

Terminale Spécialité Physique- Chimie	Thème : Ondes et signaux	M.KUNST-MEDICA MAJ 07/2024	 Frères des Écoles Chrétiennes
<b>Chapitre 12 : Dynamique d'un circuit électrique</b>		Cours livre p 428 à 432	

**Nom :** ..... **Prénom :** ..... **Classe :** .....

## Mon livret « Parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : <http://www.lasallesciences.com>

### Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
<b>AD 12.1 : Résistor, condensateur et capacité d'un condensateur</b>		
Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.		
Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard.		
Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.		
Illustrer qualitativement l'effet de la géométrie d'un conducteur sur la valeur de sa capacité.		
Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.		
Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.		
<b>AE 12.2 : Réparation d'un ventilateur et AE 12.3 : Charge et décharge</b>		
Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.		
Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, l'effet de la géométrie d'un conducteur sur la valeur de sa capacité.		
Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur.		

# La vidéo du chapitre



<https://www.youtube.com/watch?v=UaS66RBS2oY>

Les condensateurs

## Les bons réflexes

### Si l'énoncé demande de...

Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension, ou de sa décharge.

### Il est nécessaire de...

#### Réflexe 1

- Appliquer la loi des mailles pour établir la relation entre les tensions dans le circuit.
- Utiliser la loi d'Ohm pour exprimer la tension aux bornes du conducteur ohmique.
- Exprimer  $i$  en utilisant la relation  $i = C \times \frac{du_C}{dt}$ .
- Identifier, si nécessaire, le produit  $R \times C$  au temps caractéristique, noté  $\tau$ , du dipôle RC. → Ex. 12 p. 437

Résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur.

#### Réflexe 2

- Écrire l'équation différentielle sous la forme  $\frac{du_C}{dt} = a \times u_C + b$  (où  $a \neq 0$ ).
- Rappeler la forme générale des solutions de l'équation différentielle.
- Utiliser les conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration de la solution. → Ex. 15 p. 438

Déterminer le temps caractéristique  $\tau$  du dipôle RC.

#### Réflexe 3

- Calculer le produit  $R \times C$  en veillant à respecter les unités.
- Exploiter le graphique donnant l'évolution de  $u_C$  en fonction du temps. → Ex. 17 p. 438

## Côté maths

### Côté maths

Résoudre sur  $\mathbb{R}$  l'équation différentielle  $y' = 2y + 5$  pour laquelle  $y(0) = 1$ .

#### Méthode

Pour une équation différentielle  $y' = ay + b$  (avec  $a \neq 0$ ), il existe un ensemble de solutions de la forme :

$$y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}, \text{ avec } K \in \mathbb{R}$$

Les solutions de cette équation sont donc :

$$y = K \times e^{2x} - \frac{5}{2} \text{ avec } K \in \mathbb{R}$$

Or,  $y(0) = 1$ , donc  $1 = K - \frac{5}{2}$ , soit  $K = \frac{7}{2}$ .

L'unique solution de cette équation différentielle vérifiant  $y(0) = 1$  est donc :  $y = \frac{7}{2} e^{2x} - \frac{5}{2}$ .

### Côté physique & chimie

Déterminer la solution de l'équation différentielle :

$$u_C + R \times C \times \frac{du_C}{dt} = 0 \text{ avec } u_C(0) = E$$

#### Méthode

L'équation différentielle peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{u_C}{R \times C}$$

Or les solutions d'une équation différentielle de la forme  $y' = ay + b$  s'écrivent  $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ , avec  $K \in \mathbb{R}$  et  $a \neq 0$ .

Par analogie, on trouve comme solutions pour l'équation différentielle proposée :  $u_C = K \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$ .

Sachant que  $u_C(0) = E$ , on trouve  $K = E$ .

L'unique solution de cette équation différentielle vérifiant  $u_C(0) = E$  est donc :  $u_C = E \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$ .

