

## 4. Électromagnétisme

## 4.3. Équations de Maxwell

## Table des matières

<b>1. Loi de conservation de la charge électrique</b>	<b>2</b>
1.1. Cas unidimensionnel . . . . .	2
1.2. Cas général . . . . .	2
<b>2. Équations de Maxwell</b>	<b>2</b>
2.1. Champ électromagnétique . . . . .	2
2.2. Les quatre équations de Maxwell . . . . .	2
2.3. Compatibilité avec la loi de conservation de la charge . . . . .	2
2.4. Formulation intégrale des équations de Maxwell . . . . .	2
<b>3. Équations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants</b>	<b>2</b>
3.1. Couplage spatio-temporel entre le champ électrique et le champ magnétique . . . . .	2
3.2. Établissement de l'équation de propagation . . . . .	2
3.3. Un peu d'histoire . . . . .	2
<b>4. Cas des champs statiques</b>	<b>2</b>
4.1. Les équations de Maxwell en régime stationnaire . . . . .	2
4.2. Versions intégrales . . . . .	2
4.3. Existence d'un potentiel électrostatique . . . . .	2
4.4. Équations de Poisson et de Laplace de l'électrostatique . . . . .	2

## Introduction

**James Clerk Maxwell (1831-1879)**

Physicien et mathématicien écossais.

Ses premiers travaux concernant la compréhension de la vision en couleurs. Il obtient en 1861 la première photographie en couleurs.

À partir de 1865, il se retire dans sa propriété de Glenair en Écosse pour rédiger son traité d'électricité et de magnétisme qui paraîtra en 1873.

Ses travaux les plus importants :

- cinétique des gaz et thermodynamique : il établit la formule qui donne la distribution des énergies cinétiques (**distribution de Maxwell**);
- modèle unifié de l'électricité du magnétisme et de l'induction sous forme de quatre équations : **les équations de Maxwell (1865)**.



FIGURE 1 – James Clerk Maxwell

## 1. Loi de conservation de la charge électrique

⇒ **Capacité exigible** – Établir l'équation locale de conservation de la charge en coordonnées cartésiennes dans le cas à une dimension.

### 1.1. Cas unidimensionnel

### 1.2. Cas général

## 2. Équations de Maxwell

### 2.1. Champ électromagnétique

### 2.2. Les quatre équations de Maxwell

### 2.3. Compatibilité avec la loi de conservation de la charge

⇒ **Capacité exigible** – Vérifier la cohérence des équations de Maxwell avec l'équation locale de la conservation de la charge.

### 2.4. Formulation intégrale des équations de Maxwell

⇒ **Capacités exigibles** –

- Associer l'équation de Maxwell-Faraday à la loi de Faraday.
- Citer, utiliser et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale.

## 3. Équations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants

### 3.1. Couplage spatio-temporel entre le champ électrique et le champ magnétique

⇒ **Capacité exigible** – Associer le couplage spatio-temporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation.

### 3.2. Établissement de l'équation de propagation

⇒ **Capacité exigible** – Établir les équations de propagation à partir des équations de Maxwell.

### 3.3. Un peu d'histoire

## 4. Cas des champs statiques

⇒ **Capacité exigible** – Établir les lois locales des champs statiques à partir des équations de Maxwell.

⇒ **Capacité exigible** – Établir les équations de Poisson et de Laplace de l'électrostatique. Exprimer par analogie les équations de Poisson et de Laplace dans le cas de la gravitation.

### 4.1. Les équations de Maxwell en régime stationnaire

### 4.2. Versions intégrales

### 4.3. Existence d'un potentiel électrostatique

### 4.4. Équations de Poisson et de Laplace de l'électrostatique