

Programme de colle 4

S. Benhajlahsen → PCSI₁



Semaine du lundi 9 Octobre 2023

Sommaire

I Bases de l'optique géométrique	1
II Circuits électriques linéaires en régime permanent	4

Au programme cette semaine :

I 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 un 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) Dioptries 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,

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

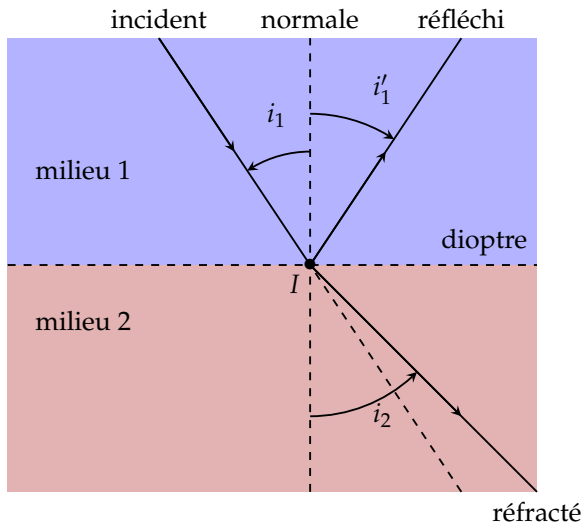


FIGURE 1 – Rayons incident, réfléchi et réfracté dans le cas où $n_1 > n_2$.

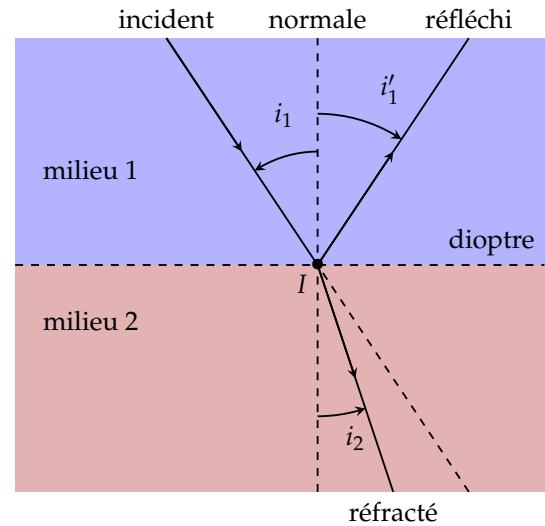


FIGURE 2 – Rayons incident, réfléchi et réfracté dans le cas où $n_1 < n_2$.

(f) Réflexion 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

|| **Réponse** : Le but est de montrer que seul les rayons incidents appartenant à un cône (voir figures 3 et 4) 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 5, 6 et 7).

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

- i. Milieu stratifié
- ii. Milieu d'indice continuellement variable

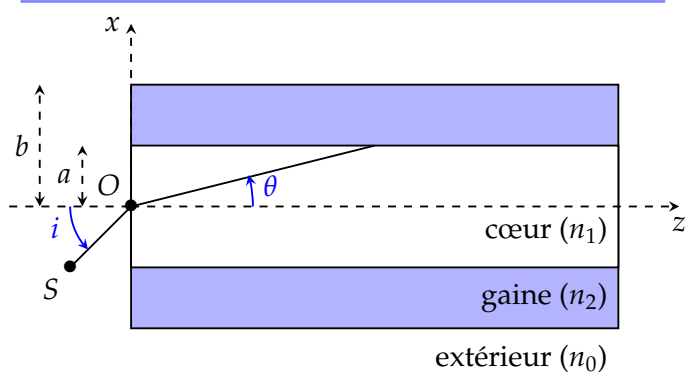


FIGURE 3 – Coupe dans le plan médiateur de la fibre.

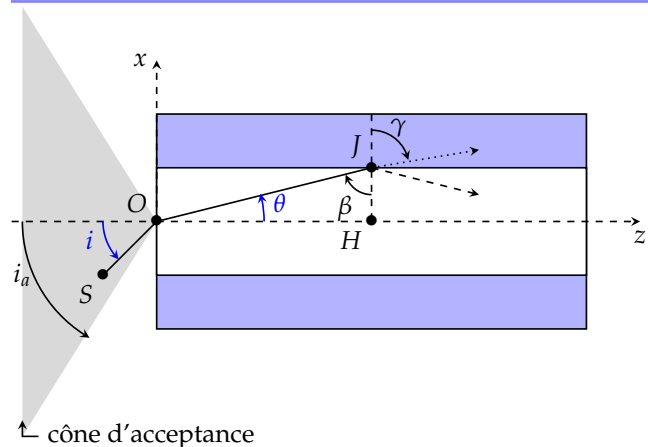


FIGURE 4 – Schéma annoté.