### À retenir

**Théorème :** Les solutions d'une équation différentielle de la forme  $y' = ay + b$  sont  $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$  avec  $K \in \mathbb{R}$  et  $a \neq 0$ .

# Les exercices du plan de travail

**A faire après le cours et l'AD 12.1 : Résistor, condensateur et capacité d'un condensateur**

Lire la correction de l'AD 12.1.

Lire et étudier le « I » et « II » du cours. « Rappels » et « Le condensateur »

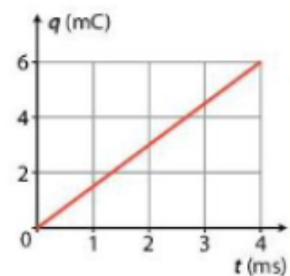
## Exercices d'application : Livret exos révisions physique : 99 à 106 p 62 à 64

### Exercice 99 :

1. Quelle relation permet de définir l'intensité du courant électrique pendant une durée  $\Delta t$  ? L'illustrer par un schéma.
2. Comment l'intensité du courant électrique est-elle définie dans une portion de conducteur ?

**Exercice 100 :** La charge électrique  $q$  traversant une section de conducteur est étudiée ci-contre :

1. Comment la charge évolue-t-elle au cours du temps ?
2. Déterminer l'intensité du courant correspondante.

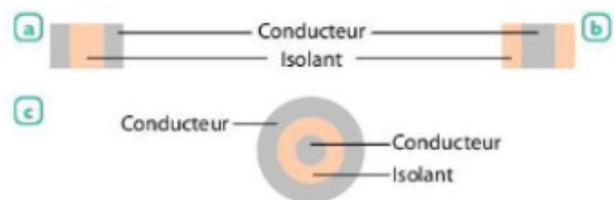


**Exercice 101 :** Un circuit comportant un condensateur est parcouru par un courant électrique d'intensité variable.

1. Quelle relation lie la tension aux bornes du condensateur à sa capacité ? Préciser les notations sur un schéma.
2. En déduire une relation entre l'intensité du courant et la tension aux bornes du condensateur.

### Exercice 102 :

- Parmi les schémas ci-contre, le(s)quel(s) représente(nt) un condensateur ?



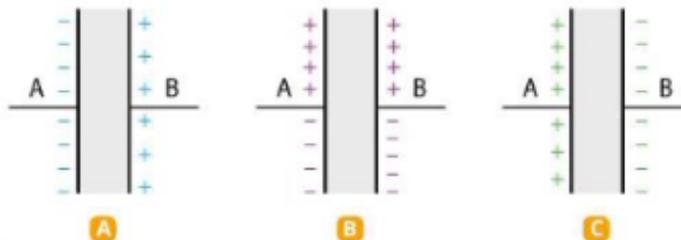
**Exercice 103 :** Les flashes d'appareil photographique contiennent des condensateurs. La décharge rapide du condensateur dans une lampe permet l'émission du flash.

- Déterminer la charge électrique maximale que peut stocker ce condensateur.



**Exercice 104 :** Un condensateur possède deux armatures A et B. L'armature A porte une charge électrique  $q_A = 4,8 \mu\text{C}$ .

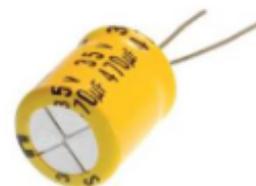
1. Que vaut la charge électrique portée par l'armature B ?
2. L'armature B possède-t-elle un excès ou un défaut d'électrons ?
3. Lequel de ces schémas représente correctement l'état électrique de ce condensateur ?



4. Déterminer le signe de la tension  $U_{AB}$  entre les deux armatures.

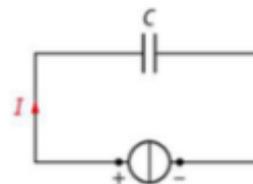
**Exercice 105 :** Un condensateur initialement déchargé est relié à un courant d'intensité constante  $I$  égale à 12 mA. Au bout d'une minute, la tension aux bornes de ce condensateur vaut 1,5 V.

