

OPTIQUE
GÉOMÉTRIQUE

MOTIVATIONS :

- ☼ Maîtriser les applications de l'OG dans les conditions de Gauss :
 - > par construction géométrique
 - > par le calcul

- ☼ Maîtriser les lois de Descartes

- ☼ Introduction aux méthodes de mesure [TP]

- Prérequis :
- Lois de Descartes
 - Géométrie de base
 - Trigonométrie de base
 - Dérivation de fonctions simples

OG 0 : INTRODUCTION À L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Objectifs : Définir le domaine de validité de l'optique géométrique

Comprendre les principes qui régissent la propagation de la lumière et la notion de rayon lumineux.

Maîtriser les lois de Snell-Descartes.

1 - NATURE DE LA LUMIÈRE ET MILIEU OPTIQUE

α - Nature de la lumière

β - Indice optique

γ - Temps de propagation

δ - Variation de l'indice

ε - Les milieux T.H.I

2 - APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

α - Définition de l'approximation géométrique

β - Notion de rayon lumineux

3 - MODÉLISATION EMPIRIQUE DES LOIS DE RÉFLEXION ET DE RÉFRACTION.

α - Lois empiriques de Descartes

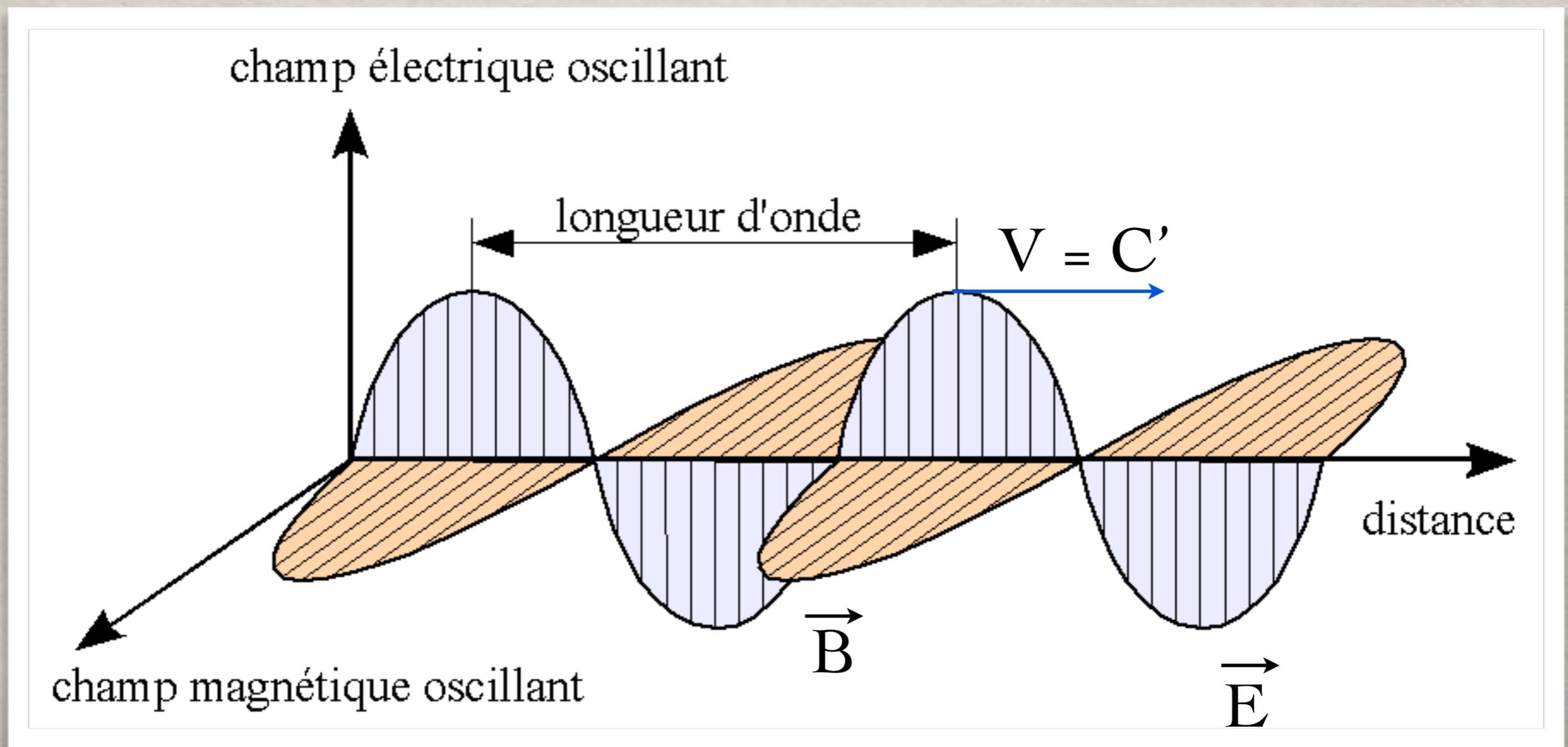
β - Incidence critique et réflexion totale

