Programme de colle 3

S. Benlhajlahsen → PCSI$_1$

Semaine du lundi 30 septembre 2024

Sommaire

I Dipôles électriques dans l'ARQS 1

II Bases de l'optique géométrique 3

Au programme cette semaine :

I Dipôles électriques dans l'ARQS

- Charge électrique, intensité du courant.

> **Capacité exigible :** Justifier que l'utilisation de grandeurs électriques continues est compatible avec la quantification de la charge électrique.

> **Réponse :** C'est un problème d'échelle qui sera **vu, plus tard,** en électromagnétisme. La quantification de la charge se perçoit à l'échelle microscopique. Par contre, lorsqu'on se place à des échelles plus grandes (macroscopique ou mésoscopique), les grandeurs physiques deviennent continues dans l'espace et ne subissent plus les irrégularités de l'échelle microscopique.

> **Capacité exigible :** Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.

> **Réponse :** Si une charge δq traverse une surface S pendant la durée $\mathrm{d}t$, le courant électrique est alors le débit de charge et $i = \frac{\delta q}{\mathrm{d}t}$.

> **Capacité exigible :** Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence. Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge.

> **Réponse :** Si on note f la fréquence du courant électrique pour un circuit de taille d, alors le régime sera considéré comme lentement variable si $f \ll \frac{c}{d}$ où $c = 2{,}99 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. On parle alors d'**ARQS** [a].
>
> *a.* approximation des régimes quasi-stationnaires

> **Capacité exigible :** Utiliser la loi des mailles. Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.

> **Capacité exigible :** Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.

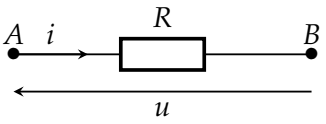
> **Réponse :** Les courants dans les appareils électroménagers sont de l'ordre de quelques ampères et les courants dans les circuits électroniques sont de l'ordre de quelques milliampères.

- Potentiel, référence de potentiel, tension.
- Puissance.

> **Remarque :** Il faut bien distinguer la convention récepteur ou générateur du comportement réel lié au signe de la puissance.

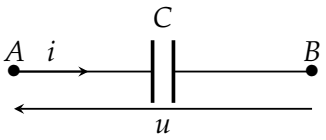
> **Ordre de grandeur :** Les appareils électroménagers ont des puissance de fonctionnement de l'ordre de quelques kilowatts.

- Dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire (voir figures 1, 2 et 3).



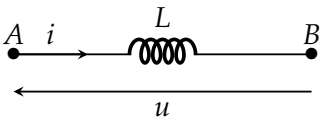
$$u = R\,i$$
$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = R\,i^2$$

FIGURE 1 – Résistor



$$i = C \cdot \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$$
$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{1}{2}C\,u^2\right)$$

FIGURE 2 – condensateur



$$u = L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$
$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{1}{2}L\,i^2\right)$$

FIGURE 3 – bobine

- Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement (voir figure 4).

Caractéristique La caractéristique d'un dipôle est la représentation de l'évolution du courant i en fonction de la tension u aux bornes de ce même dipôle (exemple en figure 4).

Point de fonctionnement On réalise un circuit en reliant deux dipôles dont les caractéristiques sont connues. Le circuit est alors traversé par un courant i qui correspond à l'intersection des caractéristiques.

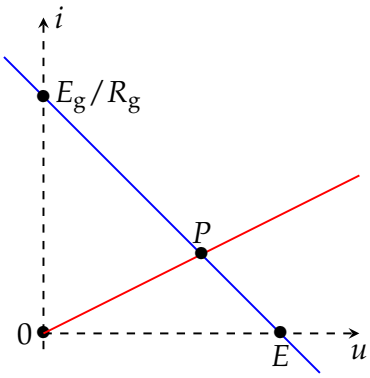


FIGURE 4

II Bases de l'optique géométrique

1. Petit historique
   (a) Modèle géométrique de la lumière
   (b) Modèle ondulatoire
   (c) Modèle corpusculaire : le photon
2. La lumière
   (a) Phénomènes lumineux
   (b) Caractère ondulatoire
   (c) Caractère corpusculaire
   (d) Propagation d'une onde électromagnétique dans une milieu matériel
   (e) Optique géométrique

   Capacité exigible : Définir le modèle de l'optique géométrique. Indiquer les limites du modèle de l'optique géométrique.
3. Les sources lumineuses

   Capacité exigible : Caractériser une source lumineuse par son spectre. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.

