

COMMUNICATION EN CHAMP PROCHE : NFC ET RFID



Objectifs du COURS :

Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

- la communication en champ proche :
 - le fonctionnement de NFC/RFID
 - les caractéristiques principales
 - les classes
 - lecture seule ou lecture/écriture ?
 - protocoles TTF et ITF
 - exercices d'applications

LA COMMUNICATION EN CHAMP PROCHE

La communication en champ proche (Near Field Communication : NFC) est une technologie de communication sans-fil à courte portée et haute fréquence, permettant l'échange d'informations entre des périphériques jusqu'à une distance d'environ 10 cm. Cette technologie est une extension de la norme ISO/CEI 14443 standardisant les cartes de proximité utilisant l'identification par radio-fréquence (Radio Frequency Identification : RFID), qui combinent l'interface d'une carte à puce et un lecteur au sein d'un seul périphérique.

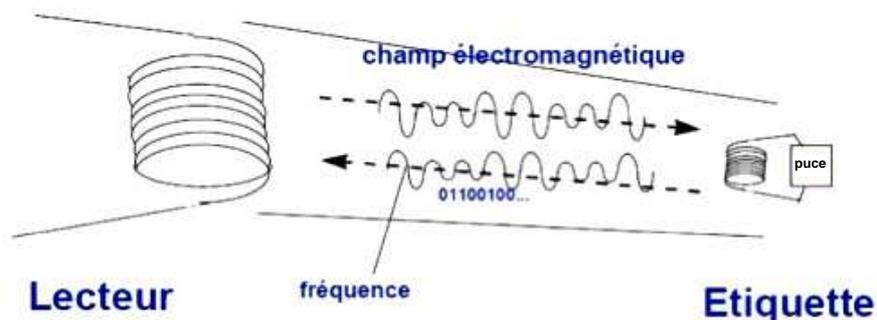
Un périphérique NFC est capable de communiquer avec le matériel ISO/CEI 14443 existant, avec un autre périphérique NFC ou avec certaines infrastructures sans-contact existantes comme les valideurs des transports en commun ou les terminaux de paiement chez les commerçants. La NFC équipe aujourd'hui des cartes utilisées dans les transports, dans le commerce ou pour l'accès à certains services publics et de plus en plus de terminaux mobiles.

En 2011, la NFC équipait en effet 50 millions de tablettes tactiles ou téléphones mobiles. Dotés d'un écran, d'un clavier et d'une connexion Internet, ces terminaux NFC ont un fort potentiel d'usages en favorisant les interactions entre les machines.

Au contraire d'autres techniques de radio-identification ou du bluetooth dont la portée est d'une dizaine de mètres, la technique NFC n'est utilisable que sur de très courtes distances (quelques centimètres). Elle suppose une démarche volontaire de l'utilisateur et normalement ne peut pas être utilisée à son insu. Mais cela n'exclut pas la collecte des données NFC par le système lui-même, qui reste capable d'historiser les usages de l'utilisateur avec cette technique de communication. En mai 2010, à l'occasion d'une visite des services sans contacts déployés à Nice, la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL) a du reste énoncé les grands principes pour que les services sans contact respectent les règles françaises en matière de protection des données personnelles.

LE FONCTIONNEMENT DE NFC/RFID

Une application d'identification automatique radio fréquence se compose donc d'un **lecteur** qui transmet un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs **étiquettes radio** situées dans son champ de lecture. Celles-ci transmettent en retour un signal. Lorsque les étiquettes sont "réveillées" par le lecteur, un dialogue s'établit selon un protocole de communication prédéfini et les données sont échangées.



L'induction magnétique est le principe physique exploité par les solutions NFC/RFID.

Il existe deux principaux modes de fonctionnement :

- **Passif** : l'étiquette reçoit une source d'énergie lorsqu'elle se trouve dans le champ radio du lecteur qui est alimenté et peut donc répondre par des données préprogrammées.
- **Actif** : le lecteur et l'étiquette sont tous les deux alimentés et émettent leur propre champ radio. Ils peuvent établir une communication et la maintenir tant qu'ils se trouvent à portée.