4 - LE PRINCIPE DE RETOUR INVERSE DE LA LUMIÈRE

1 - NATURE DE LA LUMIÈRE ET MILIEU OPTIQUE

α - NATURE DE LA LUMIÈRE

C'est l'oscillation d'un champ électromagnétique qui se propage à la vitesse de la lumière.



β - INDICE OPTIQUE

$$n \equiv \frac{C_0}{C'}$$

$$(n > 1)$$

«égal par
définition»

Milieu	indice n
vide	1
air	1,00029
eau	1,33
plexiglass	1,5
verre (crown)	1,52
verre (flint)	1,8
Diamant	2,4

γ -TEMPS DE PROPAGATION

A chercher :

**Soit L une distance physique entre deux points A et B
Calculer le temps de parcours :**

- dans le vide
- dans un milieu d'indice n

* Dans le vide :

* Dans un milieu d'indice n :

* Notion de distance optique :

— A déduire —

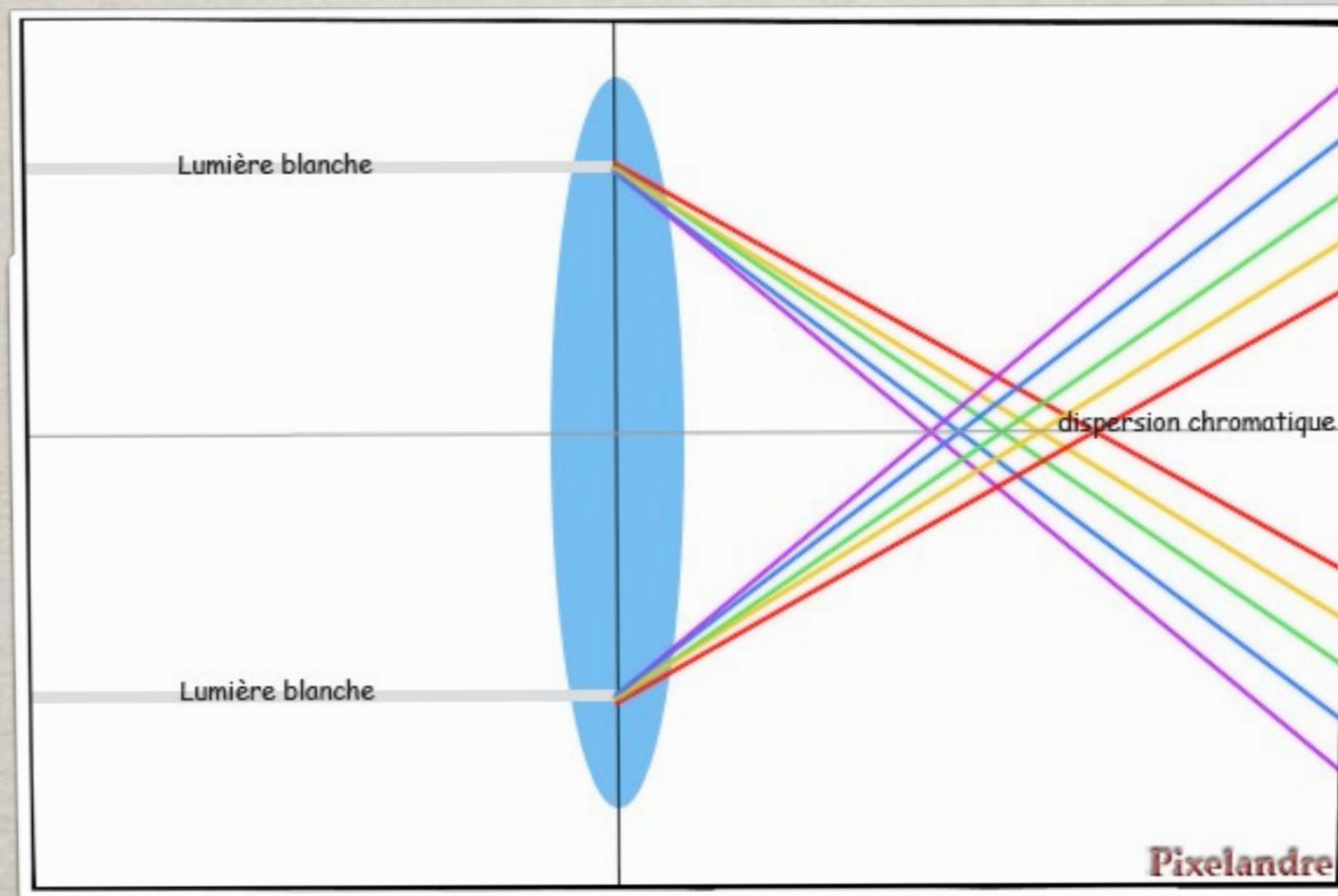
On appelle distance optique $d_{\widehat{AB}}$ la distance que l'on aurait parcourue dans le vide (donc à la vit. C_0) pendant la même durée et sur le même chemin :

