

# ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES CONDUCTEURS

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC\*

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

# ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES CONDUCTEURS

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC\*

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

# ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES CONDUCTEURS

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC\*

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

Onde électromagnétique dans le vide : facile !

# ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES CONDUCTEURS

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC\*

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

Onde électromagnétique dans le vide : facile !  
Comment le propage-t-elle dans la matière ... conductrice ?

# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

## 1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité
3. Approximation du « bon conducteur »

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique



# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité
3. Approximation du « bon conducteur »
4. Équation d'onde et relation de dispersion

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité
3. Approximation du « bon conducteur »
4. Équation d'onde et relation de dispersion
5. Interprétation : effet de peau

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique



# I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité
3. Approximation du « bon conducteur »
4. Équation d'onde et relation de dispersion
5. Interprétation : effet de peau
6. Aspect énergétique

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

### 1. Hypothèses d'étude

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma

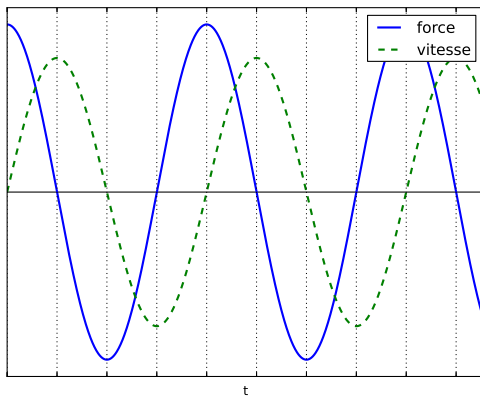
I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière



I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique



## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$

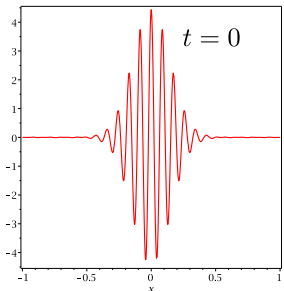
I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$



version animée

▶ passage0.mp4

▶ passage400.mp4

▶ passage800.mp4

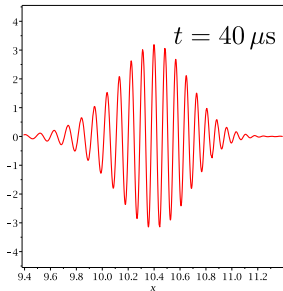
I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$



version animée

▶ [passage0.mp4](#)

▶ [passage400.mp4](#)

▶ [passage800.mp4](#)

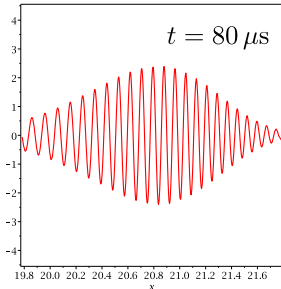
I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$



version animée

▶ passage0.mp4

▶ passage400.mp4

▶ passage800.mp4

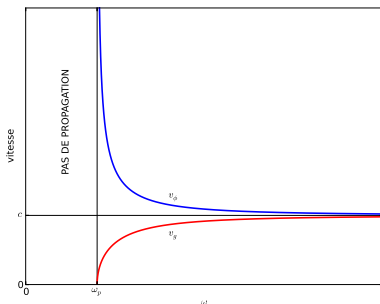
I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$



I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$
7. Cas où  $\omega < \omega_p$  (domaine « réactif »)
  - a. Caractère évanescent

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique



## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$
7. Cas où  $\omega < \omega_p$  (domaine « réactif »)
  - a. Caractère évanescent
  - b. Expression de  $\vec{B}$

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$
7. Cas où  $\omega < \omega_p$  (domaine « réactif »)
  - a. Caractère évanescent
  - b. Expression de  $\vec{B}$
  - c. Transport de l'énergie

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

# III. Généralisation, indice optique

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

# III. Généralisation, indice optique

## 1. Équation d'onde

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

## III. Généralisation, indice optique

1. Équation d'onde
2. Relation de dispersion

I. Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

II. Propagation d'une OEM dans un plasma dilué et froid

III. Généralisation, indice optique

### III. Généralisation, indice optique

1. Équation d'onde
2. Relation de dispersion
3. Interprétation : vitesse de phase et indice complexe

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

### III. Généralisation, indice optique

1. Équation d'onde
2. Relation de dispersion
3. Interprétation : vitesse de phase et indice complexe
4. Cas d'un isolant DLHI

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique

### III. Généralisation, indice optique

1. Équation d'onde
2. Relation de dispersion
3. Interprétation : vitesse de phase et indice complexe
4. Cas d'un isolant DLHI
5. Aspect énergétique

I. Propagation  
d'une OEM dans  
un conducteur  
ohmique

II. Propagation  
d'une OEM dans  
un plasma dilué  
et froid

III.  
Généralisation,  
indice optique