Remarques :

Le **tag RFID passif assisté par batterie** (BAP : Battery Assisted Passive) : il comporte une alimentation embarquée (piles, batteries...). Cette dernière n'est pas utilisée pour alimenter un émetteur puisque le principe de communication reste la rétro-modulation (comme pour le tag passif), mais pour alimenter le circuit électronique du tag ou tous autres circuits ou capteur connecté au circuit de base. Cette alimentation permet, en théorie, d'améliorer les performances. Ce tag est largement utilisé pour des applications nécessitant une capture d'information (température, choc, lumière, etc.) indépendante de la présence du lecteur.

Jusqu'à récemment, le mode passif était le plus répandu, mais l'utilisation du mode actif avec les smartphones tend à se diffuser. Les fabricants de ces appareils font une promotion acharnée de cette nouvelle fonctionnalité dont l'objectif est d'étendre les possibilités de partage de données.

L'étiquette électronique est un support d'informations qui combine le traitement d'un signal et le stockage des données. Elle est constituée d'un circuit électronique (ou « circuit intégré ») sur un circuit imprimé et couplé à une antenne.

Souvent appelées "transpondeur" (TRANSmitter/resPONDER) à cause de leurs fonctions de réponse et d'émission, l'étiquette radio ou tag répond à une demande transmise par le lecteur et concernant les données qu'elle contient. La mémoire d'un transpondeur comprend généralement une ROM (Read Only Memory), une RAM (Random Access Memory) ainsi qu'une mémoire programmable non volatile pour la conservation des données selon le type et le degré de complexité du produit. La mémoire ROM contient les données de sécurité ainsi que les instructions de l'OS (Operating System) de l'étiquette en charge des fonctions de base telles que le délai de réponse, le contrôle du flux de données, et la gestion de l'énergie. La mémoire RAM est utilisée pour les stockages temporaires de données pendant les processus d'interrogation et de réponse. L'énergie nécessaire au fonctionnement du tag est fournie soit par une pile interne (ou batterie) pour les tags actifs ou semi-actifs, soit téléalimenté par le champ électro-magnétique émis par le lecteur (tags passifs).

LES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Un système RFID permet donc d'écrire, de stocker et d'effacer de l'information sur la puce électronique du tag. En plus du transfert de données sans contact, la communication via l'antenne, permet également, des transferts sans visibilité entre le lecteur et l'étiquette au travers de matériaux opaques à la lumière, cette lecture pouvant s'effectuer simultanément sur plusieurs étiquettes.

Les différents systèmes RFID sont caractérisés principalement par leur fréquence de communication. Cependant, outre cette fréquence porteuse, d'autres caractéristiques définissent également les étiquettes RFID et constituent la base de leurs spécifications :

- l'origine et la nature de l'énergie ;
- la distance de lecture ;
- la programmabilité ;
- la forme physique ;
- la taille mémoire ;
- les propriétés du packaging (matériau) ;
- le nombre de tags lus simultanément (anti-collision) ;
- et bien sur le coût.

Débits de communication : 106, 212 ou 424 kbit/s (le débit 848 kbit/s n'est pas compatible avec la norme NFCIP-1) ;

Gamme de fréquence (classique) : 135 KHz ; 13,56 MHz ;

Distance de communication : maximum 10 cm ;

Mode de communication : half-duplex ou full-duplex.

Le tableau ci-dessous dresse un aperçu des avantages et inconvénients des tags par fréquence de communication :

	LF< 135 kHz	HF13.56 MHz	UHF863 à 915 MHz	SHF2.45 GHz
Capacité de données	De 64 bits lecture seul à 2kbits lecture-écriture	Classiquement tags lecture-écriture avec 512 bits de mémoire (max: 8kbits partitioné)	Classiquement tags lecture-écriture avec 32 bits de mémoire (max: 4kbits partitioné en 128 bits)	De 128 bits à 32 kbits partitioné
Produits disponibles	Read-only et read/write	Read-only et read/write	Read-only et read/write	Read-only et read/write, télé-alimenté et batterie assisté
Transfert de données	Faible taux de transfert: inférieur à 1kbits/s (~200bits/s)	Environ 25 kbits/s en général (existe en 100 kbits/s)	Environ 28 kbits/s	Généralement < à 100 kbits/s mais peu aller jusqu'à 1 Mbits/s
Distance de lecture	Typiquement du contact à 0.5 m pour les tags télé-alimentés, sinon ~ 2 m	Pour les tags télé-alimenté de l'ordre du mètre	Pour les tags télé-alimenté de l'ordre du mètre	Qq dizaine de centimètre pour les passifs et qq dizaine de mètres pour les actifs
Mode de lecture	Les versions lecture unique et lecture multiple sont disponibles	Les versions lecture unique et lecture multiple sont disponibles	Lecture unique et lecture multiple, omni-directionnel	Lecture unique et lecture multiple
Limites de fonctionnement	- 40 à + 85 °C Peu sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	- 25 à + 70 °C Faiblement sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	- 25 à + 70 °C Sensible aux perturbations électro-magnétiques. Peut être perturbé par les autres systèmes UHF à proximité	- 25 à + 70 °C Fortement sensible aux perturbations électro-magnétiques réfléchies par le métal et absorbées par l'eau
Applications	Process de fabrication Identification de véhicules et de container Contrôle d'accès Identification animale	Suivi de flotte de véhicules Bagages Librairie Service de location Laveries automatiques Logistique	Logistique Suivi de flotte de véhicules	Automatisation d'entreprises Contrôle d'accès Logistique militaire Péage automatique

