

# Physique 18-10

Schobert Néo

10 janvier 2022

## Table des matières

|           |                                 |           |
|-----------|---------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Ensemble des chapitres :</b> | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>18 octobre</b>               | <b>3</b>  |
| 2.1       | Question : . . . . .            | 3         |
| 2.2       | Remarques . . . . .             | 4         |
| <b>3</b>  | <b>19 octobre</b>               | <b>5</b>  |
| 3.1       | Question : . . . . .            | 5         |
| 3.2       | Remarques . . . . .             | 8         |
| <b>4</b>  | <b>8 Novembre</b>               | <b>8</b>  |
| 4.1       | Questions . . . . .             | 8         |
| 4.2       | Remarques . . . . .             | 8         |
| <b>5</b>  | <b>9 Novembre</b>               | <b>8</b>  |
| 5.1       | Questions . . . . .             | 8         |
| 5.2       | Remarques . . . . .             | 9         |
| <b>6</b>  | <b>15 Novembre</b>              | <b>9</b>  |
| 6.1       | Questions . . . . .             | 9         |
| 6.2       | Remarques . . . . .             | 10        |
| <b>7</b>  | <b>16 Novembre</b>              | <b>10</b> |
| 7.1       | Questions . . . . .             | 10        |
| 7.2       | Remarques . . . . .             | 10        |
| <b>8</b>  | <b>19 Novembre</b>              | <b>11</b> |
| 8.1       | Questions . . . . .             | 11        |
| 8.2       | Remarques . . . . .             | 11        |
| <b>9</b>  | <b>22 Novembre</b>              | <b>11</b> |
| 9.1       | Questions . . . . .             | 11        |
| 9.2       | Remarques . . . . .             | 11        |
| <b>10</b> | <b>23 Novembre</b>              | <b>12</b> |
| 10.1      | Questions . . . . .             | 12        |
| 10.2      | Remarques . . . . .             | 12        |
| <b>11</b> | <b>29 Novembre</b>              | <b>12</b> |
| 11.1      | Questions . . . . .             | 12        |
| 11.2      | Remarques . . . . .             | 12        |
| <b>12</b> | <b>30 Novembre</b>              | <b>13</b> |
| 12.1      | Questions . . . . .             | 13        |
| 12.2      | Remarques . . . . .             | 13        |

|           |                     |           |
|-----------|---------------------|-----------|
| <b>13</b> | <b>2 Décembre</b>   | <b>13</b> |
| 13.1      | Questions . . . . . | 13        |
| 13.2      | Remarques . . . . . | 13        |
| <b>14</b> | <b>6 Décembre</b>   | <b>13</b> |
| 14.1      | Questions . . . . . | 13        |
| 14.2      | Remarques . . . . . | 13        |
| 14.3      | Questions . . . . . | 13        |
| 14.4      | Remarques . . . . . | 14        |
| <b>15</b> | <b>13 Décembre</b>  | <b>14</b> |
| 15.1      | Questions . . . . . | 14        |
| 15.2      | Remarques . . . . . | 15        |
| <b>16</b> | <b>15 Décembre</b>  | <b>15</b> |
| 16.1      | Questions . . . . . | 15        |
| 16.2      | Remarques . . . . . | 15        |
| <b>17</b> | <b>3 Janvier</b>    | <b>15</b> |
| 17.1      | Questions . . . . . | 15        |
| 17.2      | Remarques . . . . . | 16        |
| <b>18</b> | <b>4 Janvier</b>    | <b>16</b> |
| 18.1      | Questions . . . . . | 16        |
| 18.2      | Remarques . . . . . | 16        |
| 18.3      | Questions . . . . . | 17        |
| 18.4      | Remarques . . . . . | 17        |
| <b>19</b> | <b>10 Janvier</b>   | <b>17</b> |
| 19.1      | Questions . . . . . | 17        |
| 19.2      | Remarques . . . . . | 18        |

# 1 Ensemble des chapitres :

[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21]  
[22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31]

## 2 18 octobre

### 2.1 Question :

- Qu'est-ce que le blanc d'ordre supérieur ? [8]
- Qu'est-ce que la frange achromatique ? [8]
- Qu'est-ce que les teintes de Newton ? [8]
- Qu'est qu'un objet de phase ? [8]
- Qu'est-ce qu'un réseau ? [6]
- Qu'est-ce que le pas du réseau [6]
- Relation nombre de trait par unité de longueur / pas [6]
- Comment sont caractérisés chaque trait d'un réseau ? et vers où émettent ces traits ? [6]
- Qu'observe-t-on après l'éclairage d'un réseau par un laser Hélium-Néon ? [6]

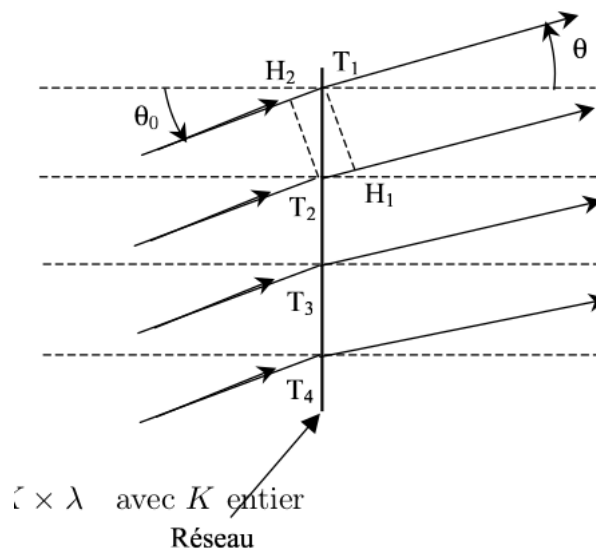
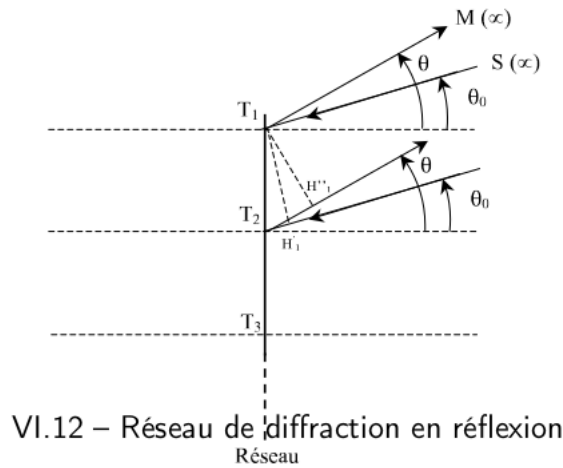