1. Calculer la valeur de la capacité de ce condensateur.
2. Ce résultat est-il cohérent avec la photographie ci-contre ?
3. Est-ce une valeur courante pour un condensateur ?



**Exercice 106 :** On réalise le circuit schématisé ci-contre afin de charger un condensateur de capacité  $C$  avec un générateur de courant d'intensité constante  $I = 1,0 \text{ mA}$ .

On mesure la tension aux bornes du condensateur avec un voltmètre à différents instants. On obtient les résultats suivants.



<b>t (en s)</b>	0	10	20	30	40	60
<b><math>U_C</math> (en V)</b>	0	23	51	76	98	152

1. Reproduire le schéma électrique en faisant apparaître le voltmètre permettant la mesure de  $U_C$  et de l'intensité du courant délivré par le générateur.
2. Représenter le graphique des variations de  $U_C$  en fonction du temps.
3. Quelle information apporte ce graphique ?
4. En déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

**A faire après l'AE 12.2 : Réparation d'un ventilateur et l'AE 12.3 : Charge et décharge**

Lire les corrections de l'AE 12.2 et de l'AE 12.3

Lire et étudier le « III » du cours. « Le modèle du circuit RC série »

Visionner la vidéo du cours « Les condensateurs ».

**Exercices d'application :**

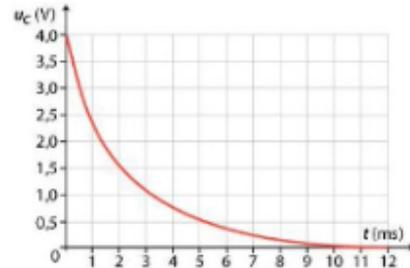
**Livret exos révisions physique : 107 à 111 p 64**

**Exercice 107 :** Un dipôle RC est constitué par l'association d'un condensateur de capacité  $C = 47 \mu\text{F}$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ .

1. Calculer le temps caractéristique de ce dipôle.
2. À partir de la loi d'ohm et de la relation  $i = C \times \frac{dU_C}{dt}$ , vérifier par une analyse dimensionnelle que l'expression du temps caractéristique est homogène.

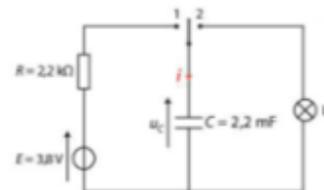
**Exercice 108 :** Un condensateur de capacité  $C$  inconnue est associé à un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ . La courbe ci-dessous représente la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps lors de sa décharge.

1. Déterminer graphiquement le temps caractéristique de la décharge de ce dipôle.
2. En déduire la capacité  $C$  du condensateur.



**Exercice 109 :** Un appareil photographique est équipé d'un flash alimenté par une batterie. Il comporte un circuit électronique dont une partie est schématisée ci-contre.

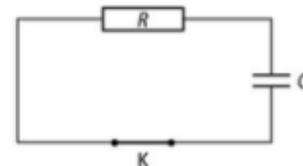
Lors de la prise d'une photographie avec flash, le condensateur emmagasine de l'énergie fournie par la batterie pendant quelques secondes, puis la restitue dans une lampe en 0,1 s. La Lampe L émet alors un éclair lumineux intense.



1. Sur quelle position faut-il placer l'interrupteur pour que le condensateur se charge ?
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur lors de sa charge.
3. Résoudre l'équation différentielle et montrer que  $u_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  lors de sa charge.
4. Schématiser le circuit correspondant à la décharge du condensateur.
5. Calculer la résistance de la lampe si la durée  $\Delta t$  nécessaire pour que le condensateur soit déchargé à 99 % est 0,1s.

**Exercice 110 :** On considère le circuit schématisé ci-contre où le condensateur est initialement chargé tel que la tension aux bornes du condensateur vaut  $E$ . À l'instant initial, on ferme l'interrupteur et on étudie la décharge du condensateur.