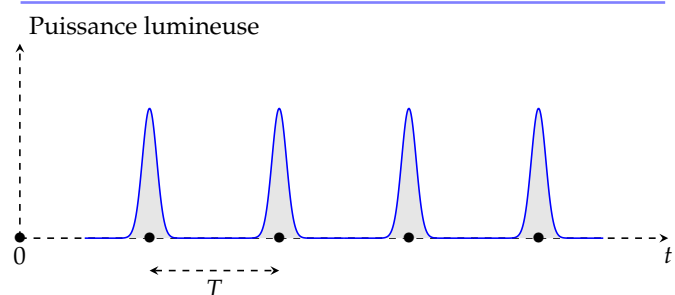


FIGURE 5 – Train d'impulsions en entrée de la fibre. Un signal impulsionnel est un signal de courte durée devant la période de répétition des trains.

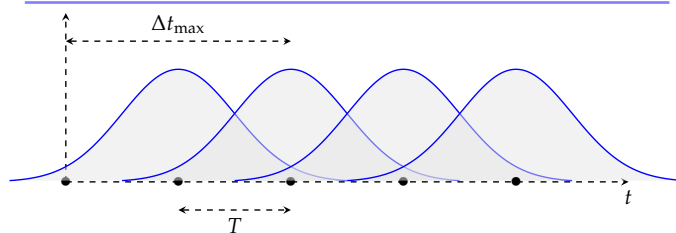


FIGURE 6 – Train d'impulsions en sortie de la fibre. Cas où l'élargissement temporel est élevé.

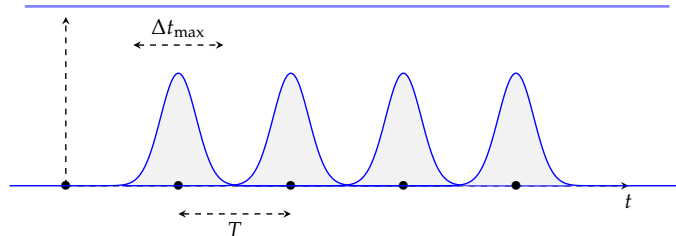


FIGURE 7 – Train d'impulsions en sortie de la fibre. Cas où l'élargissement temporel est faible.

II Circuits électriques linéaires en régime permanent

1. Association de dipôles passifs

(a) association série

À retenir : Deux dipôles sont **en série** s'ils ont une borne commune et s'ils sont traversés par le même courant (voir figure 8).

(b) association parallèle

À retenir : Deux dipôles sont **en parallèle** (ou **dérivation**) s'ils sont reliés aux deux mêmes nœuds et donc s'ils sont soumis à la même tension (voir figure 8).

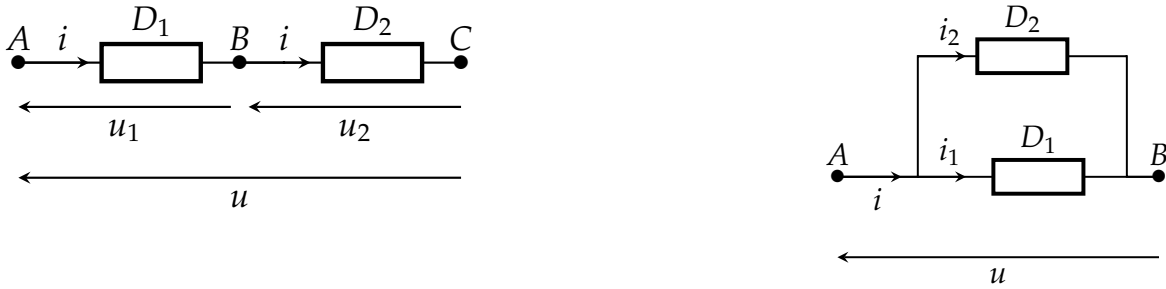


FIGURE 8 – À gauche, deux dipôles en série. À droite, deux dipôles en parallèle (ou dérivation).