$$d_{\widehat{AB}} =$$

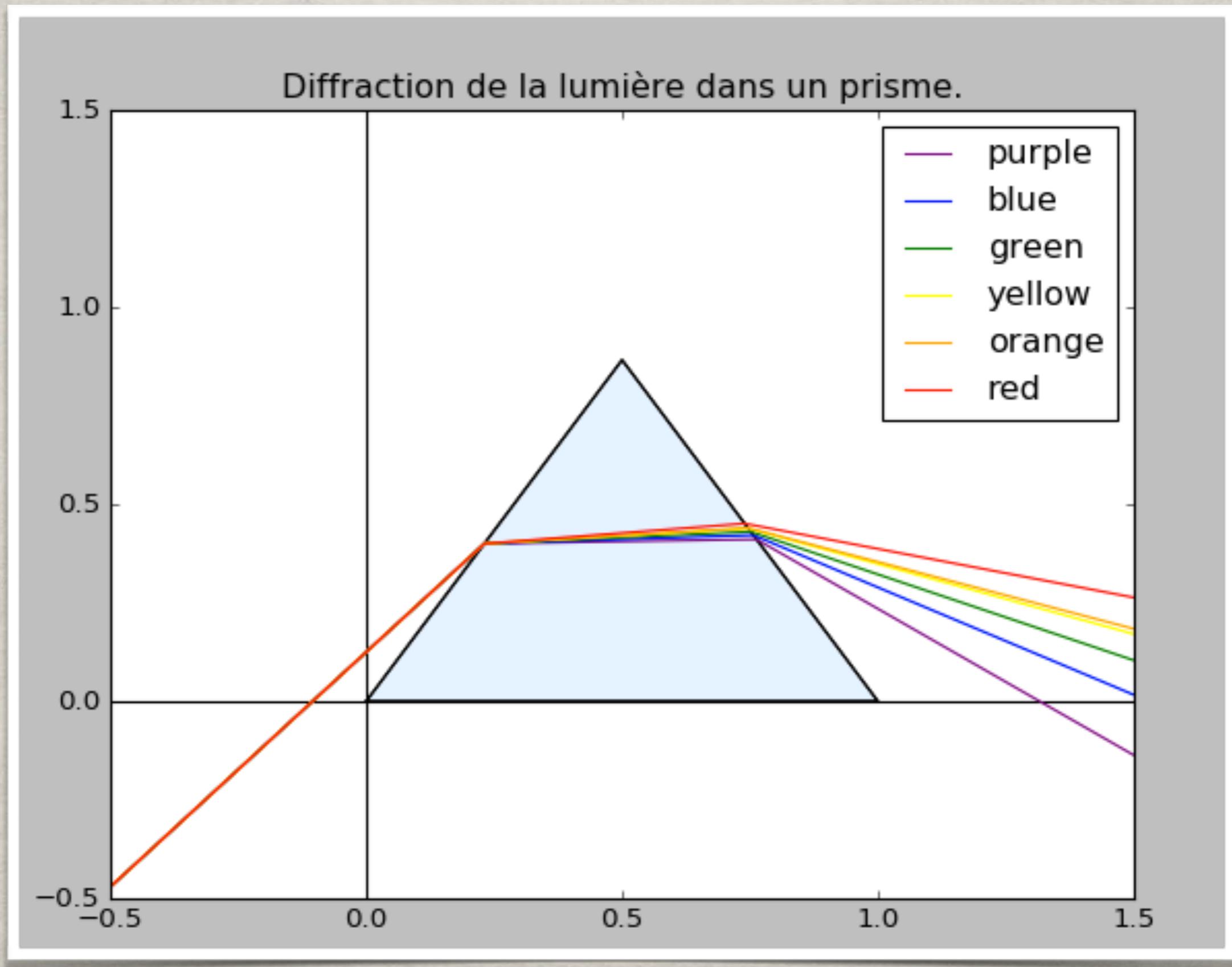
δ - VARIATION DE L'INDICE

1- Avec λ :