FIGURE 1 – Réseau en transmission

- Différence de marche entre deux ondes consécutives. [6]
- Rappeler la relation fondamentale des réseaux en transmission. [6]
- Qu'est-ce que l'ordre d'interférence du réseau ? [6]
- Pour quel ordre obtient-on les conditions de l'optique géométrique ? [6]



VI.12 – Réseau de diffraction en réflexion  
Réseau

FIGURE 2 – Réseau en réflexion

- Rappeler la relation fondamentale des réseaux en réflexion. [6]
- Quelle expérience met en évidence la présence d'un minimum de déviation ? [6]
- Comment s'écrit la déviation ? Comment l'exploiter. [6]
- Cas intéressant de  $\theta_K$  en fonction de  $\theta_0$ . [6]
- Relation du minimum de déviation. [6]
- **Reprendre ici**
- Qu'est-ce que le pouvoir dispersif d'un réseau ? Donner la formule [6]
- Pour un réseau éclairé en incidence normale  $\theta_0 = 0$  par deux radiations  $\lambda_1 < \lambda_2$ , que dire ; selon  $K$ , de la déviation ? [6]
- A quel cas peut-on opposer cela ? (Cas du prisme) [6]
- Valeur de  $\Delta\varphi$  [6]
- Méthode pour calculer la fonction de réseau. [6]
- Formule fonction de réseau et intensité. [6]
- Périodicité de  $R(\Delta\varphi)$  [6]
- Cas d'annulation de  $R(\Delta\varphi)$  [6]
- Cas des maxima primaires : Conditions et conséquences pour  $R(\Delta\varphi)$ . [6]
- Que représente  $N$  ? [6]
- $R(\Delta\varphi)$  dans le cas des maxima primaires et largeur du pic central. [6]
- Valeur de  $\Delta(\Delta\varphi)$  largeur du pic central. [6]

## 2.2 Remarques

- Pourquoi  $\theta_0$  dépend de  $\theta_K$  ? [6]
- Pourquoi  $R(\Delta\varphi)$  est  $2\pi$ -périodique et pas  $\frac{2\pi}{N}$ -périodique ? [6]

### 3 19 octobre

#### 3.1 Question :

- Par rapport à quelle variable peut-on écrire  $R$  la fonction de réseau ? [6]
- Valeur de la largeur du pic central par rapport à  $\Delta(\sin(\theta))$  [6]

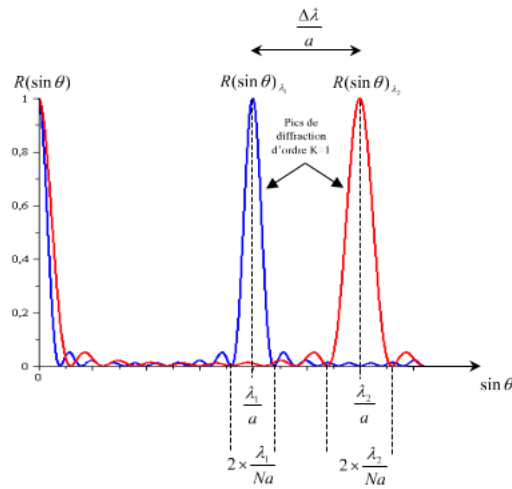


FIGURE 3 – Résolution totale de deux radiations  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$

- Cas du pouvoir séparateur d'un réseau. Valeurs des pics des doublets de sodium, largeur du pic et distance entre les deux pics. [6]
- Qu'est-ce que le critère de Rayleigh ? [6]
- Que vaut les paramètres dans le cas limite d'après le critère de Rayleigh ? [6]
- Définir le pouvoir de résolution. [6]
- Expression de la loi de Coulomb [9]

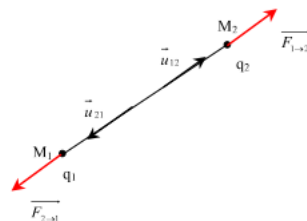


FIGURE IX.1 – Définition de la loi de Coulomb (ici dans le cas  $q_1q_2 > 0$ )

FIGURE 4 – Schéma de la loi de Coulomb (cas  $q_1q_2 > 0$ )

- Valeur de la permittivité dans un milieu autre que le vide. [9] diélectrique du vide [9]
- Analogie Loi de Coulomb / Gravitation [9]
- Qu'est-ce que le rayon de Bohr ? [9]
- Valeur du rayon de Bohr [9]
- Lien champ électrostatique / force électrostatique.(charge ponctuelle  $q$ ) [9]
- Lien champ électrostatique / force électrostatique.( $n$  charges ponctuelles  $q_i$ ) [9]
- Exemple du champ produit par un triangle équilatéral dont les sommets sont de charges  $(2q, q, q)$  [9]
- Que vaut la charge portée à la surface d'une sphère métallique en cuivre de rayon  $R$  portée à un potentiel  $V_1$ . [9]
- Comment calculer le nombre de charges négatives en défaut et le nombre total de charges mobiles ? [9]
- Comment caractériser la charge dans la matière électrisée. Quel lien avec la continuité ? [9]

- Définir densité linéique de charge / densité surfacique de charge / densité volumique de charge. [9]
- Lien entre les trois modèles (cas du fil rectiligne de rayon  $r$  chargé) [9]
- Expression élémentaire des champs (en fonction des densités linéiques / surfaciques / volumiques de charge) [9]

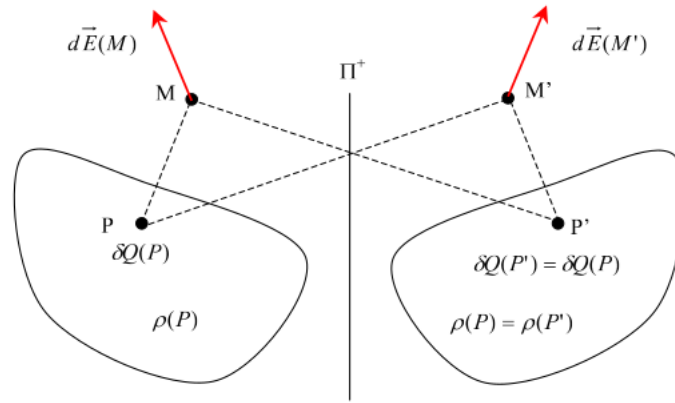


FIGURE IX.11 – Plan de symétrie d'une distribution de charge

FIGURE 5 – Plan de symétrie d'une distribution de charge

- Qu'est-ce qu'un plan de symétrie pour une distribution de charge. (Et sa notation) [9]
- Comment calculer  $d\vec{E}(M)$  ? [9]
- Conséquences d'un plan de symétrie sur le champ en deux points symétriques  $M$  et  $M'$ . [9]

