

# Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs

**Niveau** : L2

**Prérequis** :

- Ondes électromagnétiques dans le vide
- Equations de Maxwell
- Loi d'Ohm locale
- Vitesse de phase
- Equation d'Euler

# Exemple de conducteurs

Conducteur : milieu dans lequel se trouvent des charges libres de déplacer

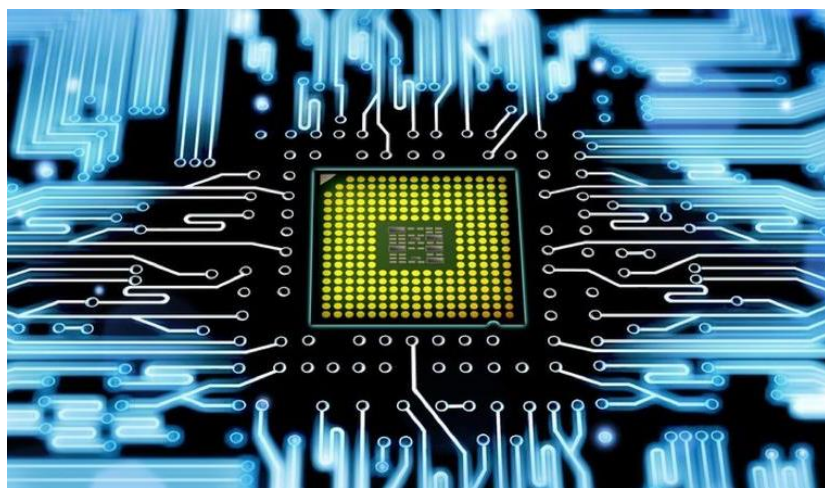
Métaux



Plasmas



Semi-conducteurs



Electrolytes







# Modèle de Drude

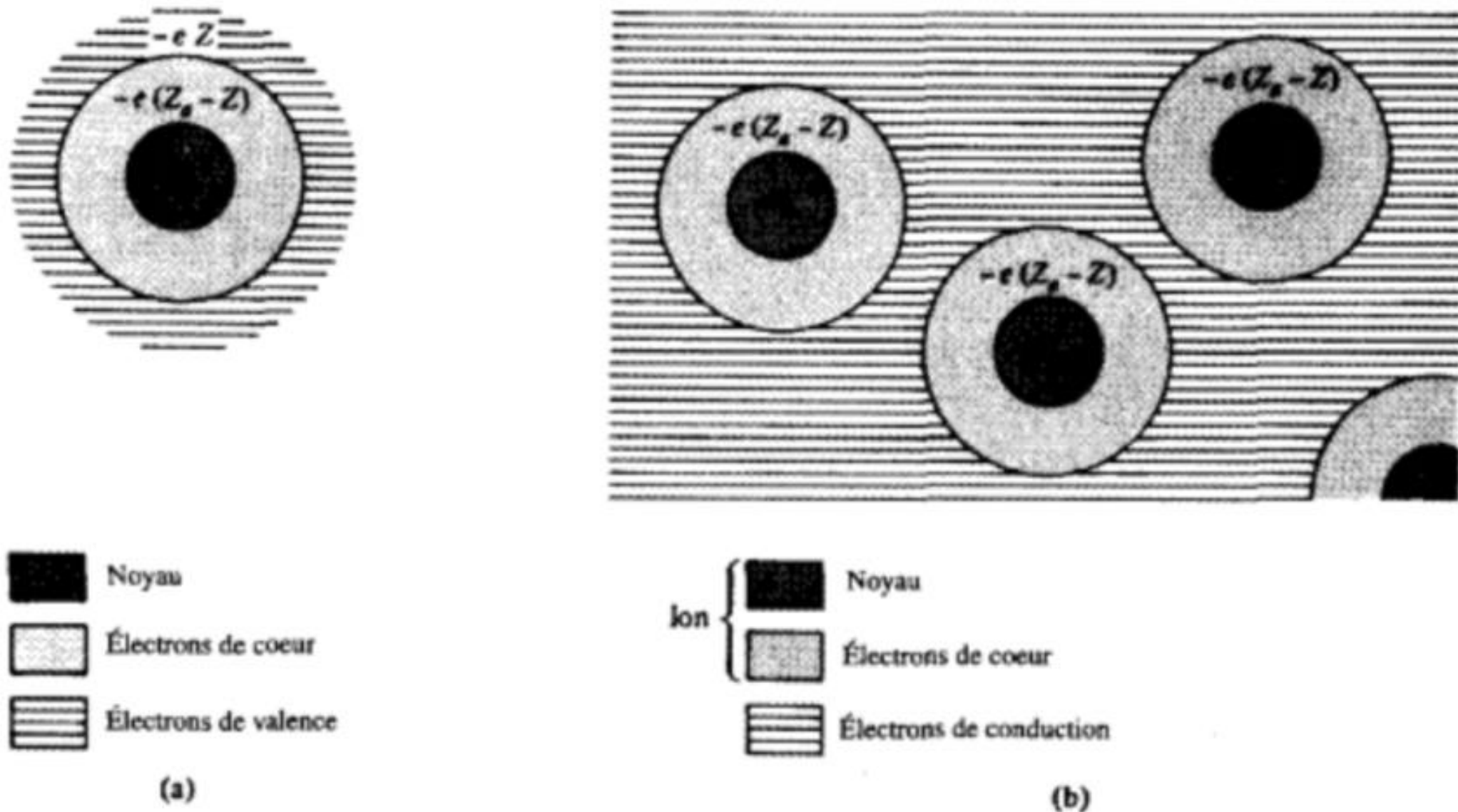
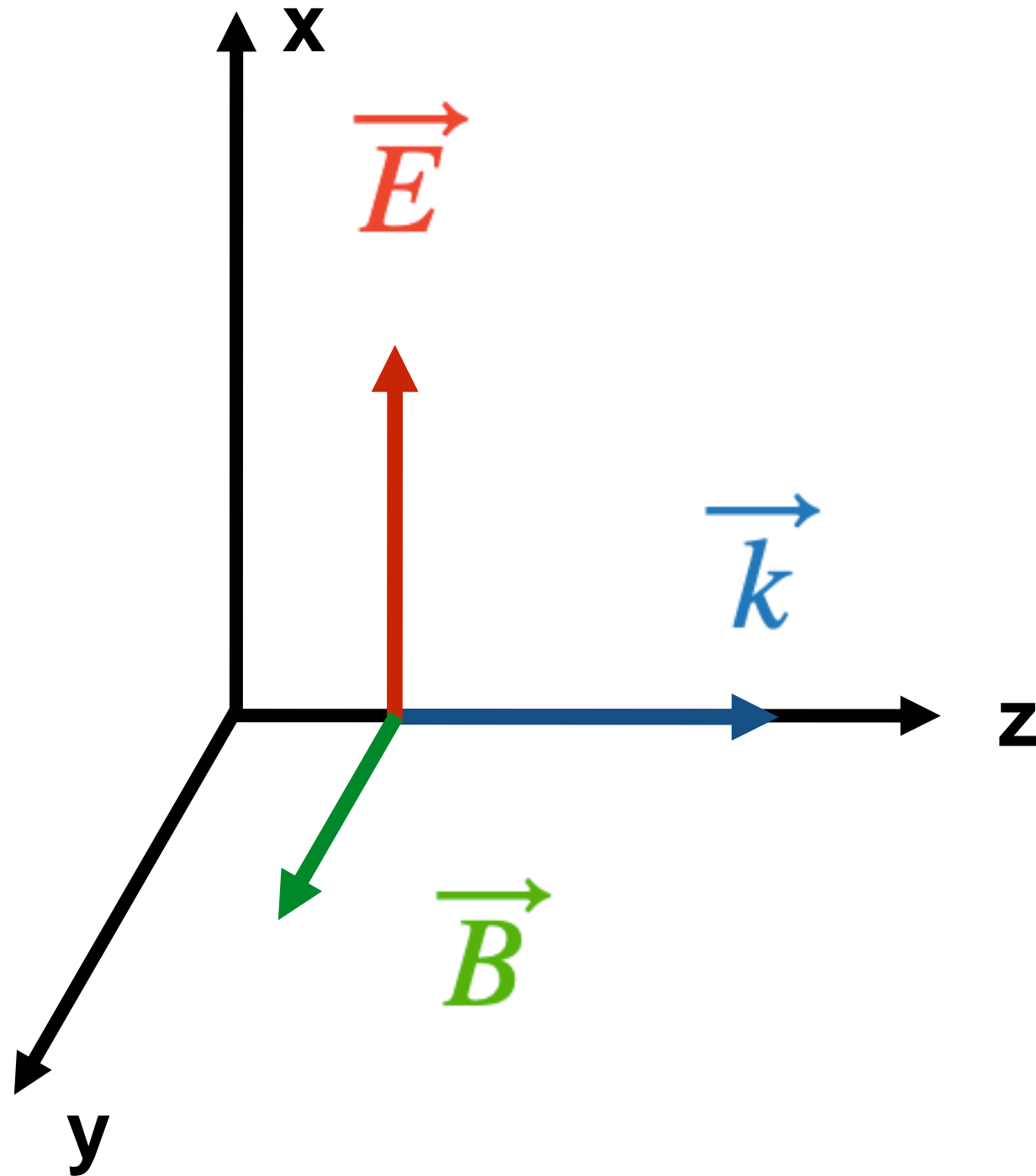