Formule de Cauchy : $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$ (cf TP) $(A, B > 0)$



Modélisation numérique en Python de la diffraction de la lumière

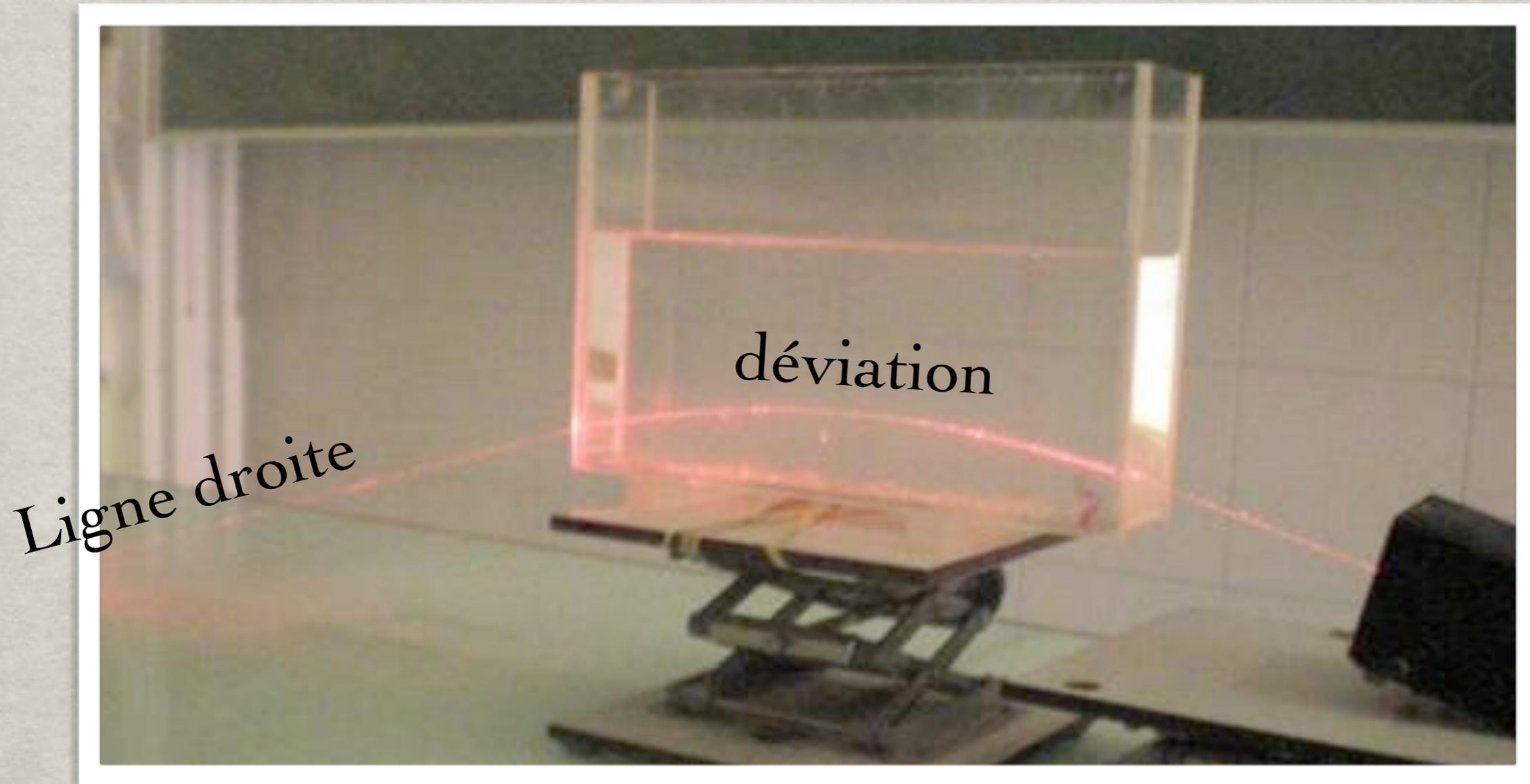


L'arc en ciel est produit par la réfraction de la lumière blanche du soleil à travers les gouttes de pluie.