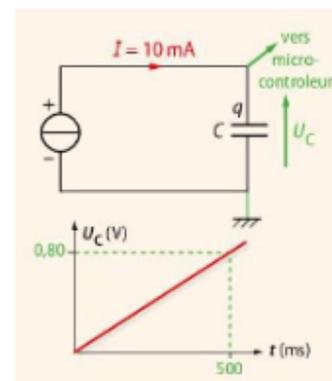
**Données :**  $E = 9,0 \text{ V}$  ;  $R = 2,2 \text{ k}\Omega$  ;  $C = 470 \mu\text{F}$



1. Rappeler les relations entre  $u_C$  et  $i$  puis entre  $u_R$  et  $i$ .
2. En déduire l'équation différentielle vérifiée par  $u_C(t)$ .
3. Montrer que la fonction  $u_C(t) = E \times e^{-\frac{t}{RC}}$  est solution de cette équation différentielle.
4. Vers quelle limite tend  $u_C(t)$  lorsque  $t$  tend vers l'infini ?
5. Estimer la durée nécessaire pour atteindre cette valeur limite à partir du calcul de la valeur du temps caractéristique  $\tau$ .
6. Représenter l'allure de la courbe  $u_C(t)$ .

**Exercice 111 :** Afin d'évaluer la capacité d'un condensateur, on réalise le circuit ci-contre où le générateur débite un courant d'intensité constante. Un microcontrôleur permet d'enregistrer la tension  $U_C$  en fonction du temps.

1. Écrire la relation entre l'intensité  $I$  du courant, la charge  $q$  portée par l'armature du condensateur et la durée de charge  $\Delta t$ .
2. Écrire la relation entre la charge  $q$ , la capacité  $C$  du condensateur et la tension  $U_C$ .
3. Calculer la valeur de la charge électrique  $q$  portée par l'armature pour une durée de 500 ms.
4. En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur utilisé.



# Exercices résolus bilan de fin de chapitre

## Trois, deux, un, zéro, chargez !

Effectuer des calculs ; exploiter un graphique ;  
écrire un résultat de manière adaptée.

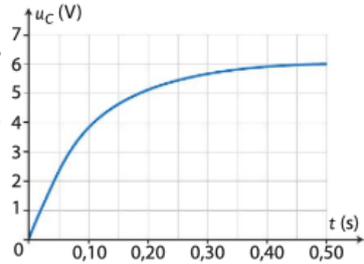
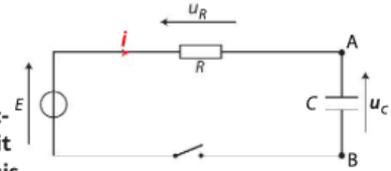
On associe un condensateur de capacité  $C = 100 \mu\text{F}$  en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ . À l'instant  $t = 0 \text{ s}$ , on ferme le circuit schématisé ci-contre. Préalablement déchargé, le condensateur est alors mis en charge. La source idéale de tension permettant cette charge est telle que  $E = 6,0 \text{ V}$ .

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur lors de sa charge.

2. Résoudre cette équation différentielle et montrer que, lors de la charge, la tension  $u_C$  peut s'écrire, avec  $u_C$  exprimée en volt et  $t$  exprimée en seconde :

$$u_C = 6,0 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{0,10}}\right)$$

3. Retrouver graphiquement le temps caractéristique du dipôle RC.



### Solution rédigée

• On utilise le **Réflexe 1**.

Application de la loi des mailles

Utilisation de la loi d'Ohm pour exprimer  $u_R$

Expression de  $i$

Identification du produit  $R \times C$  au temps caractéristique  $\tau$

1. D'après la loi des mailles dans le circuit,  $E = u_R + u_C$  (1).

D'après la loi d'Ohm,  $u_R = R \times i$ .

