

Sur un objet, on peut désormais installer une étiquette contenant des données d'identification et des informations en tout genre, que des lecteurs reçoivent et décodent automatiquement à distance.

C'est ce que l'on appelle la technique d'identification par radiofréquences (RFID). Elle est utilisée par exemple dans les systèmes de contrôle d'accès aux transports en commun, type passe pour le métro.

Les étiquettes, « souvent pas plus grosses qu'un grain de riz » sont constituées d'une « puce de silicium et d'un bobinage d'antenne encapsulés dans un module de verre ou de plastique ». Elles sont placées sur les passes des abonnés, tandis que les lecteurs sont fixés dans le bâti des portes automatiques.

Lorsque l'utilisateur approche son passe à moins de 10 cm du lecteur, l'étiquette reçoit l'onde électromagnétique, de fréquence égale à 13,56 Mhz, émise par le lecteur. Cette onde « sert de source de courant pour l'étiquette », qui ne nécessite donc pas de piles. Le courant produit par la réception de cette onde dans la bobine, charge un condensateur. « La tension à ses bornes augmente et active le circuit intégré de l'étiquette, qui transmet alors son code identificateur » au lecteur, toujours par onde électromagnétique. Le lecteur identifie alors le code et actionne le mécanisme d'ouverture de la porte.

Par rapport au système classique du ticket, l'utilisateur gagne en simplicité, et la rapidité de l'opération permet de mieux réguler le trafic, surtout en cas d'affluence.

## Question 1 :

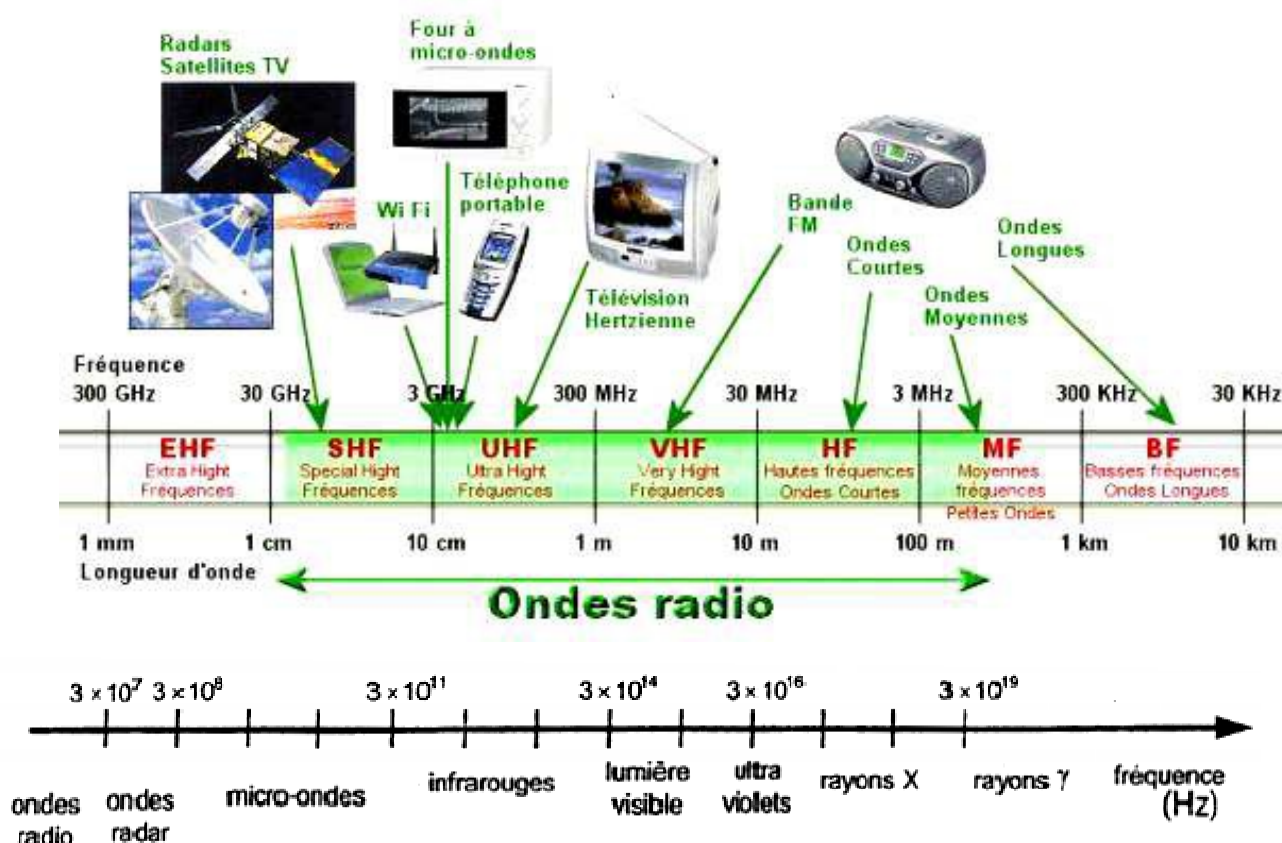
*Dans cet exercice, on étudie le mode de communication entre le lecteur et l'étiquette. On modélise ensuite une partie du circuit électronique de l'étiquette, et on vérifie la validité de ce modèle expérimental en comparant son temps de réponse à celui d'un passe.*