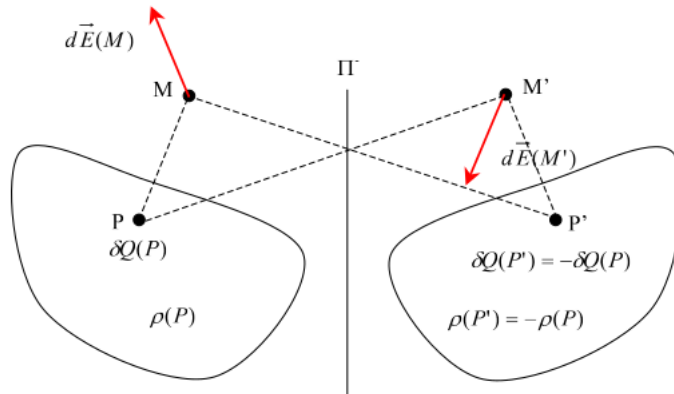


FIGURE IX.12 – Plan d'antisymétrie d'une distribution de charge

FIGURE 6 – Plan d'antisymétrie d'une distribution de charge

- Qu'est-ce qu'un plan d'antisymétrie pour une distribution de charge. (Et sa notation) [9]
- Comment calculer  $d\vec{E}(M)$  ? [9]
- Conséquences d'un plan d'antisymétrie sur le champ en deux points symétriques  $M$  et  $M'$ . [9]
- Qu'est-ce qu'une transformation isométrique du champ ? [9]
- Comment se transforme le champ lors d'une transformation isométrique ? [9]
- Que peut-on dire de l'invariance par translation ? [9]
- Que peut-on dire du champ lors d'une translation selon un axe ? [9]
- Que signifie l'invariance par rotation ? [9]
- Que peut-on dire du champ lors d'une rotation selon un axe ? [9]
- Pourquoi il ne faut pas établir un lien entre la dépendance du champ et sa direction ? [9]
- Rappeler le principe général de Curie. [9]
- Qu'est-ce que la circulation du champ électrique ? [9]
- Donner la formule de la circulation du champ  $\vec{E}$  entre le point  $A$  et  $B$ . [9]
- Que dire de la circulation du champ ? [9]
- Qu'est-ce que le potentiel électrostatique ? [9]
- Valeur du potentiel électrostatique (charge ponctuelle) [9]
- Lien potentiel électrostatique / circulation du champ [9]
- Valeur du potentiel électrostatique (distribution de  $n$  charges  $q_i$ ) [9]
- Lien circulation du champ / Différence de potentiel entre deux points. [9]

### 3.2 Remarques

- Peut-on avoir une distribution de charge non homogène.
- Existe-il une sorte d'aimant à charge ?
- Si oui, on peut imaginer un recouvrement systématique par translation vraie en pratique.

## 4 8 Novembre

### 4.1 Questions

- Superposition du potentiel électrostatique [9]
- Lien entre champ et potentiel. [9]
- Définir le gradient. [9]
- Lien entre  $dV$  et  $gradV$  [9]
- Définir le signe Nabla  $\nabla$  [9]
- Définir gradient en coordonnées cartésiennes / cylindriques / sphériques. [9]
- Sens physique du gradient. [32]
- Travail en fonction du potentiel électrostatique. [9]
- Définir l'énergie potentielle électrostatique [9]
- Cas d'une distribution de charges [9]
- Notion de surface orientée. [9]
- Définir flux élémentaire en surface ouverte. [9]
- Définir flux en surface fermée. [9]
- Cas du flux élémentaires créé par une charge ponctuelle. (surface ouverte) [9]
- Définir l'angle solide élémentaire. [9]
- Valeur de l'angle solide total. [9]
- Cas du flux élémentaire créé par une charge ponctuelle. (surface fermée) [9]
- Enoncer le théorème de Gauss. [9]
- Rappeler les stratégies de mise en oeuvre. [9]
- Rappeler toutes les putains de conditions sur le théorème de Gauss. [9]
- Lien entre norme du champ par rapport à  $Q_{int}$  et  $S_i$ . [9]
- Comment choisir S la surface ? [9]
- Se remémorer les exos d'applications (a,b,c) (sphère / cylindre / **plan 1φni chargé en  $z = 0$** ) [9]

### 4.2 Remarques

- $f(x) = -\frac{dE_p(x)}{dx} \vec{u}_x$  dans le cas de forces conservatives. Condition nécessaire d'ailleurs pour qu'une force soit conservative. Cette relation peut-elle être assimilée dans le cas de plusieurs variables à :  $f(x, y, z) = -\overrightarrow{grad}E_p$

## 5 9 Novembre

### 5.1 Questions

- On a continuité de la composante tangentielle et discontinuité de la composante normale. [9]
- Comment obtenir le potentiel à partir du champ ? [9]
- Pourquoi le potentiel doit être continue ? [9]
- Intérêt de la continuité du potentiel. [9]
- Se remémorer les trois exemples. [9]
- Définir un condensateur. [9]
- Définir une armature. [9]
- A quoi ressemble un condensateur en influence totale. [9]
- Les charges doivent être au repos ; qu'est-ce que ça implique sur le champ. [9]
- Utiliser Gauss pour avoir la répartition des charges dans un condensateur. [9]
- Définir la capacité d'un condensateur. [9]
- Définir en pratique un condensateur plan. [9]