De plus,  $i = \frac{dq_A}{dt}$  et  $q_A = C \times u_C$ .

D'où  $i = \frac{d(C \times u_C)}{dt} = C \times \frac{du_C}{dt}$ .

Ainsi,  $u_R = R \times C \times \frac{du_C}{dt}$  (2).

En remplaçant (2) dans (1), on obtient :

$$E = R \times C \times \frac{du_C}{dt} + u_C$$

Le produit  $R \times C$  est le temps caractéristique du dipôle RC que l'on note  $\tau$ .

Ainsi, l'équation différentielle peut s'écrire :

$$E = \tau \times \frac{du_C}{dt} + u_C$$

• On utilise le **Réflexe 2**.

Écriture de l'équation différentielle sous la forme recherchée

Rappel de la forme générale des solutions de l'équation différentielle

Utilisation des conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration de la solution

2. L'équation différentielle peut se réécrire sous la forme :

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{\tau} u_C + \frac{E}{\tau}$$

Les solutions de l'équation différentielle  $y' = a \times y + b$  sont de la forme :

$y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$  avec  $K$  un réel et  $a \neq 0$ .

Ici, les solutions sont de la forme  $u_C = K \times e^{-\frac{t}{\tau}} + E$ .

Initialement, le condensateur est déchargé, d'où  $u_C(0) = 0 \text{ V}$ .

Or d'après la solution,  $u_C(0) = K + E$ . On en déduit :  $K = -E$ .

La solution de l'équation est donc :  $u_C = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ .

$E = 6,0 \text{ V}$  et  $\tau = R \times C$  soit  $\tau = 1,0 \times 10^3 \Omega \times 100 \times 10^{-6} \text{ F} = 0,10 \text{ s}$ . On retrouve

l'expression de  $u_C$  :  $u_C = 6,0 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{0,10}}\right)$  avec  $u_C$  en volt et  $t$  en seconde.

• On utilise le **Réflexe 3**.

Exploitation du graphique donnant l'évolution de  $u_C$  en fonction du temps

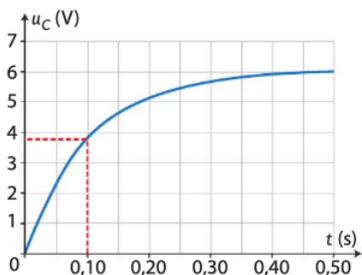
3. Le temps caractéristique peut être déterminé, par exemple, par la méthode suivante.

D'après l'expression obtenue à la question 2, pour  $t = \tau$ , le condensateur atteint 63 % de sa charge. On détermine dans un premier temps la tension  $u_C$  correspondante :

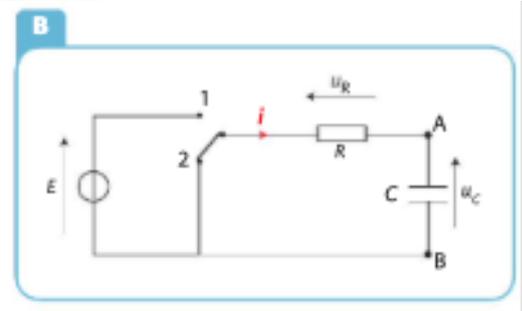
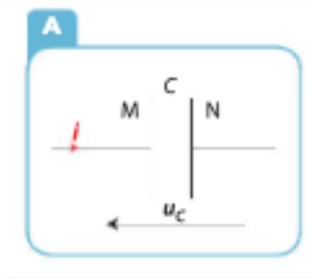
$$u_C(\tau) = 0,63 \times 6,0 \text{ V} = 3,8 \text{ V}.$$

On lit graphiquement l'abscisse correspondante.

On retrouve le résultat de la question précédente :  $\tau = 0,10 \text{ s}$ .