2 - Par variation dans l'espace, des propriétés phys. et chim. du milieu :

En toute généralité : $n = n(x, y, z) = n(\vec{x})$



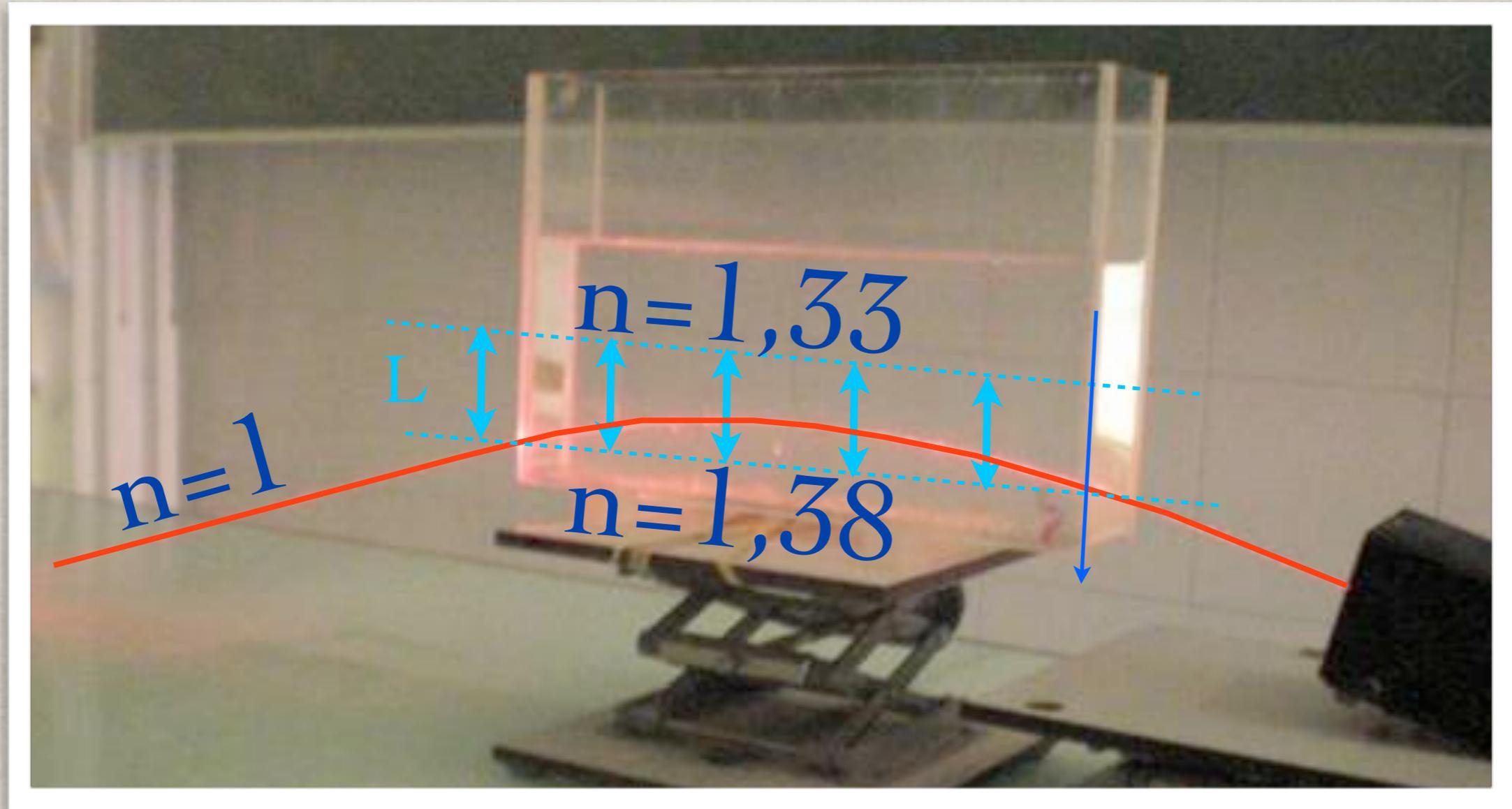
Mélange eau et {eau-salée}

L'indice optique augmente avec la profondeur :