Donnée pour l'ensemble de l'exercice :

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

## Communication entre le lecteur et l'étiquette du passe

*La lumière, les rayons gamma, les infrarouges, les micro-ondes, les ondes radio, etc... font partie de la famille des ondes électromagnétiques. Les figures ci-dessous, précisent les différents domaines de fréquence de ces sous-familles.*



En vous aidant des figures et du texte ci-dessus, vérifier que les ondes passant entre le lecteur et l'étiquette appartiennent bien au domaine des ondes radio.

### Question 2 :

Calculer la valeur de la longueur d'onde du signal radio lorsque celui-ci se propage dans l'air (que l'on assimilera au vide).

On peut modéliser le circuit de l'étiquette selon le schéma donné ci-dessous.

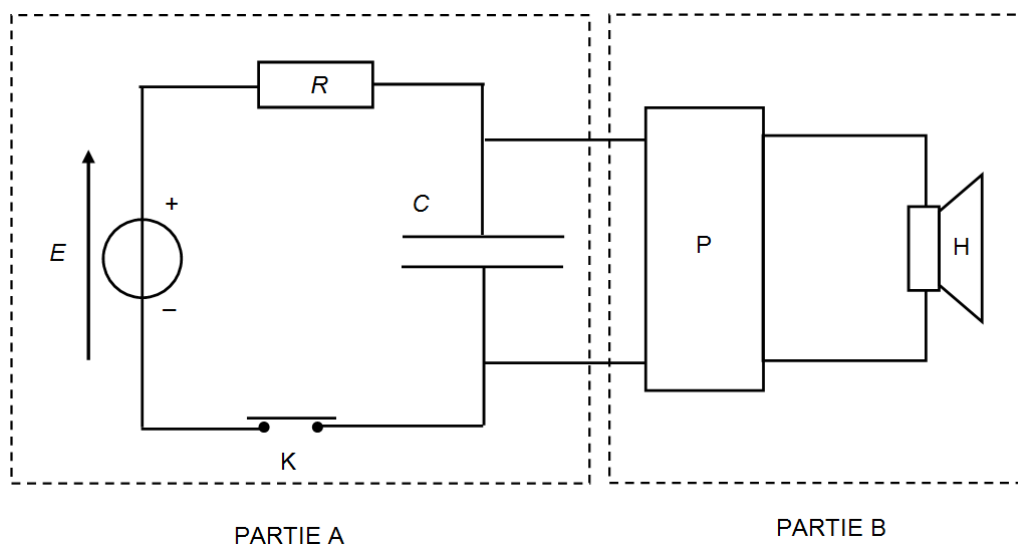
Le bobinage d'antenne de l'étiquette qui reçoit l'onde radio et dans lequel naît le courant est modélisé, par souci de simplification, par un générateur idéal de tension  $E$ .

La résistance  $R$  du circuit représente la résistance de l'étiquette et vaut  $R = 1 \text{ M}\Omega$ .

Lorsque le passe de l'utilisateur est suffisamment proche du lecteur, un courant prend naissance dans le circuit, ce qui correspond à la fermeture de l'interrupteur  $K$  à la date  $t_0 = 0$ , et charge le condensateur de capacité  $C$ .

Quand la tension aux bornes du condensateur devient supérieure à une tension seuil, notée  $U_s$ , le composant électronique  $P$  (qui correspond au circuit intégré de réponse de l'étiquette) alimente le haut-parleur  $H$  qui émet un son.