LES CLASSES

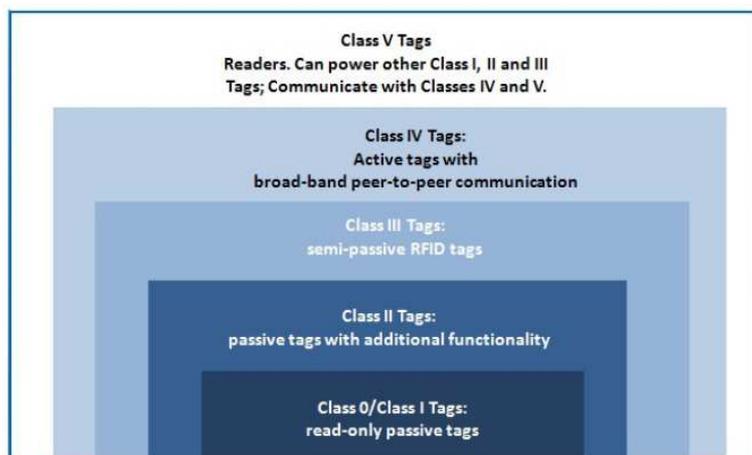
Classe 0 et classe 1 : tags passifs à lecture seule (on ne peut que lire l'identifiant unique du tag) ;

Classe 2 : tags passifs à fonctions additionnelles (écriture mémoire) ;

Classe 3 : tags passifs assistés par batterie ;

Classe 4 : tags actifs. Communication large-bande du type « peer-to-peer » ;

Classe 5 : interrogateurs. Alimentent les tags de classe 0, 1, 2 et 3. Communiquent avec les tags de classe 4.



LECTURE SEULE OU LECTURE/ÉCRITURE ?

Quelque soit la fréquence à laquelle le système RFID fonctionne, quelque soit le type d'étiquette passive ou active, on peut différencier les applications RFID suivant les possibilités de lecture et/ou d'écriture dans la mémoire de la puce embarquée sur l'étiquette. Le but de la RFID étant d'identifier de manière unique les objets portant des tags, la puce électronique doit au minimum contenir un identifiant numérique accessible par le lecteur. Ce numéro unique peut être celui gravé par le fondeur de la puce lors de la fabrication (TID : Tag IDentifier). Si cette puce ne possède pas d'autre zone mémoire, on parle de puce en lecture seule. Toute l'information liée au produit portant l'étiquette est donc déportée sur des systèmes d'informations indexés par l'identifiant unique.

Dans certains cas, le numéro unique gravé par le fondeur de la puce n'est pas suffisant pour l'application finale. On peut donc trouver des puces possédant une zone mémoire vierge sur laquelle on puisse écrire un numéro particulier propre à l'utilisateur final du système RFID (UII : Unique Item Identifier ou Code EPC : Electronic Product Code par exemple). Une fois ce numéro écrit, il ne peut plus être modifié. On parle alors de puce WORM (Write Once, Read Multiple).

D'autres types d'applications vont nécessiter la présence d'une zone mémoire accessible par l'utilisateur et réinscriptible. Cette zone, ne dépassant pas les quelques dizaines de kilo octets dans la majeure partie des cas, peut servir lorsque l'accès à une base de données centrale n'est pas garantie (lors d'opération de maintenance en zone isolée ou sur le théâtre d'opérations militaires). Les puces sont alors de type MTP (Multi Time Programmable) et possèdent de la mémoire généralement de type EEPROM.