$$n = 1,33 \quad \rightarrow \quad n = 1,38$$

VARIATION DE L'INDICE

L : étendue caractéristique de la variation d'indice



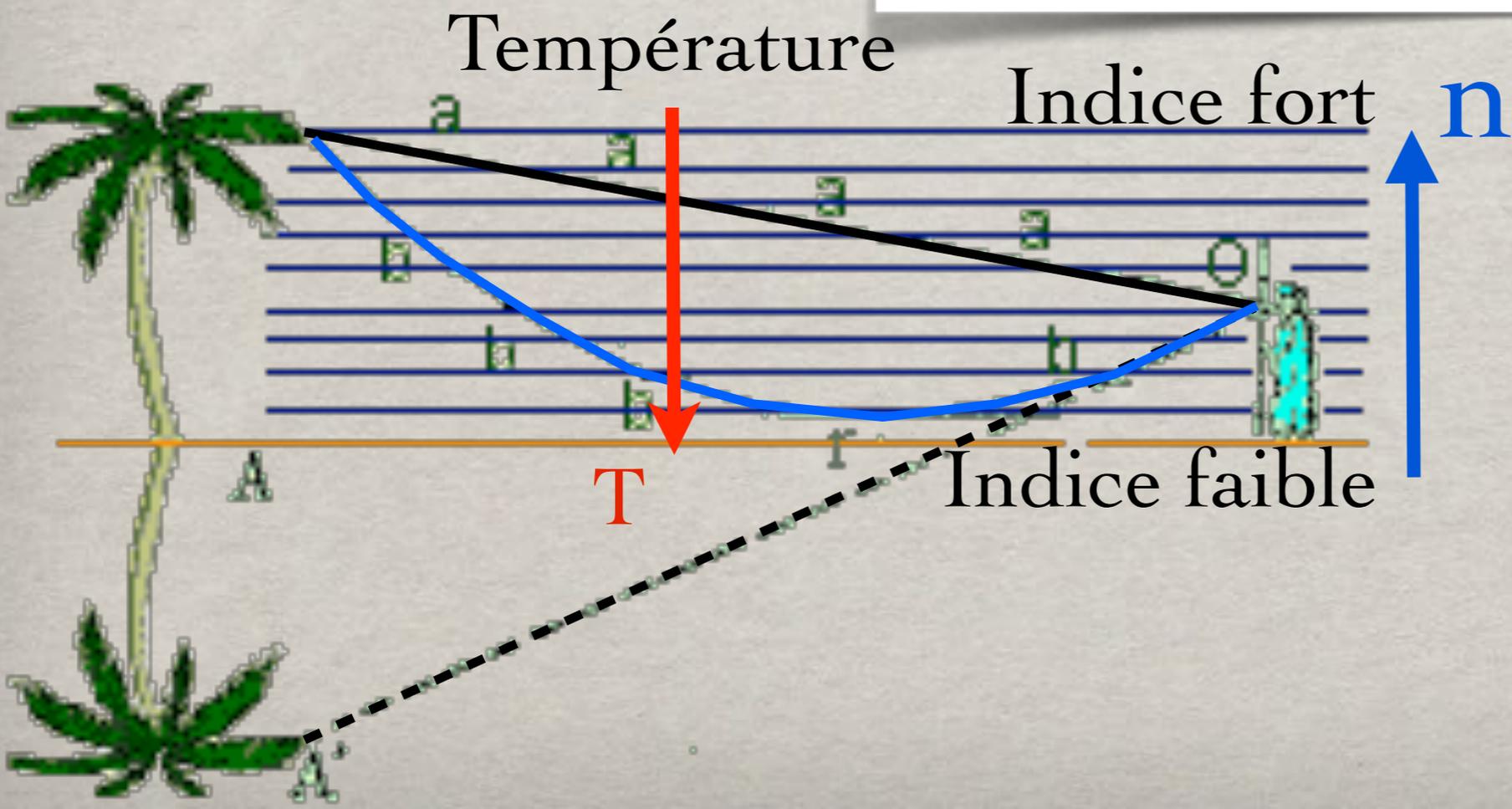
Mélange eau et {eau-salée}

L'indice optique augmente avec la profondeur :