   (a) Définitions
   (b) Sources à spectre large et continu
   (c) Sources à spectre discontinu
4. Lois de la propagation d'un rayon lumineux
   (a) Propagation rectiligne de la lumière
   (b) Principe de retour inverse
   (c) Notion de chemin optique
   (d) Dioptres et miroirs
   (e) Lois de Snell-Descartes

   Rayon réfléchi Le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence. Rayons incident et réfléchis sont symétriques par rapport à la normale. Ainsi,
   $$|i_1| = |i_1'|$$

   Attention Tous les angles seront mesurés depuis la normale.

   Rayon réfracté ou transmis Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence. Rayons incident et réfléchis sont de part et d'autre du dioptre. De plus,
   $$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

   (f) Reflexion totale

   Capacité exigible : Établir la condition de réflexion totale.

   On fait augmenter i_1 depuis 0 (incidence normale) jusque $\pi/2$ (incidence rasante).

   Réflexion totale dans le cas où $n_1 > n_2$: Lorsqu'on augmente i_1, on constate que $i_2 = \pi/2$ pour :
   $$i_1 = i_{1,\text{lim}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$
   Pour $i_1 > i_{1,\text{lim}}$, le rayon réfracté n'existe pas. C'est le phénomène de **réflexion totale**.

   (g) Exemple d'application : la fibre à saut d'indice

   Capacité exigible : Établir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice

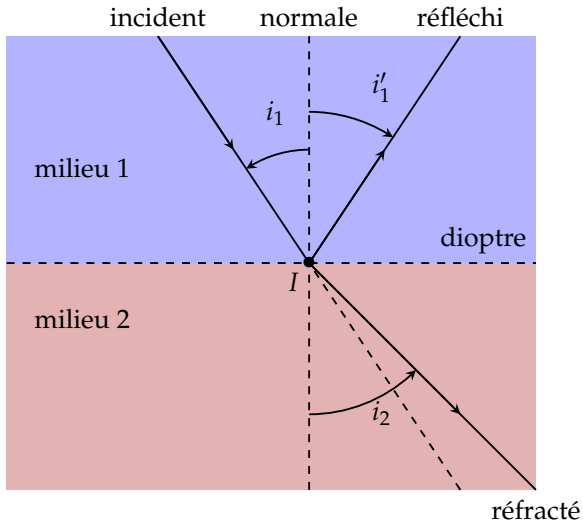


FIGURE 5 – Rayons incident, réfléchi et réfracté dans le cas où $n_1 > n_2$.

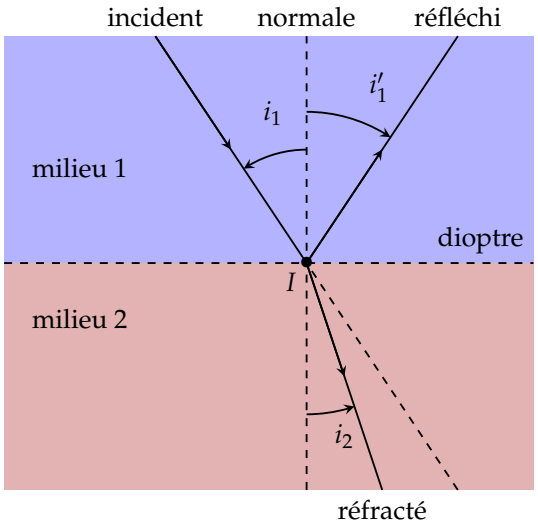


FIGURE 6 – Rayons incident, réfléchi et réfracté dans le cas où $n_1 < n_2$.

Réponse : Le but est de montrer que seul les rayons incidents appartenant à un cône (voir figures 7 et 8) sont guidés dans le coeur de la fibre. On constate de plus que le rayons ne traversent pas la fibre en la même durée : c'est la dispersion intermodale. Celle-ci provoque une limitation du débit dans la fibre à cause de l'élargissement temporel provoqué par la dispersion (voir figures 9, 10 et 11).