- Conditions pratiques d'un condensateur plan. [9]
- Calculer le champ produit par un condensateur plan. [9]
- Déterminer la capacité d'un condensateur plan. [9]
- Valeur de la capacité d'un condensateur plan. [9]
- Valeur de la permittivité dans un milieu autre que le vide. [9]
- Lois d'association des condensateurs / mnémotechnique. [9]
- Calculer l'énergie électrique emmagasinée dans un condensateur. [9]
- Comment obtenir les équations des lignes de champ. [9]
- Deux possibilités lorsque deux lignes de champ se coupent. Citer un exemple pour chacun. [9]
- Définir un tube de champ. [9]
- Qu'est-ce qu'une zone isopotentielle ? [9]
- Propriété du champ par rapport aux zones isopotentielles. [9]
- Comment est orienté le champ électrostatique ? [9]
- Qu'est-ce que le resserrement ou l'évasement ? [9]
- Que ce passe-t-il pour l'intensité du champ électrostatique lors d'un évasement / resserrement ? [9]
- Exemple de cartes de champs. Trouver les symétries et les zones équipotentielles. [9]
- Calculer le flux élémentaire du champ électrique à travers la surface fermée du méso-cube. [10]
- Définir la divergence. ( $\text{div}(\vec{E})$ ) [10]
- Qu'est ce que l'équation de Maxwell-Gauss. [10]
- Citer le théorème de Green-Ostrogradski. [10]
- Utilité de ce théorème. [10]
- Comment passer de la forme intégrale à la forme locale du théorème de Gauss ? [10]
- Donner la signification de la divergence. [10]
- Calculer la circulation élémentaire du champ électrostatique sur le contour fermé. [10]
- Définir la rotationnelle. ( $\text{rot}\vec{E}$ ) [10]
- Equation de Maxwell-Faraday de la statique. [10]
- Autre expression de  $\text{rot}\vec{E}$ . [10]
- Que remarque-t-on pour mémoriser plus facilement l'expression de  $\text{rot}\vec{E}$ . [10]
- Citer le théorème de Stokes-Ampère. [10]
- Utilité de ce théorème. [10]
- Donner la signification de la rotationnelle. [10]

## 5.2 Remarques

- $dV = \overrightarrow{\text{grad}V} \cdot d\vec{r}$ . S'agit-il simplement d'une dérivée directionnelle :  

$$dV = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{V(\vec{M} + h\vec{dr}) - V(\vec{M})}{h}$$
- Pas compris la notation suivante :  

$$V(B) - V(A) = dV_{\vec{dr}} = \overrightarrow{\text{grad}V} \cdot d\vec{r}$$
- La divergence au final, c'est la dérivée directionnelle donnée par le vecteur  $(1, 1, 1)$

## 6 15 Novembre

### 6.1 Questions

- Qu'est-ce que le Laplacien ? Définition avec les dérivées et avec le div. [10]
- Définir le Laplacien vectoriel [10]
- Equation de Poisson. Expression et preuve. [10]
- Résumé du problème de Dirichlet. [10]
- Que peut-on dire quand une dimension est très grande devant une autre ? [10]
- Analogie gravitation / Electrostatique. [10]
- Définition du vecteur densité volumique de courant. [11]
- Donner l'expression du courant. [11]
- Valeur du vecteur densité de courant dans le cas de plusieurs types de porteurs de charge. [11]
- Définition véritable du vecteur densité de courant. [11]
- $\vec{J}(M)$  en fonction de  $I(M)$  [11]

- $\vec{J}(M)$  en fonction de  $\vec{v}(M)$  [11]
- Equivalence 1D-3D. Ecrire  $\vec{J}(M)d\tau$  [11]
- Cas de la distribution surfacique. Et définition du vecteur densité surfacique de courant. [11]
- Rappeler le principe de Curie. [11]
- Donner la loi de Biot et Savart.  $d\vec{B}_P(M) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{J}(P) \wedge \overrightarrow{PM}}{PM^3} d\tau$  [11]

## 6.2 Remarques

—

## 7 16 Novembre

### 7.1 Questions

- Quelle est la conséquence ? [11]
- Dans un plan de symétrie  $\Pi^+$ , comment se comporte le vecteur force, le vecteur vitesse, et le vecteur champ magnétique. [11]
- Faire un léger rapprochement (largement faux) entre le champ magnétique et le champ électrostatique. L'un dans le cas d'un  $\Pi^+$ , l'autre dans le cas d'un  $\Pi^-$ . [11]
- Dans un plan d'antisymétrie  $\Pi^-$ , comment se comporte le vecteur force, le vecteur vitesse, et le vecteur champ magnétique. [11]
- Faire un léger rapprochement (largement faux) entre le champ magnétique et le champ électrostatique. L'un dans le cas d'un  $\Pi^-$ , l'autre dans le cas d'un  $\Pi^+$ . [11]
- Quel rapprochement peut-on faire entre les invariances dans le champ magnétiques et celles dans le champ électrostatique. [11]
- Sur quoi exactement se base le principe de Curie dans ce cours ? [11]
- Que ce passe-t-il pour le champs magnétique lors d'une translation ; d'une rotation ? [11]
- Définir le flux magnétostatique [11]
- Que peut-on dire du flux magnétostatique. [11]
- Quel est le lien avec la divergence de  $\vec{B}$  [11]
- Equation de Maxwell-Thomson. [11]
- Valeur de  $\vec{B}$  grâce à la loi de Biot Savart. [11]
- Définition de la circulation du champ magnétique. [11]
- Discussion en fonction de  $\Gamma$  [11]
- Citer le théorème d'Ampère. [11]
- Valeur de la perméabilité magnétique du vide. [11]
- Que vaut  $I_{enlace}$  dans le cas d'une distribution filiforme / volumique / surfacique. [11]
- Donner la stratégie de mise en œuvre. [11]
- Rappeler les conditions pour appliquer le théorème d'Ampère "idéal". [11]
- Que peut-on dire du champ magnétique ? [11]
- Comment faire pour utiliser Ampère dans le cas du solénoïde infini / de la nappe de courant ? [11]
- Rappeler l'équation de Maxwell-Ampère et sa "preuve". [11]
- Autour de quoi tourne le courant magnétostatique ? [11]
- Que se passe-t-il pour le champ magnétostatique lors d'un évasement / resserrement. [11]

### 7.2 Remarques

- Si un fil est enlacé 2 fois ? (c'est bon en fait)
- Continuité du champ magnétique complètement pété dans le cas du solénoïde infini.