$$n = 1,33 \quad \rightarrow \quad n = 1,38$$

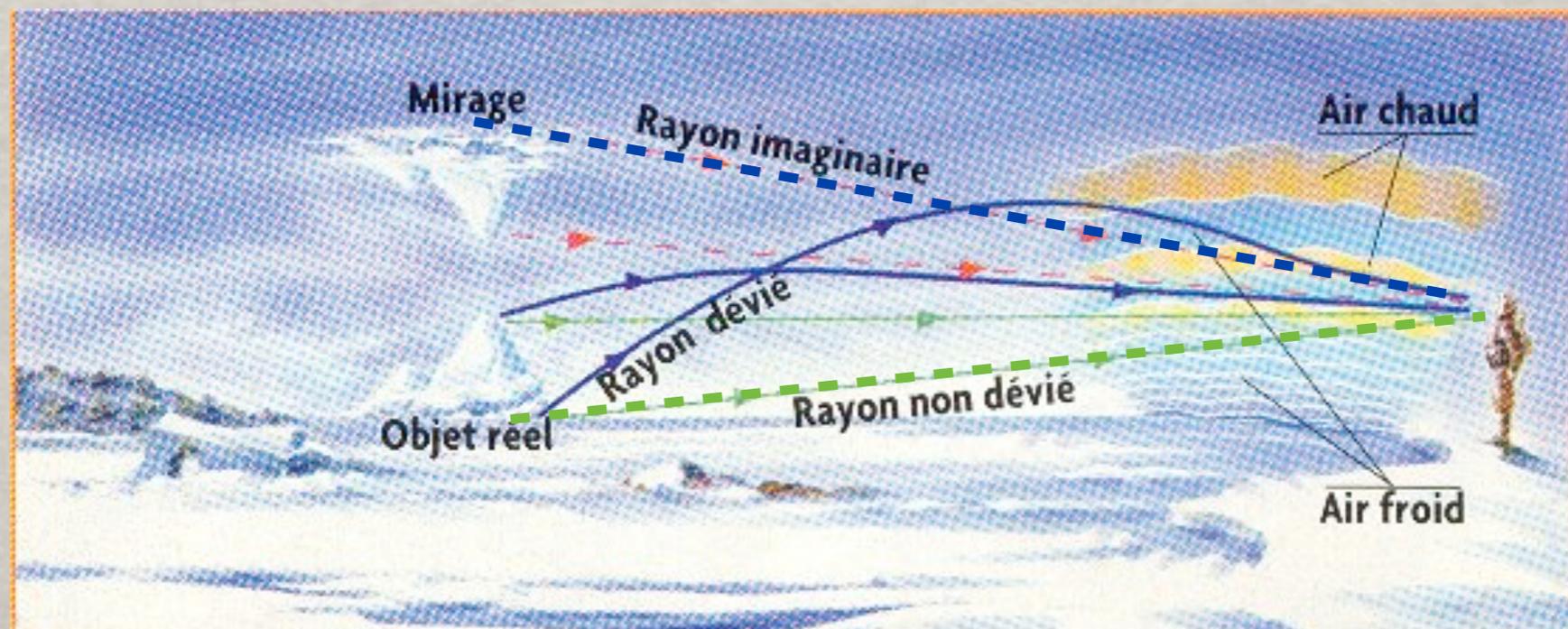
LES MIRAGES INFÉRIEURS :

Ne pas noter



LES MIRAGES SUPÉRIEURS

Ne pas noter



DEF : LES MILIEUX T.H.I

☼ Transparent

☼ Homogène → Mêmes propriétés en tout point

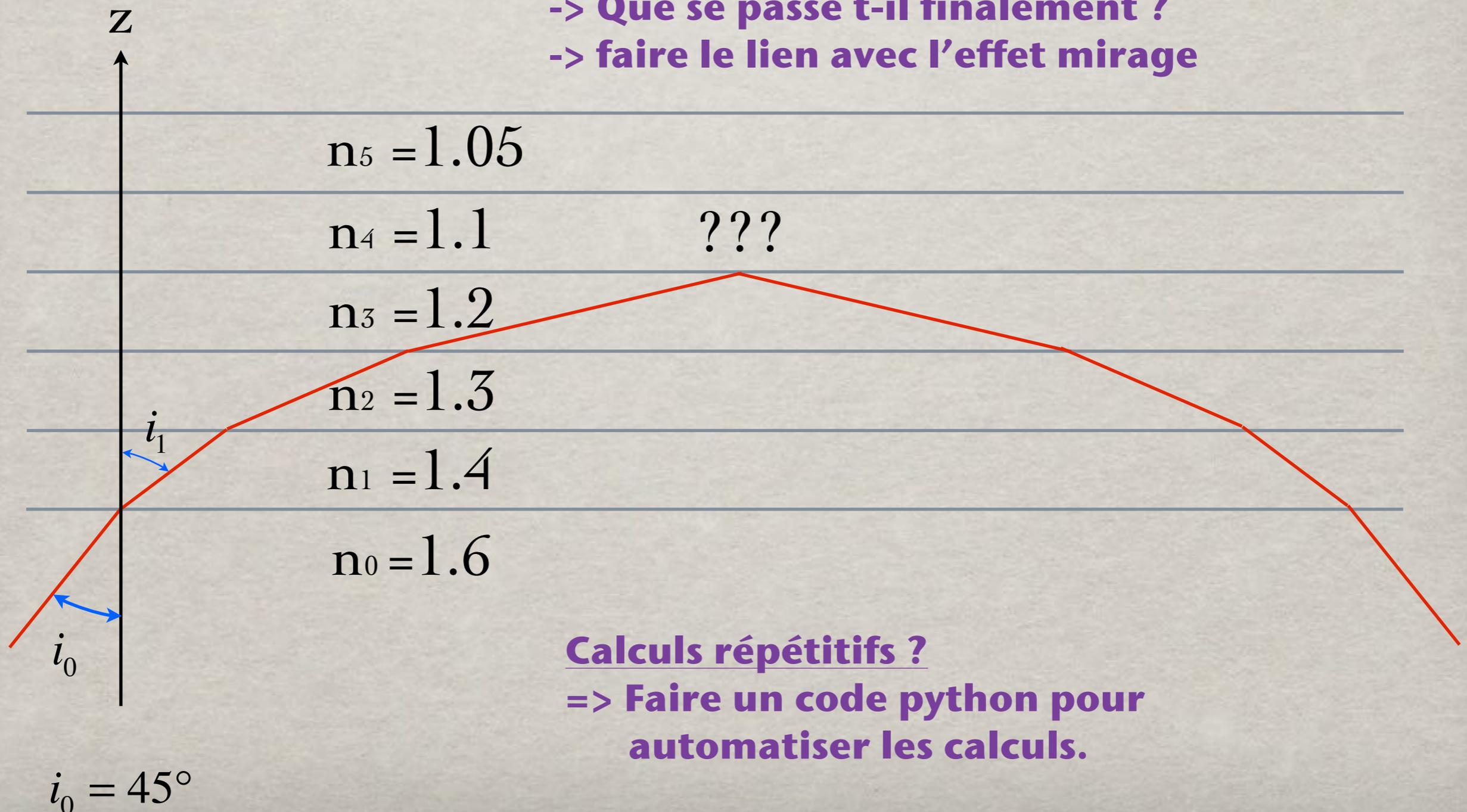
☼ Isotrope → Mêmes propriétés dans toutes les directions