PROTOCOLES TTF ET ITF**Qui parle le premier : le tag ou le lecteur ?**

Cette question, a priori anodine, prend tout son sens lorsque plusieurs étiquettes se trouvent simultanément dans le champ du lecteur où lorsque les étiquettes ne sont pas statiques et qu'elles ne font que passer dans le champ rayonné par l'antenne du lecteur.

Dans le cas, rencontré très souvent en RFID, où les étiquettes sont batteryless (sans source d'énergie embarquée), il est clair que la première chose à faire pour le lecteur est de transmettre de l'énergie à (aux) l'étiquette(s). Pour cela, le lecteur émet un signal à fréquence fixe (sans modulation).

À ce moment, la communication entre le lecteur et l'étiquette n'a pas débuté. Une fois la puce de l'étiquette alimentée, elle peut soit transmettre immédiatement une information au lecteur (protocole TTF pour Tag Talk First) ou répondre à une requête du lecteur (protocole ITF pour Interrogator Talk First).

Le choix d'un protocole ou de l'autre dépend fortement de la gestion de la ressource radio et de la gestion de la présence éventuelle de plusieurs étiquettes dans le champ rayonné par le lecteur (protocole d'anti-collision). Pour se faire une idée de l'implication sur la gestion des collisions du choix d'un protocole ou de l'autre, imaginons une salle de classe. L'enseignant joue le rôle du lecteur, les élèves celui des étiquettes RFID.

Pour les systèmes TTF, nous pouvons imaginer qu'en début de cours, chaque élève entrant dans la salle donne son nom. Les élèves arrivent en cours à l'heure et chacun donnant son nom quasiment en même temps, nous pouvons douter que l'enseignant (le lecteur) puisse comprendre chaque nom individuellement et identifier chacun des élèves (étiquettes). Pour essayer de palier

ce problème, il est possible de demander aux élèves de ne donner leur nom qu'après avoir écouté et s'être assuré que personne d'autre n'a pris la parole. Cette variante du protocole TTF est appelée TOTAL pour Tag Only Talk After Listening.

Pour des systèmes ITF, c'est l'enseignant (le lecteur) qui pose la première question et demande aux élèves de donner leur nom. Tous les élèves présents dans la salle répondent alors à la requête de l'enseignant. Comme dans le cas précédent, il peut être difficile, voire impossible, à l'enseignant d'identifier chaque élève puisque ceux-ci répondront à la requête de façon simultanée.

Parmi les avantages du protocole TTF, on peut noter la **rapidité** avec laquelle il est possible d'identifier une étiquette quand celle-ci est seule dans le champ rayonné par le lecteur. On peut également noter que lorsque le lecteur ne communique pas avec des étiquettes, il ne fait que rayonner un signal RF sans modulation. Ce signal n'occupe donc qu'une faible partie du spectre électromagnétique. Cela permet de réduire le risque d'interférence avec d'autres émissions ou d'autres lecteurs. En ce qui concerne le protocole ITF, le principal avantage est que la communication est initiée (trigger) par le lecteur. Toutes les réponses des tags peuvent donc être facilement superposées pour une détection de collision au niveau « bit » ou facilement séquencées pour singulariser les étiquettes.

EXERCICES D'APPLICATION

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 :