FIG. 1.1 – (a) Représentation schématique d'un atome isolé (l'échelle n'est pas réelle). (b) Dans un métal, le noyau et le cœur ionique maintiennent la configuration de l'atome libre, mais les électrons de valence quittent l'atome pour former un gaz d'électrons.



# Notations



# Equations de Maxwell

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{div}(\vec{E}) &= 0 \\ \operatorname{div}(\vec{B}) &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ onde transverse}$$

$$\vec{\operatorname{rot}}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\operatorname{rot}}(\vec{B}) = \mu_0 \cdot \vec{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$





Métal



$\omega$

Métal

Effet de peau



Onde  
progressive  
amortie

# Métal

## Effet de peau



Onde  
progressive  
amortie

Métal

Effet de peau

Miroir



Onde  
progressive  
amortie

Onde  
évanescente

# Métal

Effet de peau

Miroir

Transparent



Onde  
progressive  
amortie

Onde  
évanescente

Onde  
progressive

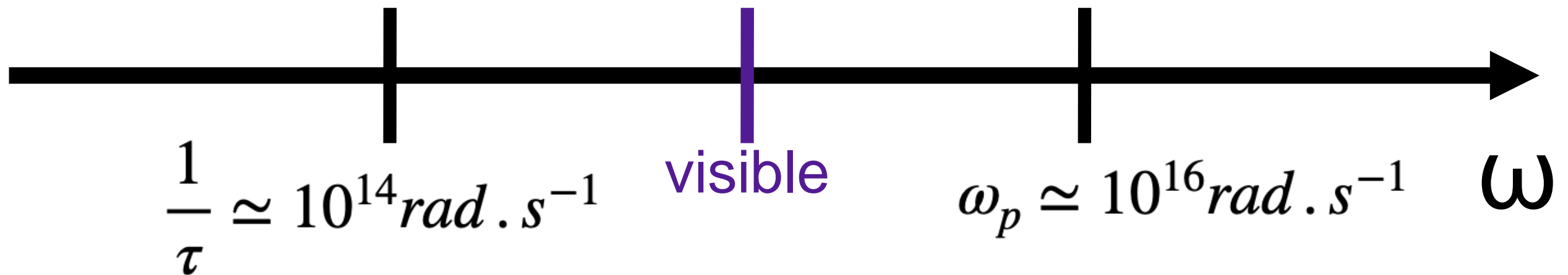
# Métal

Effet de peau

Miroir

Transparent

$$\omega \simeq 10^{15} \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$



Onde  
progressive  
amortie

Onde  
évanescente

Onde  
progressive





# Plasma

Type de plasma	densité particulière n
ionosphère (couche F, altitude 250 km)	$10^{12} m^{-3}$
Foudre	$10^{21} m^{-3}$
Etoiles	$10^{33} m^{-3}$

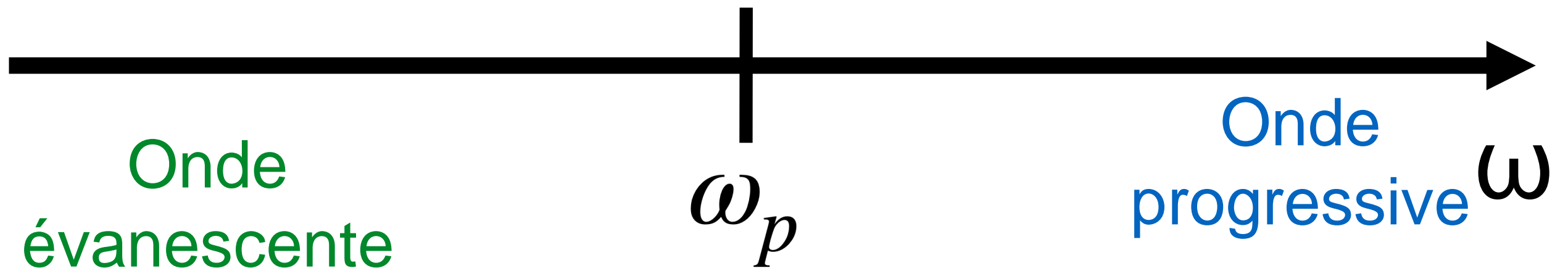
Densité de particules de quelques plasmas typiques