(c) groupement de résistors

II.1 association série, résistance équivalente

À retenir : Deux résistors R_1 et R_2 en série (voir figure 9) sont équivalents à un résistor de résistance $R_{\text{éq}} = R_1 + R_2$.

Cette relation se généralise sans difficulté à N résistors en série $R_{\text{éq}} = \sum_{i=1}^N R_i$.

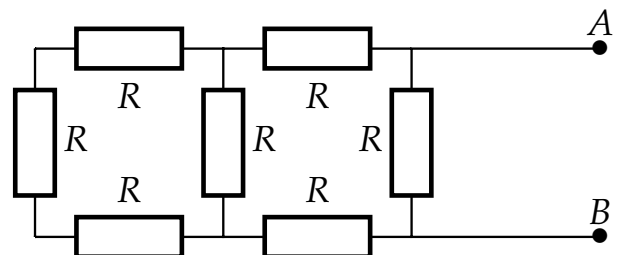
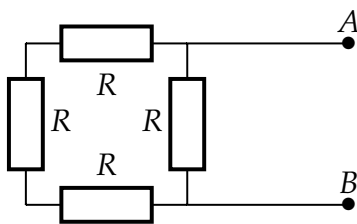
II.2 association parallèle, résistance équivalente

À retenir : Deux résistors R_1 et R_2 en parallèle sont équivalents à un résistor de résistance $R_{\text{éq}}$ telle que

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \text{ Cette relation se généralise sans difficulté à } N \text{ résistors en parallèle } \frac{1}{R_{\text{éq}}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}.$$

Exercice 1 : Trois résistances $R = 150 \Omega$ identiques sont en parallèle. Quelle est la résistance équivalente ?

Exercice 2 : Donner la résistance équivalente des dipôles AB suivants :



(d) groupement de condensateurs idéaux

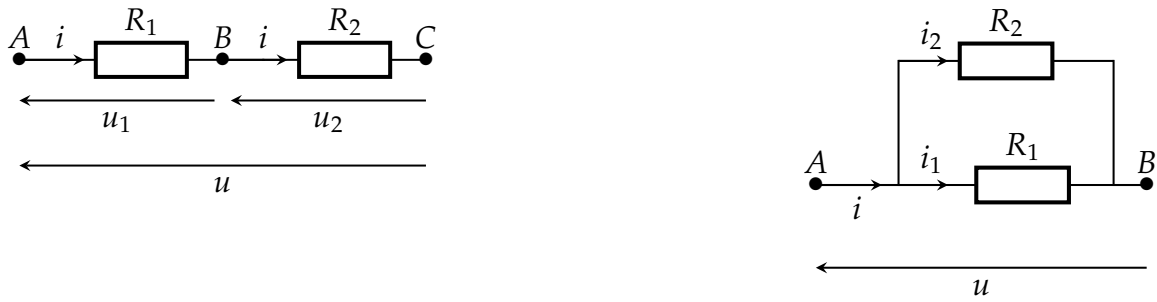


FIGURE 9 – À gauche, deux résistances en série. À droite, deux résistances en parallèle (ou dérivation).

II.3 association série, capacité équivalente

À retenir : Deux condensateurs C_1 et C_2 en série (voir figure 10) sont équivalents à un condensateurs de capacité $C_{\text{éq}}$ telle que :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

II.4 association parallèle, capacité équivalente

À retenir : Deux condensateurs C_1 et C_2 en parallèle sont équivalents à un condensateurs de capacité $C_{\text{éq}}$ telle que