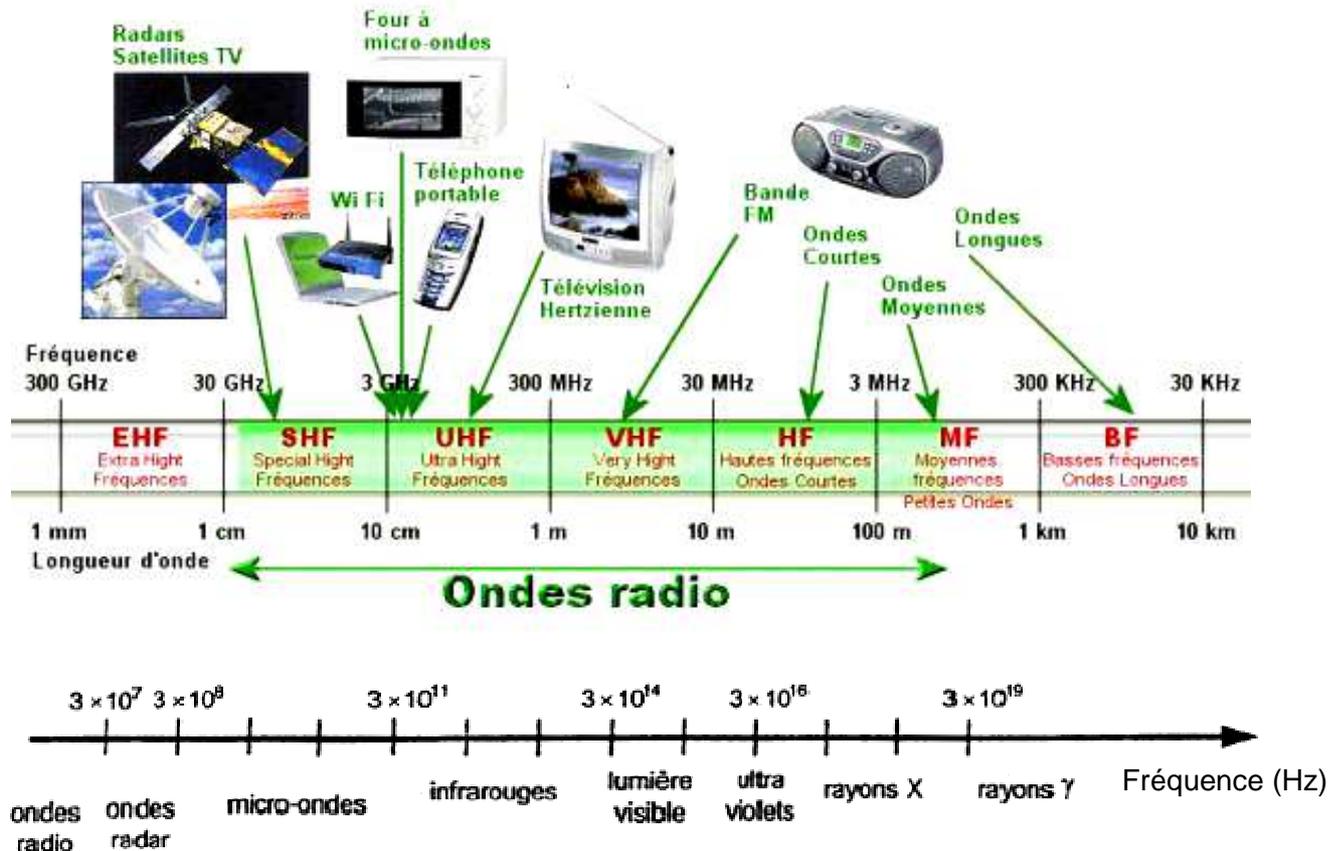
Dans cet exercice, on étudie le mode de communication entre le lecteur et l'étiquette. On modélise ensuite une partie du circuit électronique de l'étiquette, et on vérifie la validité de ce modèle expérimental en comparant son temps de réponse à celui d'un passe.

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.

13,56 MHz appartient bien au domaine des ondes radio (HF).

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).

La longueur d'onde est l'équivalent spatial de la période temporelle. En effet, la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde au cours d'une période. Si on appelle c la célérité de l'onde et T sa période temporelle, on a :

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{13,56 \times 10^6} = 21,76 \text{ m}$$

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

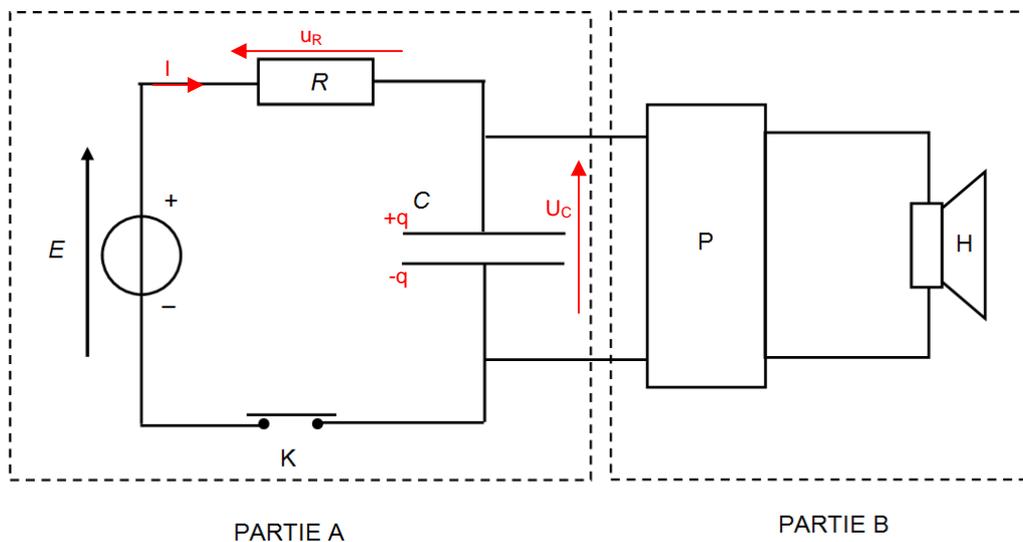
Le bobinage d'antenne de l'étiquette qui reçoit l'onde radio et dans lequel naît le courant est modélisé, par souci de simplification, par un générateur idéal de tension E .