# Plasma

**Miroir**

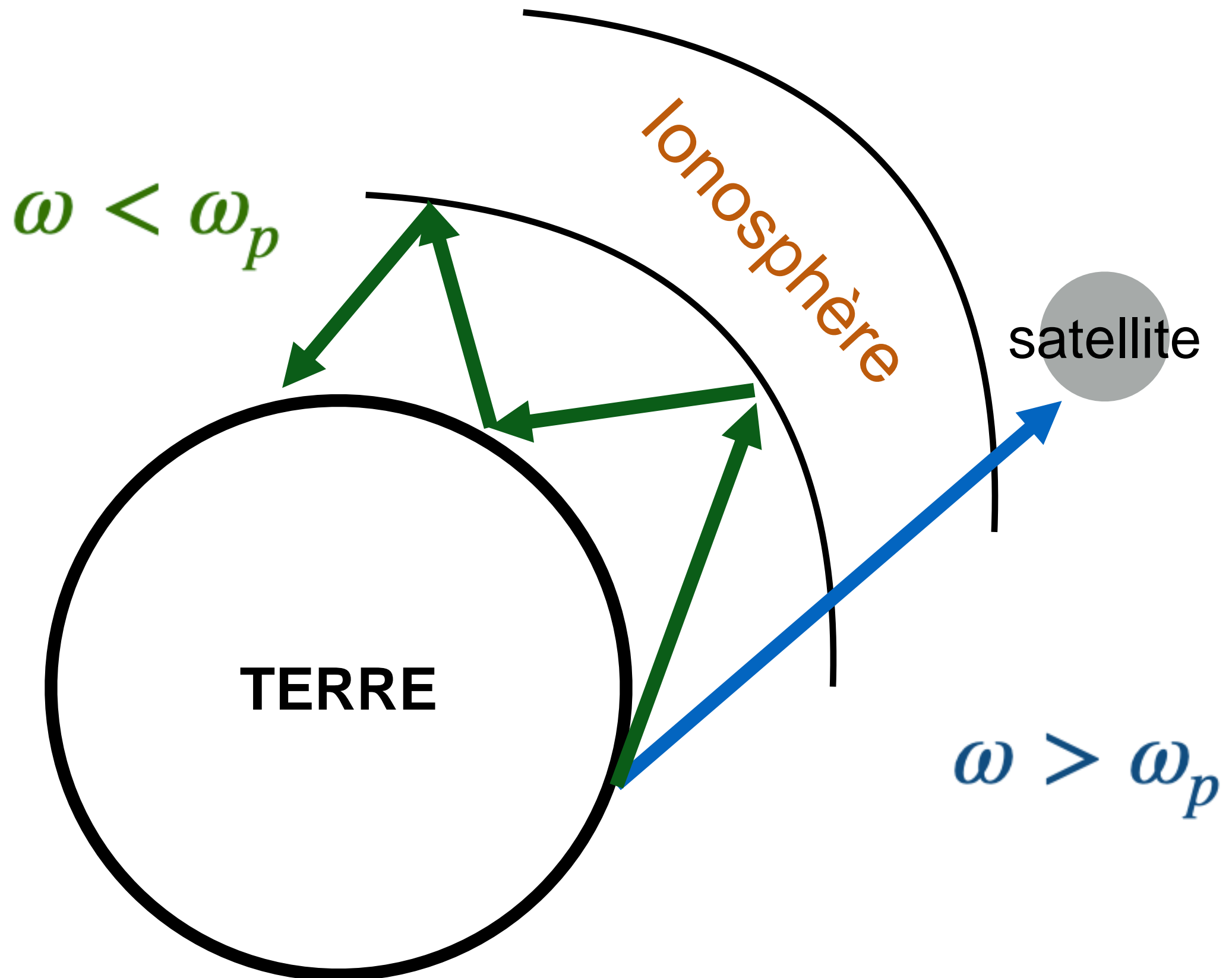
**Transparent**



→ onde réfléchi

→ onde se propage dans le milieu

# Ionosphère







# **I) Ondes électromagnétiques dans les métaux**

- A) Modèle de Drude
- B) Relation de structure
- C) Relation de dispersion
- D) Etude des différents régimes

# **II) Ondes électromagnétiques dans les plasmas**

- A) Modèle microscopique
- B) Equations caractéristiques
- C) Application à la communication