# Le QCM de fin de chapitre



Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s), puis vérifier la correction p. 462.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
----------	----------	----------

## 1 L'intensité du courant électrique



Si erreur, revoir § 1 p. 428

1. Pour le condensateur du schéma <b>A</b> , l'intensité $i$ est donnée par :	$i = \frac{q_M}{u_C}$	$i = -\frac{dq_M}{dt}$	$i = \frac{dq_M}{dt}$
2. L'intensité du courant électrique peut s'exprimer en :	A	$s \cdot C^{-1}$	$C \cdot s^{-1}$

## 2 Le condensateur



Si erreur, revoir § 2 p. 428

3. Dans un circuit électrique, les deux armatures d'un condensateur :	portent des charges de même signe.	portent des charges de signes opposés.	ne portent jamais de charges.
4. La capacité $C$ d'un condensateur :	n'a pas d'unité.	s'exprime en coulomb.	s'exprime en farad.
5. Pour le condensateur du schéma <b>A</b> , la charge de l'armature M est :	$q_M = C \times u_C$	$q_M = \frac{C}{u_C}$	$q_M = \frac{u_C}{C}$
6. Les capacités des condensateurs qui se trouvent dans les ordinateurs peuvent être de l'ordre du :	microfarad.	nanofarad.	mégafarad.

## 3 Le modèle du circuit RC série



Si erreur, revoir § 3 p. 429

7. On considère le circuit représenté sur le schéma <b>B</b> . L'interrupteur est en position 2 depuis longtemps.	Le condensateur est chargé.	Le condensateur est déchargé.	La tension $u_C$ ne varie pas.
8. L'interrupteur du circuit du schéma <b>B</b> est basculé en position 1. Juste après basculement :	le condensateur se charge.	l'intensité du courant est positive.	la tension $u_C$ augmente.
9. Le temps caractéristique d'un dipôle RC :	est donné par le produit $R \times C$ .	s'exprime en s.	permet d'estimer la durée de la charge ou de la décharge du condensateur.
10.	Le temps caractéristique est environ 0,1 ms.	Cette courbe correspond à la décharge d'un condensateur.	Le condensateur est chargé après environ 0,5 ms.

## Préparation à l'ECE

### Préparation à l'ECE



Une station météo comporte de nombreux capteurs permettant de mesurer, par exemple, la température, la pression, le taux d'humidité, la valeur de la vitesse du vent, etc.

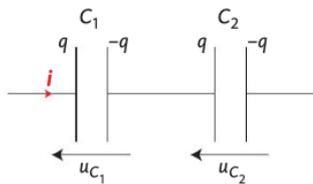
#### A Capteur d'humidité

L'évolution de la capacité  $C$  du capteur d'humidité d'une station météo est donnée dans le tableau ci-dessous en fonction du taux d'humidité RH.

RH (%)	0	20	40	60	80	100
C (pF)	161,6	169,0	175,5	181,4	187,2	193,1

#### B Association de condensateurs

Lorsque deux condensateurs sont associés en série, leurs armatures portent la même charge électrique :



Pour étudier le capteur du document A, on l'associe en série avec un condensateur de capacité  $C = 220$  pF. L'ensemble est relié à une source de tension de force électromotrice  $E = 3,30$  V.

- RÉA** Tracer le graphique représentant la capacité  $C$  du capteur en fonction du taux d'humidité RH.
- RÉA** Montrer que la capacité du capteur, en picofarad, est donnée en fonction du taux d'humidité, en %, par :  

$$C_1 = 0,31 \times RH + 1,6 \times 10^2$$
- RÉA** Quel est le taux d'humidité indiqué par la station météo quand la tension mesurée aux bornes du capteur est  $u_{C_1} = 1,83$  V ?

## Sujets type bac du chapitre

*Livret exercices de révisions physique bac*

**Type bac 20 : LA VOITURE ÉLECTRIQUE (p 65)**

**Type bac 21 : LE CONDENSATEUR (p 67)**

**Type bac 22 : UNE LAMPE (p 69)**

**Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :**