—

## 8 19 Novembre

### 8.1 Questions

- Définir un dipole [12]
- Définir le moment dipolaire [12]
- Moment dipolaire dans le cas de  $n$  charges. (Voir chapitre 12 Fiches)
- Définir le Debye. [12]
- Définition du barycentre. [12]
- Calcul du potentiel électrostatique en approximation dipolaire. [12]
- Valeur du potentiel électrostatique en approximation dipolaire. [12]
- Valeur du champ électrostatique dipolaire. [12]
- Calculer le champ électrostatique dipolaire. [12]
- Définir les positions de Gauss. [12]
- Trouver l'équation des lignes de champs. [12]
- Trouver l'équation des isopotentielles. [12]
- Calculer le moment et la résultante des actions subies par un dipole plongé dans un champ électrostatique uniforme. [12]
- Calculer le moment et la résultante des actions subies par un dipole plongé dans un champ électrostatique non uniforme. [12]

### 8.2 Remarques

- Existe-t-il une formule reliant  $\chi$  et  $p$  ?

## 9 22 Novembre

### 9.1 Questions

- Lien entre la force et l'énergie potentielle. [12]
- Inexistence du monopole magnétique. [12]
- On a que des dipôles. [12]
- Comment le montrer ? [12]
- Définition du moment magnétique. [12]
- unité du moment magnétique. [12]
- Moment cinétique électronique. [12]
- Moment dipolaire électronique. [12]
- Rapport gyromagnétique de l'électron. [12]
- Idée de moment de spin. [12]
- Définition du magnéton de Bohr. [12]
- Ordre de grandeurs de moments magnétiques. [12]
- Analogie entre électrique et magnétique. [12]
- Retrouver l'équation des lignes de champs. [12]
- Retrouver la valeur des actions mécaniques subies par un dipôle magnétique plongé dans un champ magnétique extérieur uniforme. [12]
- Valeur des actions mécaniques subies par un dipôle magnétique plongé dans un champ magnétique extérieur non uniforme [12]
- Notion du flux coupé. [12]
- Travail des forces de Laplace sur un circuit lors du déplacement  $\vec{dr}$  [12]
- Théorème de Maxwell [12]
- Règle du flux maximal. [12]
- Equation de la conservation de la charge en 1D. [13]
- Equation de la conservation de la charge en 3D. [13]

### 9.2 Remarques

- Dans le cadre non statique, le monopole magnétique peut-il exister ?

- J'ai rien capté à l'histoire des  $m_\ell$

## 10 23 Novembre

### 10.1 Questions

- Retrouver la loi des noeuds en ARQS. [13]
- Retrouver l'équation de Maxwell-Ampère. [13]
- Que peut-on dire de l'intensité dans le condensateur. [13]
- Visualiser les effets du champ électrostatique sur le champ magnétique. (transport d'électricité) [13]
- Rappeler le phénomène d'induction. [13]
- Différence entre induction de Newmann et induction de Lorentz. [13]
- Retrouver la force électromotrice. [13]
- Rappeler la loi de Lenz-Faraday. [13]
- Retrouver l'équation de Maxwell-Faraday. [13]
- Donner les 4 équations de Maxwell en local et en global. [13]
- Valeur de la perméabilité du vide. [13]
- Valeur de la permittivité diélectrique du vide. [13]
- Lien entre  $\mu_0$  et  $\epsilon_0$  [13]
- Définition de l'ARQS. Ses critères de validité à redémontrer. [13]
- Bilan des équation de Maxwell en ARQS magnétique. [13]
- Définition de l'ARQS électrique. Ses caractères de validité à redémontrer. [13]
- Bilan des équations de Maxwell en ARQS électrique. [13]

### 10.2 Remarques

- Pour démontrer Maxwell-Faraday, on a utilisé le flux. Mais il est nul d'après Maxwell-Thompson.
- Qu'est-ce qui nous prouve que les champs engendrés convergent.
- $B_1 < B_0$  quoi qu'il arrive.

## 11 29 Novembre

### 11.1 Questions

- Quelles équations permettent de déduire que  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  sont couplés. [13]
- Quelles équations sont constitutives des champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  [13]
- Retrouver l'équation de d'Alembert pour le champ  $\vec{E}$  et pour le champ  $\vec{B}$  [13]
- Retrouver la loi D'Ohm locale. [14]
- Ordre de grandeurs de  $\gamma$  [14]
- Retrouver la valeur de la résistance cas général et dans le cas d'un conducteur ohmique cylindrique de sections  $S$  droite et de longueur  $L$ . [14]
- Retrouver la puissance cédée aux porteurs de charge. [14]
- Retrouver les 2 causes de variation de l'énergie du champ électromagnétique. [14]
- Retrouver l'identité de Poynting. [14]
- Valeur du vecteur de Poynting. [14]
- Qu'est-ce que la densité volumique d'énergie électromagnétique / électrique / magnétique. [14]
- Théorème de Poynting. [14]
- Ordre de grandeur de flux surfaciques. [14]
- Ordre de grandeur  $\frac{\epsilon_m}{\epsilon_e}$  [14]

### 11.2 Remarques

- La puissance rayonnée est relative au volume ou au champ électromagnétique ?
-

## 12 30 Novembre

### 12.1 Questions

- Retrouver l'EDA 1D (corde) [15]
- Retrouver l'EDA 1D (Câble coaxial) [15]
- Quelles sont les variables "bonnes sa mère". Et pourquoi elles sont trop bonnes. [15]
- Retrouver l'EDA 1D avec les bonnes variables. [15]
- 

### 12.2 Remarques

- Notation complexe dérivée partielle.

## 13 2 Décembre

### 13.1 Questions

—

### 13.2 Remarques

—

## 14 6 Décembre

### 14.1 Questions

- Définir une onde plane. [15]
- Qu'est-ce que le plan d'onde. [15]
- Comment passer de l'EDA 3D à l'EDA 1D ? [15]
- Définition de l'OPPH. [15]
- Problème de l'OPPH. [15]
- Utilité de la synthèse de Fourier sur l'OPPH. [15]
- Ecrire la synthèse de Fourier sur l'OPPH. [15]
- Ordre de grandeur Spectre électromagnétique. [15]
- Définit la vitesse de phase. [15]
- Qu'est-ce qu'un milieu non dispersif. [15]
- Transformation des opérateurs. [15]
- Equation de Maxwell avec les opérateurs en complexe. [15]
- Qu'est-ce que la relation de structure de l'onde plane. [15]
- Qu'est-ce que l'étude de la polarisation d'une OPPH. [15]
- Mener l'étude sur le champ électrique. [15]
- Définir polarisation rectiligne et circulaire. [15]
- Faire l'énergétique d'une OPPH. [15]
- Retrouver la vitesse de transport de l'énergie d'un OEM. [15]
- Comment calculer l'énergie d'un un volume élémentaire. (2 façons.) [15]
- Valeur moyenne en complexe. [15]

### 14.2 Remarques

- Pour déterminer le sens de parcourt de l'onde dans le cas  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ , pouvait-on utiliser le rotationnel.