Ainsi la réponse du modèle n'est donc pas une onde radio comme pour l'étiquette, mais une onde mécanique sonore.



### Question 3 :

Retrouver la ou les bonnes propositions, parmi les suivantes :

- Un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde mécanique et d'une onde électromagnétique telle que la lumière.
- Une onde mécanique, tout comme une onde électromagnétique, se propage dans le vide.
- Une onde mécanique nécessite un milieu matériel pour se propager, alors qu'une onde électromagnétique peut se propager dans le vide.

Réponse(s) :

### Question 4 :

Quelle grandeur physique l'onde radio transfère-t-elle pour permettre à l'étiquette RFID de fonctionner sans piles ?

**Question 5 :**

Compléter le schéma du circuit (PARTIE A) en représentant :

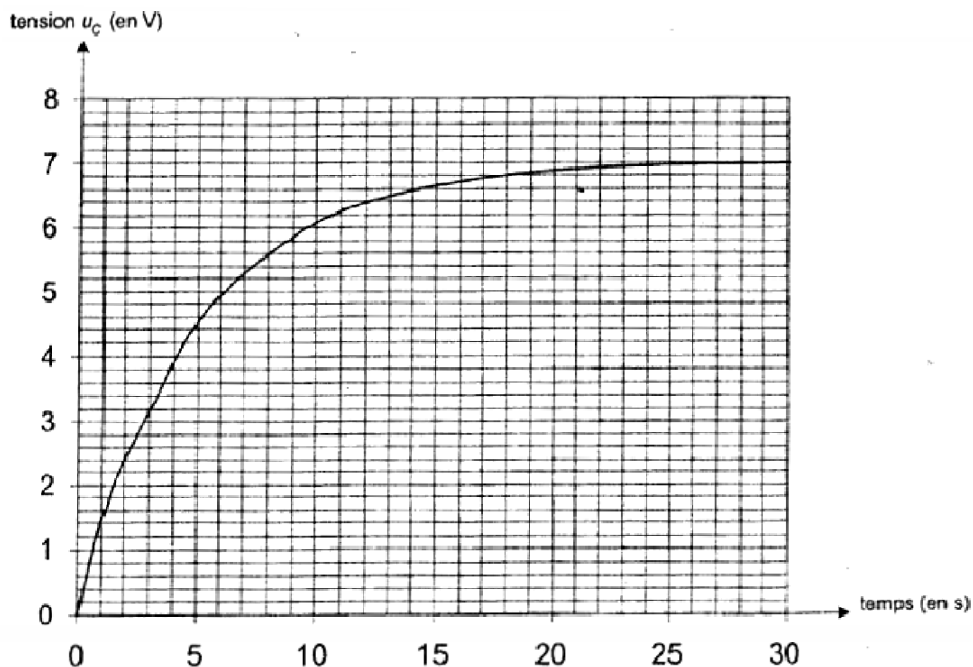
- le sens de circulation du courant électrique dans la portion du circuit qui contient le condensateur lorsque l'interrupteur K est fermé. Pour la suite, vous choisirez ce sens comme sens positif du courant.
- les charges  $+q$  et  $-q$  des armatures du condensateur.
- la flèche de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur et la flèche de la tension  $u_R$  aux bornes de la résistance.

**Question 6 :**

Pour un condensateur, donner la relation entre la charge  $Q$  et la tension  $u_C$ , en précisant les unités des grandeurs utilisées.

**Question 7 :**

Au cours de la charge, l'évolution temporelle de la tension  $u_C$  est représentée sur la figure ci-dessous.



Vers quelle valeur tend  $u_C$  pour un temps de charge très long ? En déduire graphiquement la valeur de  $E$ .

**Question 8 :**

Déduire graphiquement la valeur de «  $\tau$  ». Faire apparaître la construction graphique sur graphe du dessus

**Question 9 :**

On constate que le composant électronique P n'alimente le haut-parleur H qu'au bout d'une durée égale à  $2\tau$ , que l'on appelle temps de réponse du circuit.

En déduire graphiquement la valeur de la tension seuil  $U_s$ . Le condensateur est-il complètement chargé au bout de  $2\tau$  ?

Peut-on dire que le temps de réponse du modèle est vraisemblable dans le cas de l'usage du « passe métro » ?