$$C_{\text{éq}} = C_1 + C_2$$

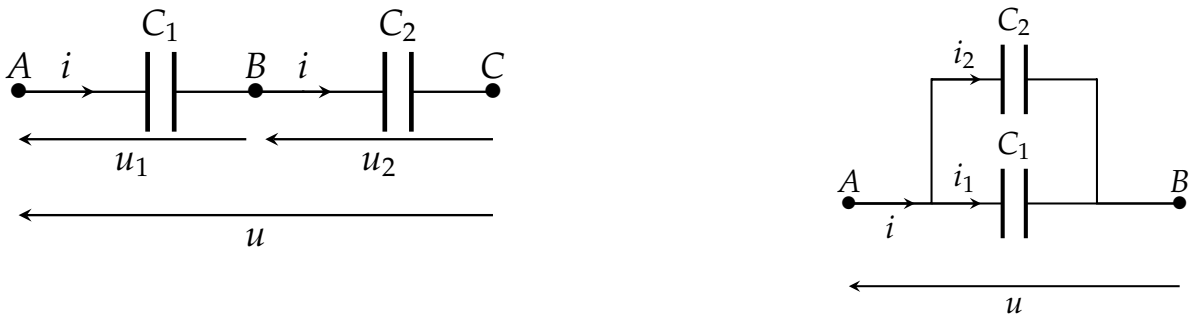


FIGURE 10 – À gauche, deux condensateurs idéales en série. À droite, deux condensateurs idéales en parallèle (ou dérivation).

(e) groupement de bobines idéales

II.5 association série, inductance équivalente

À retenir : Deux bobines L_1 et L_2 en série (voir figure 11) sont équivalentes à un bobine d'inductance

$$L_{\text{éq}} = L_1 + L_2$$

II.6 association parallèle, inductance équivalente

À retenir : Deux bobines L_1 et L_2 en parallèle sont équivalentes à une bobine d'inductance L_{eq} telle que

$$\frac{1}{L_{\text{eq}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Remarque : La loi d'association parallèle des inductances est analogue à celle relative à l'association parallèle de résistances.

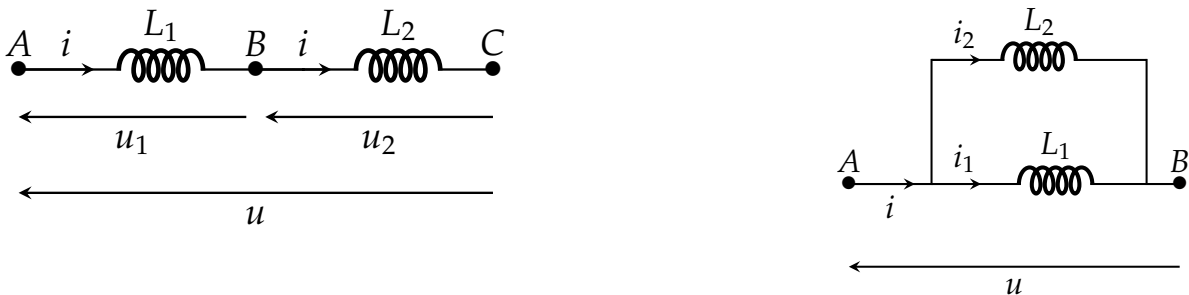


FIGURE 11 – À gauche, deux bobines idéales en série. À droite, deux bobines idéales en parallèle (ou dérivation).

(f) groupement et caractéristiques

Exercice 3 : Retrouver par une construction graphique de caractéristique la loi d'association série et parallèle de résistors.

2. Diviseur de tension ou de courant

capacité exigible : Établir et exploiter les relations des diviseurs de tension ou de courant.

Remarque : Les exemples précédents montrent que le courant passe préférentiellement dans la branche la moins résistive.

3. Groupement de dipôles actifs.

On va profiter dans la suite de l'équivalence entre les modèles de Thévenin et de Norton.

(a) association série, modèle de Thévenin

Capacité exigible : Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin.

(b) association parallèle, modèle de Norton

4. Association de dipôles passifs et actifs linéaires

(a) circuit à une maille : loi de Pouillet

(b) circuits à plusieurs mailles : lois de Kirchhoff

Remarque : Il est important dans toute la suite de distinguer les **inconnues** des **paramètres**. Les paramètres physiques sont les grandeurs qui sont imposées par l'expérience. Dans les circuits, les paramètres seront la valeur des composants (résistance, inductance, fém...). Les inconnues sont les grandeurs dont la valeur est conséquences des lois physiques et des paramètres : cela sera la valeur des intensités.

5. Théorème de superposition

Ce théorème sera admis comme découlant assez naturellement de la linéarité des équations de l'électrocinétique.

théorème de superposition L'état électrique d'un circuit **linéaire**^a comportant des sources de tension et de courant est obtenu en superposant les effets des états où une seule source est allumée.

Une source de tension idéale éteinte est équivalente à un interrupteur fermé et une source de courant idéale éteinte est équivalente à un interrupteur ouvert.

^a. c'est-à-dire contenant que des dipôle linéaires.