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) : **c**

Question 4 :

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

La grandeur physique que l'onde radio transfère est un champ magnétique.

Étude du temps de réponse du modèle expérimental

Question 5 :

Compléter le schéma du circuit (PARTIE A en page 8) 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.

$$Q = C \times u_C$$

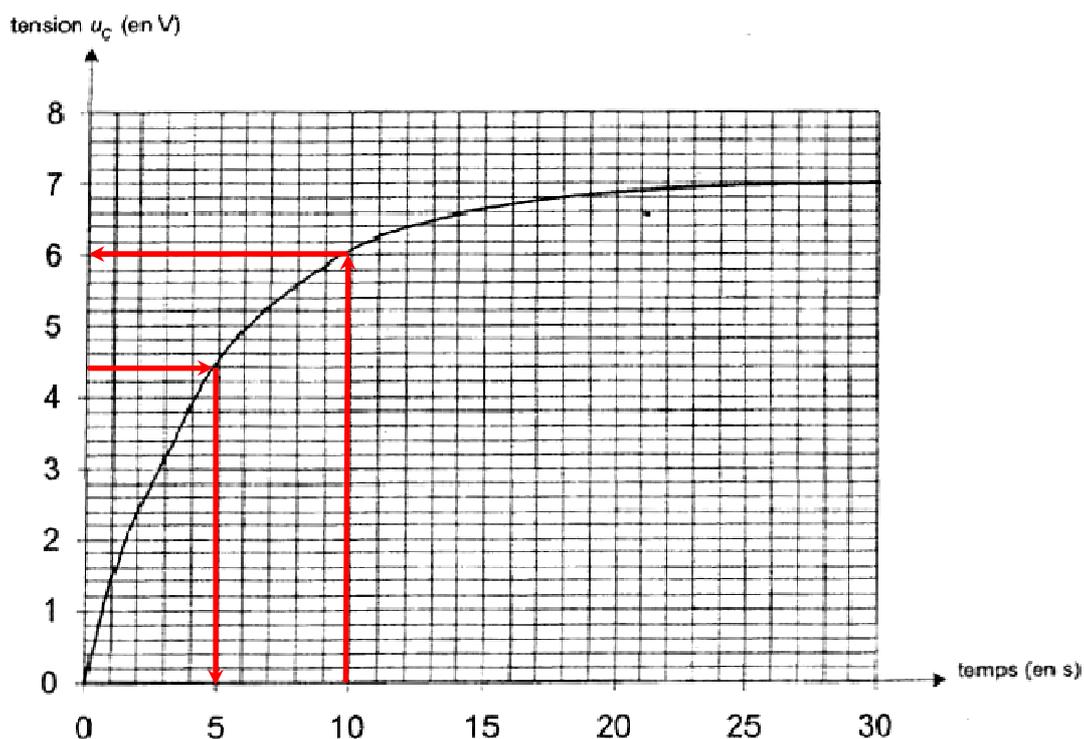
Q : quantité d'électricité en coulombs (C)

C : capacité en farads (F)

u_C : tension en volts (V)

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 .

u_C tend vers $7 \text{ V} = E$

Question 8 :

Déduire graphiquement la valeur de « τ ». Faire apparaître la construction graphique sur la figure en page 9.

$\tau = 5 \text{ s}$

Question 9 :

On constate que le composant électronique P n'alimente le haut-parleur H qu'au bout d'une durée égale à 2τ , 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 2τ ?

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

$U_S = 6 \text{ V}$

Le condensateur n'est pas totalement chargé au bout de 2τ .

Le temps de réponse du modèle n'est pas vraisemblable.