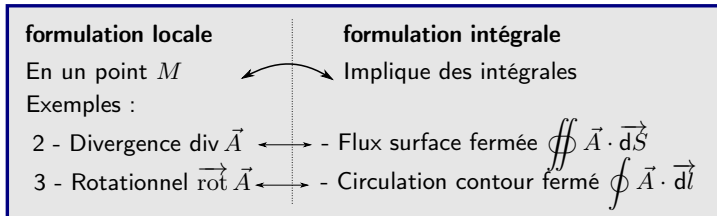


# Formulation de l'électromagnétisme : équations de Maxwell

## I Lois locales et lois intégrales



4 - Équation locale de conservation de la charge à 1D ou 3D

## II Équations de Maxwell

1 Les 4 équations locales et sous forme intégrale

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0$$

En régime stationnaire  
2- on retrouve l'électrostatique et la magnétostatique  
3 - équation de Poisson et de Laplace pour le potentiel  $V$

## Plan du cours

### I - Lois locales et lois intégrales

- 1 - Formulation locale ou intégrale d'une loi
- 2 - Flux d'un champ et divergence
- 3 - Circulation d'un champ et rotationnel
- 4 - Équation de conservation de la charge

### II - Équations de Maxwell

- 1 - Les équations
- 2 - On retrouve le cas stationnaire
- 3 - Équations de Poisson et de Laplace en électrostatique

## Ce qu'il faut connaître

————— (cours : I)

- ▶<sub>1</sub> Comment interpréter l'opérateur divergence? ( $d\vec{\tau} \times \text{div } \vec{A}$  donne le flux de  $\vec{A}$  sortant d'un petit volume  $d\tau$  autour du point considéré.)  
Savoir reconnaître des situations simples où  $\text{div } \vec{A} > 0$  ou  $< 0$ .
- ▶<sub>2</sub> Comment interpréter l'opérateur rotationnel? (il est lié à la circulation du champ  $\vec{A}$  sur un contour entourant le point considéré)
- ▶<sub>3</sub> Quelles sont les expressions des opérateurs divergence et rotationnel en coordonnées cartésiennes? (éventuellement en s'aidant du vecteur  $\vec{\nabla}$ ).
- ▶<sub>4</sub> Quelle est l'équation de conservation de la charge?
- ▶<sub>5</sub> Connaître la relation  $\mu_0 \epsilon_0 c^2 = 1$

————— (cours : II)

- ▶<sub>6</sub> Donner les équations de Maxwell sous forme locale.
- ▶<sub>7</sub> Quelle est la formulation intégrale des équations de Maxwell?
- ▶<sub>8</sub> Comment s'écrivent les équations de Poisson et de Laplace pour le potentiel  $V$  dans le cas stationnaire? Sous quelles hypothèses sont-elles valides?
- ▶<sub>9</sub> Pour l'équation de Laplace, savoir que la solution est unique dans un domaine de l'espace  $\mathcal{D}$  si l'on fixe la valeur du potentiel  $V$  sur le bord du domaine.

# Ce qu'il faut savoir faire

\_\_\_\_\_ (cours : I)

- ▶10 Passer de la forme locale à la forme intégrale du théorème de Gauss (cf I.2.b) ou d'Ampère (cf I.3.c). On fournit pour cela les théorèmes de Stokes ou d'Ostrogradski.
- ▶11 Établir l'équation de conservation de la charge à 1D en effectuant un bilan de charge sur une tranche (voir cours).

\_\_\_\_\_ (cours : II)

- ▶12 Interpréter les équations de Maxwell écrites sous forme intégrale : l'une indique que  $\vec{B}$  est à flux conservatif, une autre est le théorème de Gauss, une autre redonne la loi de Faraday de l'induction (savoir le montrer, cf I.3.d), et la dernière est le théorème d'Ampère auquel s'ajoute un terme en régime non stationnaire.
- ▶13 À partir des équations de Maxwell, démontrer les équations suivies par les champs en électrostatique et magnétostatique.
- ▶14 Démontrer l'équation de Poisson pour le potentiel  $V$ .

## Documents

### Constantes physiques intervenant dans la théorie de l'électromagnétisme :

- Vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Permittivité du vide :  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  (aussi appelée permittivité diélectrique du vide).
- Perméabilité du vide :  $\mu_0 = 12.57 \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$  (aussi appelée perméabilité magnétique du vide).
- Charge élémentaire :  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$  (la charge d'un proton est  $+e$ , celle d'un électron  $-e$ ).

On a la relation  $\mu_0 \epsilon_0 c^2 = 1$ .

**Remarque :** Dans le système international d'unités, la vitesse de la lumière est fixée par définition à  $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ , ceci servant à définir ce qu'est un mètre.

### Point de vue sur la théorie de l'électromagnétisme