### 14.3 Questions

- Polarisation par dichroïsme. [15]
- Retrouver la loi de Malus. [15]

- Que peut-on dire sur le plasma (fréquence) [16]
- Définir un plasma [16]
- Quelles sont les hypothèses retenues ici ? [16]
- Calculer le rapport entre  $\vec{f}_{\text{magn}}$  et  $\vec{f}_{\text{el}}$  [16]
- Quelles autres forces considérer ? [16]
- Pourquoi c'est le même  $\tau$  ? [16]
- Appliquer le RFD et retrouver  $\vec{J}$ , puis par loi d'Ohm locale, retrouver  $\underline{\gamma}$  la conductivité complexe du plasma. [16]
- Que dire dans le cas où le gaz est plusieurs fois ionisé ? [16]
- Quelles sont les hypothèses pour un plasma dilué ? [16]
- Pourquoi ces hypothèses ? [16]
- En déduire la conductivité complexe simplifiée et le formalisme réel de  $\vec{J}$  [16]
- Ecrire la conservation de la charge puis en déduire une pulsation de plasma. Que peut-on en déduire selon les cas  $\omega = \omega_p$  et  $\omega \neq \omega_p$ . [16]
- Comment découpler les équations de Maxwell ? [16]
- Retrouver les équations de Maxwell complexe. [16]
- Quelle équation est modifiée par rapport à l'OPPH classique ? [16]
- Comment faire l'analogie avec le cas du vide ? [16]
- Qu'est-ce que la relation de dispersion. [16]
- Comment l'établir dans le cas du plasma ? 2 façons. [16]
- Qu'est-ce que la relation de Klein-Gordon. (relation de dispersion du plasma) [16]
- Que peut-on dire de la relation de dispersion du plasma ? [16]
- Retrouver  $v_\varphi$  dans le cas  $\omega > \omega_p$ . [16]
- Pourquoi  $v_\varphi > c$  ne pose pas de problème ? [16]
- Qu'est-ce que le domaine fréquentiel de transparence du plasma ? [16]
- Pourquoi le milieu du plasma est dispersif ? [16]
- Définir l'indice optique. [16]
- Qu'est-ce que le terme d'atténuation, comment le retrouver ? [16]
- Qu'est-ce que le domaine fréquentiel d'opacité ? [16]
- Définir la profondeur caractéristique de pénétration de l'onde dans le plasma. [16]
- Définir la notion d'onde Eva naissante. [16]
- Définir l'indice d'extinction. [16]
- Que peut-on dire du plasma ? [16]
- Donner la structure de l'OEM dans les cas  $\omega > \omega_p$  et  $\omega = \omega_p$ . [16]
- 

## 14.4 Remarques

—

## 15 13 Décembre

### 15.1 Questions

- Dans le cas  $\omega > \omega_p$ . Que vaut la valeur moyenne du vecteur de Poynting. Que conclure ? [16]
- Dans le cas  $\omega < \omega_p$ . Faire la même étude. [16]
- Que dire de  $\underline{k}$  dans le cas du MLHI. [16]
- Qu'est-ce que  $n'$  et  $n''$  [16]
- Rappeler le caractère non réaliste de l'OPPH. [16]
- Cas d'une superposition de 2 ondes. Redonner toutes les notations. [16]
- Cas d'une superposition de 2 ondes. Retrouver vitesse de phase et vitesse de groupe. [16]
- Faire de même dans le cas de  $N$  ondes. [16]
- Retrouver période enveloppe et période apparente. [16]
- Faire le calcul pour  $\omega_m \gg \Delta\omega$ . [16]
- Vitesse de groupe pour un paquet d'onde étroit. [16]
- Qu'est-ce que le temps de relaxation ? [17]

- Que vaut la conductivité du conducteur pour  $\omega\tau \ll 1$ ? [17]
- Que dire du comportement du métal vis à vis du champ électromagnétique? [17]

## 15.2 Remarques

—

## 16 15 Décembre

### 16.1 Questions

- Cadre de l'effet Kelvin. [17]
- En déduire les équations de diffusion. [17]
- Qu'est-ce que le coefficient de diffusion? [17]
- Refaire l'exo du cours. [17]
- Retrouver alors la valeur du champ magnétique puis du champ électrique puis la valeur de l'épaisseur de peau. [17]
- Ordre de grandeur épaisseur de peau. [17]
- Qu'est-ce qu'un conducteur parfait? [17]
- Donner les relations de passage vide / conducteur. [17]
- Que dire des champs électriques et magnétiques à proximité de la surface d'un conducteur parfait? [17]
- Retrouver la loi de Descartes de la réflexion sous forme vectorielle et angulaire. [17]

—

## 16.2 Remarques

—

## 17 3 Janvier

### 17.1 Questions

- Qu'est-ce que l'expérience de Joule. Que donne-t-elle? [19]
- Que dire dans le cas d'un système subissant une transformation cyclique immobile? [19]
- Calorie en Joule. [19]
- Il en ressort une fonction d'état. Quelle est-elle? Cas immobile [19]
- Valeur de  $W_{pression}$ . [19]
- Pression en fonction de la force. [19]
- Énoncer la première loi de Joule. [19]
- Valeur de  $c_v$ . [19]
- Retrouver la première loi de Joule. [19]
- Définir l'enthalpie. [19]
- Valeur de  $\Delta H$  en transformation isobare. [19]
- Énoncer la seconde loi de Joule. [19]
- valeur de  $c_p$ . [19]
- Énoncer le premier principe cas non immobile. [19]
- Rappeler la loi de Laplace. [19]
- Rappeler les relations de Mayer. [19]
- Définition de l'entropie. (fonction d'état!!!!!!) [19]
- Définir l'entropie créée et l'entropie échangée. (pas fonction d'état!!!!!!) Valuer de l'échangée. [19]
- Que dire de la transformation par rapport à la valeur de l'entropie créée. [19]
- Voir le cours qu'un BG qui s'appelle Néo a écrit.