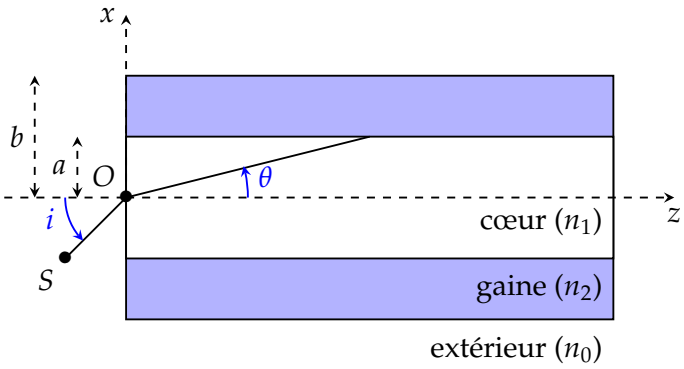


FIGURE 7 – Coupe dans le plan médiateur de la fibre.

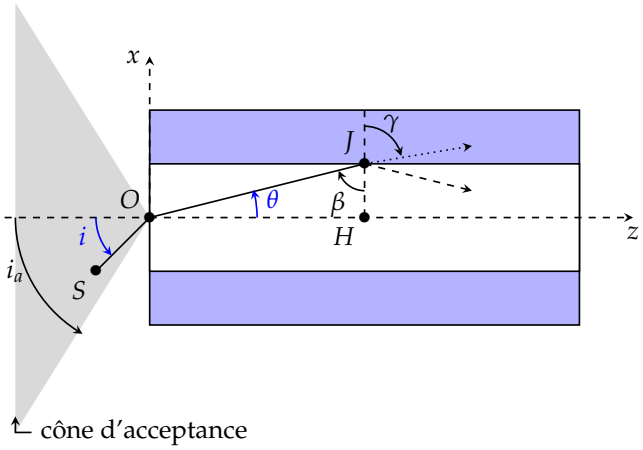


FIGURE 8 – Schéma annoté.

(h) Cas d'un milieu d'indice variable

i. Milieu stratifié

ii. Milieu d'indice continuellement variable

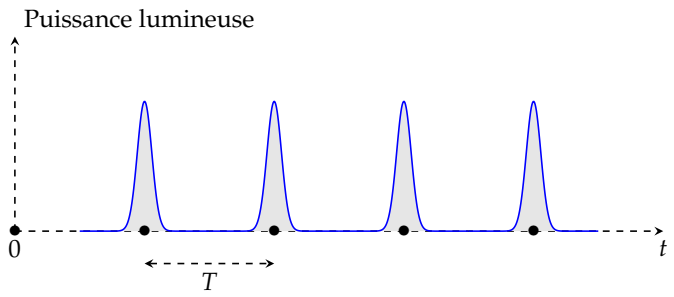


FIGURE 9 – Train d'impulsions en entrée de la fibre. Un signal impulsionnel est un signal de courte durée devant la période de répétition des trains.

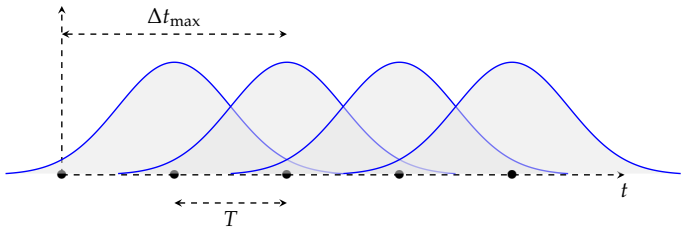


FIGURE 10 – Train d'impulsions en sortie de la fibre. Cas où l'élargissement temporel est élevé.

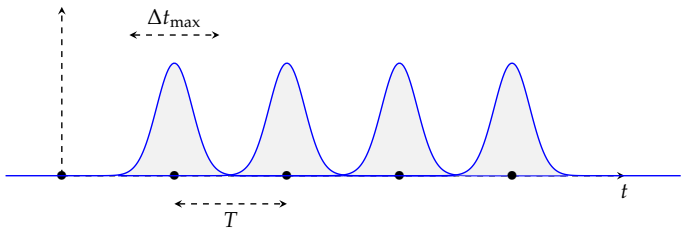


FIGURE 11 – Train d'impulsions en sortie de la fibre. Cas où l'élargissement temporel est faible.