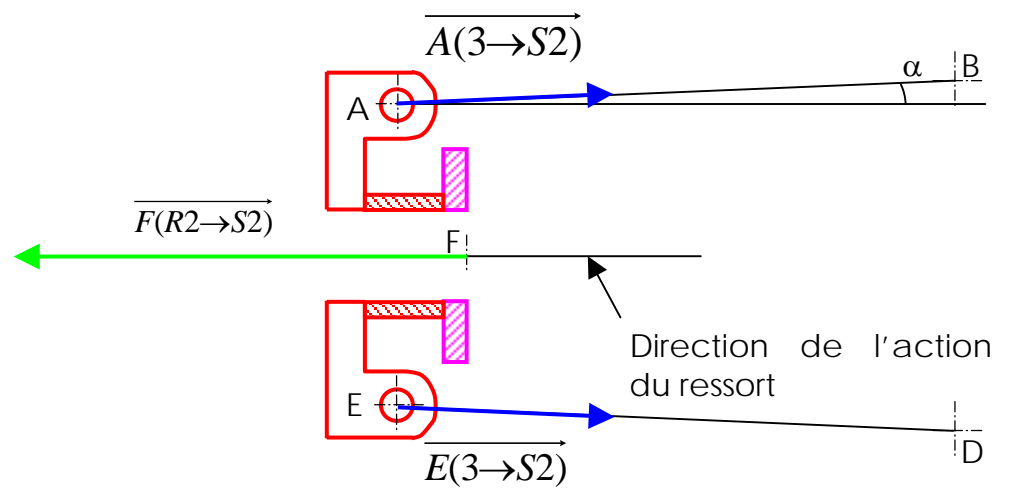
<i>F<sub>ext</sub></i>	<i>Point</i>	<i>Dir</i>	<i>Sens</i>	<i>Normes</i>
$\vec{A}(3 \rightarrow S2)$	<i>A</i>	<i>AB</i>		<i>150 N</i>
$\vec{E}(3 \rightarrow S2)$	<i>E</i>	<i>ED</i>		<i>150 N</i>
$\vec{F}(R2 \rightarrow S2)$	<i>F</i>	<i>Horizontale</i>		<i>?</i>

### 5.4.2. Résolution

$$\|\vec{A(3 \rightarrow S2)}\| = \|\vec{B(3 \rightarrow S1)}\|$$

$$\|\vec{F(R2 \rightarrow S2)}\| = 2 \times \|\vec{A(3 \rightarrow S2)}\| \times \cos \alpha$$

$$\|\vec{F_{R2 \rightarrow S2}}\| = 299,71 \text{ N}$$



$$\alpha = 2,5^\circ$$

**Echelle du tracé : 1 cm => 50 N**

### Question 6-1 : Détection de la fin de décharge

6.1.1. Expression de  $V_e$  en fonction de  $V_{bat}$  et des résistances :

Par la formule du diviseur de tension,

$$V_e = \frac{V_{bat} \times R_2}{R_1 + R_2}$$

6.1.2. Calcul des valeurs des tensions  $V_2$  et  $V_3$  :

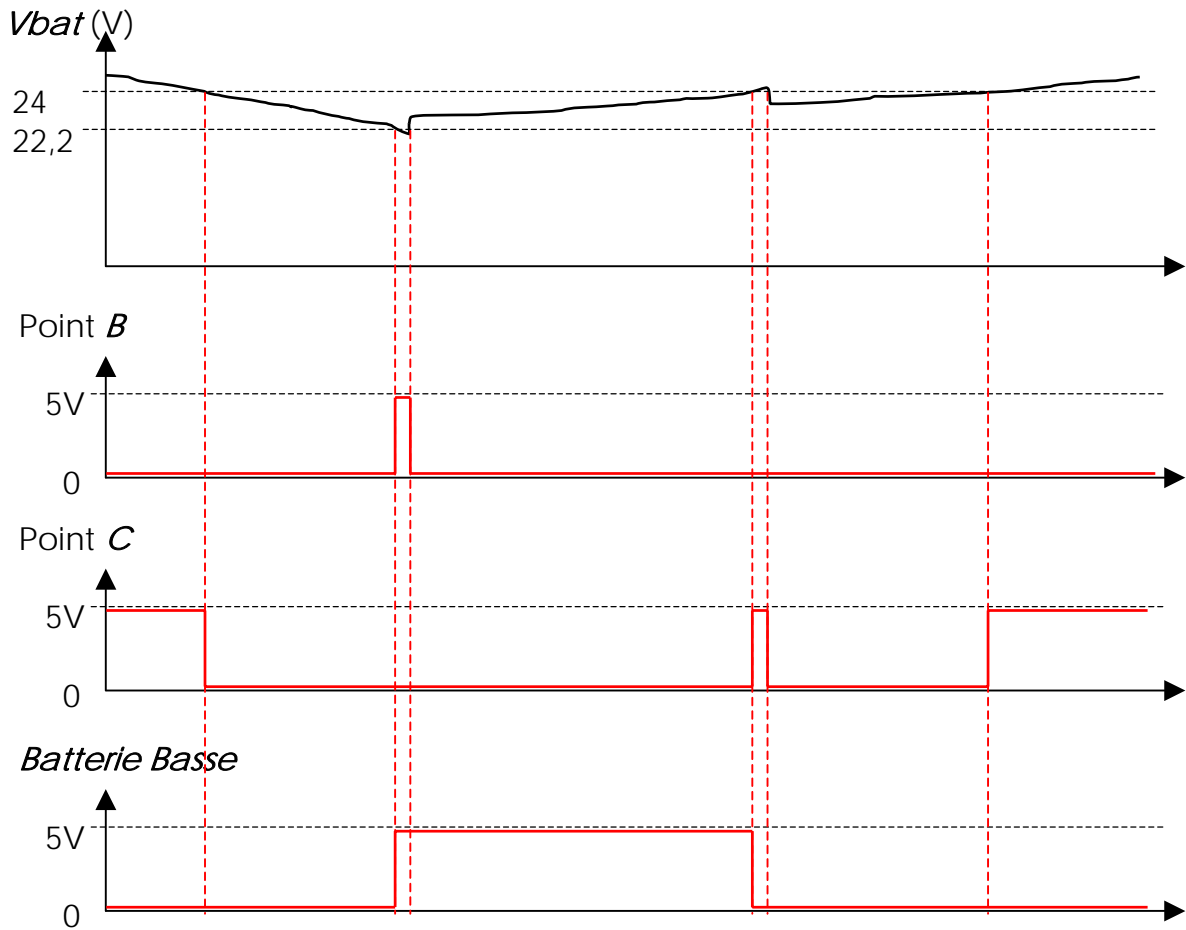
$$V_2 = \frac{22,2 \times 100}{100 + 680}$$

$$V_2 = 2,85 \text{ V}$$

$$V_3 = \frac{24 \times 100}{100 + 680}$$

$$V_3 = 3,08 \text{ V}$$

6.1.3. Chronogrammes à compléter :



**Question 6-2 : Détection de la fin de charge**

Les chronogrammes sont à compléter à la page suivante.

**6.2.1.** Calcul de la durée de l'impulsion  $T_i$  sur la **sortie 3** du NE555 :

$$T_i = 1,1 \times R \times C = 1,1 \times R_4 \times C1 = 1,1 \times 1 \times 100$$

**$T_i = 110$  secondes**

**6.2.2. à 6.2.7.** Chronogrammes à compléter : Echelle de temps 1cm = 20s