- Rappeler la première identité thermodynamique. La retrouver. (Attention aux hypothèses) <sup>1</sup> [19]
- Définir température thermodynamique / pression thermodynamique / rapport  $\frac{\text{pression thermodynamique}}{\text{température thermodynamique}}$ . [19]
- Reprendre les notations pour les systèmes ouverts. [19]
- Rappeler les trois étapes que l'on va mener. <sup>2</sup>

## 17.2 Remarques

—

# 18 4 Janvier

## 18.1 Questions

- Mener les trois étapes sur le système ouvert. (Bilan de masse / Bilan d'énergie / Application du premier principe) [19]
  - Donner alors les 3 versions du bilan enthalpique. [19]
  - Formuler de même le second principe sur le système ouvert. [19]
  - Qu'est-ce que le taux de création d'entropie ? [19]
  - Rappeler l'exemple de la détente de Joule-Kelvin
  - Rappeler l'exemple de la Tuyère. [19]
  - Rappeler l'exemple de l'échangeur thermique. [19]
  - Que représente-t-on dans un diagramme  $(P, H)$  monophasé. [19]
  - Représenter chacune des courbes dans un diagramme  $(P, H)$  monophasé. [19]
  - Utiliser le diagramme  $(P, H)$  monophasé pour l'exemple du détendeur et du compresseur. [19]
  - Que représente-t-on dans un diagramme  $(P, H)$  diphasé. [19]
  - Représenter chacune des courbes dans un diagramme  $(P, H)$  diphasé. [19]
  - Rappeler le théorème du moment. Le retrouver. <sup>3</sup> [19]
  - Utiliser le diagramme  $(P, H)$  diphasé dans le cas du réfrigérateur à tétrafluoroéthane *R134a* [19]
  - Définir le COP. [19]
  - Définir l'équilibre physicochimique. [22]
  - Condition de l'équilibre mécanique. [22]
  - Condition de l'équilibre thermique. [22]
  - Définir l'équilibre osmotique. [22]
  - Donner les trois paramètres intensifs possibles en fonction de l'équilibre considéré. [22]
  - Quel est le jeu naturel des variables extensives de  $U$  cas des systèmes physiques ? et pourquoi [22]
  - Quel est le jeu naturel des variables extensives de  $U$  cas des systèmes physicochimiques ? et pourquoi [22]
  - Calculer la différentielle de  $U$  dans le cas des systèmes physicochimiques. [22]
  - Définir alors le potentiel chimique puis la pression thermodynamique et la température thermodynamique [22]
  - Cas du système physique non fermé (petite appartée) [22]
  - Faire de même avec l'entropie. Définir de même chaque truc. [22]
  - Que dire du sens d'évolution (vers quel équilibre) quand l'une des variables varie. [22]
- 

## 18.2 Remarques

—

---

1. [http://www.mmelzani.fr/documents/2018-2019/part2\\_thermodynamique/subtilites\\_1er\\_identite.pdf](http://www.mmelzani.fr/documents/2018-2019/part2_thermodynamique/subtilites_1er_identite.pdf)

2. Bilan de matière / Bilan d'énergie / Application du premier principe

3.  $H_X = H_\ell + H_g$  puis  $m h_X = m_\ell h_\ell + m_g h_g$  donc  $h_X = (1 - x_g) h_\ell + x_g h_g$  Finalement,  $x_g = \frac{h_X - h_\ell}{h_g - h_\ell}$



### 18.3 Questions

- Qu'est-ce que l'expérience de Hertz ? [18]
- Définir un dipôle oscillant. [18]
- D'où vient la variation du moment dipolaire ? [18]
- Moment dipolaire oscillant d'un nuage électronique. Le retrouver [18]
- Moment dipolaire oscillant d'une antenne. [18]
- Rappeler les conditions de rayonnement. [18]
- Définir les trois échelles de longueur pertinentes. [18]
- Définir l'approximation dipolaire. [18]
- Définir l'approximation non relativiste. [18]
- Définir l'hypothèse de la zone de rayonnement. [18]
- Dans le cas du dipole oscillant, dans quelles approximations est-on ? [18]
- Expression du temps de retard. [18]
- Ecriture du temps de retard dans le cas d'une distribution plus étendue. [18]
- Définition de anisotropie, cas de  $\vec{B}$ . [18]
- Que peut-on dire du dipole oscillant concernant l'énergie sur son axe. [18]
- Expression du champ électrique et du champ magnétique dans le cas du dipole oscillant en tout point. [18]
- Donner les trois cas auquel on peut être confronté dans le cas d'un dipole oscillant. [18]
- Valeur du champ magnétique et du champ électrique rayonné à grande distance par un dipôle oscillant. [18]
- Rappeler ici la structure d'onde plane de l'onde rayonnée. [18]
- Qu'est-ce que l'indicatrice de rayonnement ? [18]
- Comment calculer la puissance totale. [18]
- Donner la formule de Larmor, la retrouver. [18]
- Réutiliser le modèle de l'électron élastiquement lié pour retrouver le moment dipolaire. [18]
- Mener ensuite l'étude de la puissance rayonnée. [18]
- Qu'est-ce que la diffusion de Rayleigh, de Thompson ? [18]
- Comment en déduire que le ciel est bleu ? [18]

### 18.4 Remarques

—

## 19 10 Janvier

### 19.1 Questions

- Rôle de l'énergie potentielle. (en mécanique) [22]
- Lien entre énergie potentielle et entropie. Quand est-ce utile ? <sup>4</sup> [22]
- Jeu de variable naturel de  $S$ . [22]
- Que dire de l'entropie d'un système **isole** ? de son maximum ? [22]
- Qu'est-ce que la détente de Joule-Gay-Lussac ? [22]
- Comment calculer une variation d'entropie sans utiliser la première identité thermodynamique ?  
Le faire dans le cas de la détente de Joule-Gay-Lussac. [22]
- Comment retrouver l'équilibre d'un système ? [22]
- Retrouver l'équilibre thermique et l'équilibre mécanique et l'équilibre osmotique à l'aide de l'entropie d'un système isolé  $\Sigma_1 + \Sigma_2$ . [22]
- Donner la valeur des composantes différentielles de  $U$  et de  $S$  en fonction du potentiel chimique thermodynamique / de la température thermodynamique / de la pression thermodynamique. [22]
- Problème de l'entropie comme fonction d'état caractérisant le potentiel. [22]
- Introduire l'enthalpie libre. Quel est son rôle et quand l'utiliser <sup>5</sup> [22]

---

4. cas  $\Sigma$  isolé

5. Cas monotherme, monobare

- Décrire le phénomène de convection naturelle. [20]
- Décrire le phénomène de convection forcée. [20]
- Décrire le phénomène de rayonnement. [20]
- Que dire du rayonnement de tout corps de  $T > 0$  <sup>6</sup> [20]
- Comment que ça marche le corps noir déjà. [20]
- Que retenir du transfert d'énergie par rayonnement ? <sup>7</sup> [20]
- Décrire l'expérience d'Ingen Ousz. Quel résultat implique-t-elle ? [20]
- Définir le flux thermique. (courant thermique) Et donner son unité. [20]
- Définir la densité de flux thermique surfacique. [20]
- Lien entre flux thermique et flux thermique surfacique. [20]
- Quelle propriété possède la densité de flux thermique surfacique ? [20]
- Définir le vecteur densité volumique de flux thermique. [20]
- Quelle propriété se propage au vecteur densité volumique de flux thermique ? [20]
- Quelle condition doit-on avoir pour définir la température habituellement. Comment la définir ? [20]
- Quelle problème cette définition pose-t-elle ? [20]
- Définir alors la température dans le cas de la conduction thermique. [20]
- Définir les conditions de validité. [20]
- Donner la loi de Fourier. Sur quoi s'appuie-t-elle ? Donner ses conditions d'application [20]
- Définir la conductivité thermique et donner son unité. [20]
- Ordre de grandeur de quelques matériaux. [20]
- Loi de Fourier cas unidimensionnel. [20]
- Définir la capacité thermique élémentaire d'un système. [20]
- Quelle remarque peut-on faire dans le cas d'un milieu condensé. [20]
- Donner l'expression du premier principe dans le cas général. La retrouver. [20]
- Trouver une expression de  $\mathcal{P}_{autre}$  [20]
- Trouver une expression de  $dI_Q$  dans le cas  $1D$ . [20]
- Donner l'équation de la diffusion de la chaleur  $1D$  (à l'aide du premier principe et de la loi de Fourier) [20]
- Définir le coefficient de diffusion thermique. [20]
- Rappeler l'effet de peau. [20]
- 

## 19.2 Remarques

—

## Références

- [1] Graye. Chapitre 1. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electrocinétique/Signaux\\_periodiques.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electrocinétique/Signaux_periodiques.pdf).
- [2] Graye. Chapitre 2. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electrocinétique/Traitementnum.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electrocinétique/Traitementnum.pdf).
- [3] Graye. Chapitre 3. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Mécanique/Referentiels\\_non\\_galileens.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Mécanique/Referentiels_non_galileens.pdf).
- [4] Graye. Chapitre 4. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Mécanique/Lois\\_frottement\\_solide\\_final.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Mécanique/Lois_frottement_solide_final.pdf).
- [5] Graye. Chapitre 5. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Optique/Modele\\_scalaire\\_onde\\_lumineuse.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Optique/Modele_scalaire_onde_lumineuse.pdf).
- [6] Graye. Chapitre 6. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Optique/Superposition\\_ondes\\_lumineuses.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Optique/Superposition_ondes_lumineuses.pdf).

---

6.  $u_{em} = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$

7. Sans contact, sans matière, par OEM

- [7] Graye. Chapitre 7. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Optique/DF0\\_Trous\\_Young.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Optique/DF0_Trous_Young.pdf).
- [8] Graye. Chapitre 8. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Optique/DA\\_Interferometre\\_Michelson.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Optique/DA_Interferometre_Michelson.pdf).
- [9] Graye. Chapitre 9. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Electrostatique/Champ\\_E\\_Coulomb\\_symetrie.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Electrostatique/Champ_E_Coulomb_symetrie.pdf).
- [10] Graye. Chapitre 10. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Electrostatique/Formulation\\_locale\\_ES\\_analog\\_Gravitation.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Electrostatique/Formulation_locale_ES_analog_Gravitation.pdf).
- [11] Graye. Chapitre 11. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Magnetostatique/Champ\\_B\\_Theoreme\\_Ampere.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Magnetostatique/Champ_B_Theoreme_Ampere.pdf).
- [12] Graye. Chapitre 12. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Dipoles/Dipoles.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Dipoles/Dipoles.pdf).
- [13] Graye. Chapitre 13. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Equations\\_Maxwell/Equations\\_Maxwell.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Equations_Maxwell/Equations_Maxwell.pdf).
- [14] Graye. Chapitre 14. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/Energie\\_electromagnetique/Energie\\_electromagnetique.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/Energie_electromagnetique/Energie_electromagnetique.pdf).
- [15] Graye. Chapitre 15. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/OEM\\_vide/OEM\\_vide.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/OEM_vide/OEM_vide.pdf).
- [16] Graye. Chapitre 16. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/OEM\\_plasmas/OEM\\_plasmas.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/OEM_plasmas/OEM_plasmas.pdf).
- [17] Graye. Chapitre 17. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/OEM\\_reflexion/OEM\\_reflexion.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/OEM_reflexion/OEM_reflexion.pdf).
- [18] Graye. Chapitre 19. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Electromagnetisme/OEM\\_rayonnement/OEM\\_rayonnement.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Electromagnetisme/OEM_rayonnement/OEM_rayonnement.pdf).
- [19] Graye. Chapitre 19. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Thermodynamique/Premier\\_second\\_principe\\_syst\\_ouverts.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Thermodynamique/Premier_second_principe_syst_ouverts.pdf).
- [20] Graye. Chapitre 20. [https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers\\_personnels/Cours/Cours\\_physique/Thermodynamique/Conduction\\_convection.pdf](https://mp3montaignebdx.legtux.org/wp-content/Dossiers_personnels/Cours/Cours_physique/Thermodynamique/Conduction_convection.pdf).
- [21] Graye. Chapitre 21. <https://www.google.com/>.
- [22] Graye. Chapitre 1 - chimie. <https://google.com>.
- [23] Graye. Chapitre 2 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [24] Graye. Chapitre 3 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [25] Graye. Chapitre 4 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [26] Graye. Chapitre 5 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [27] Graye. Chapitre 6 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [28] Graye. Chapitre 7 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [29] Graye. Chapitre 8 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [30] Graye. Chapitre 9 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [31] Graye. Chapitre 10 - chimie. <https://www.google.com/>.
- [32] 4bluelbrown. Divergence and curl : The language of maxwell's equations, fluid flow, and more. <https://www.youtube.com/watch?v=rB83DpBJQsE>.