L'indice y est constant spatialement et caractérise le milieu optiquement

R2P : RÉOLUTION DE PROBLÈME

On veut proposer une modélisation mathématique de ces effets en utilisant uniquement des milieux TH1 :

- > Déterminer les angles d'incidence successifs
- > Que se passe-t-il finalement ?
- > faire le lien avec l'effet mirage



Calculs répétitifs ?

=> Faire un code python pour automatiser les calculs.

Utiliser python comme une calculatrice

Correction en Python

Utiliser python comme une calculatrice

Version avec boucle **for** :

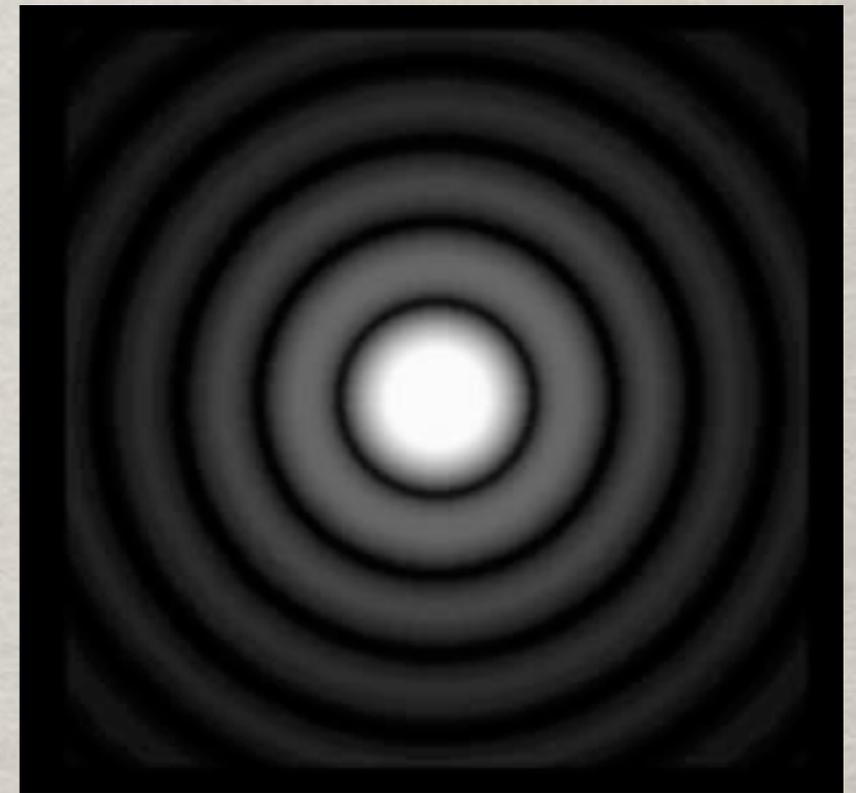
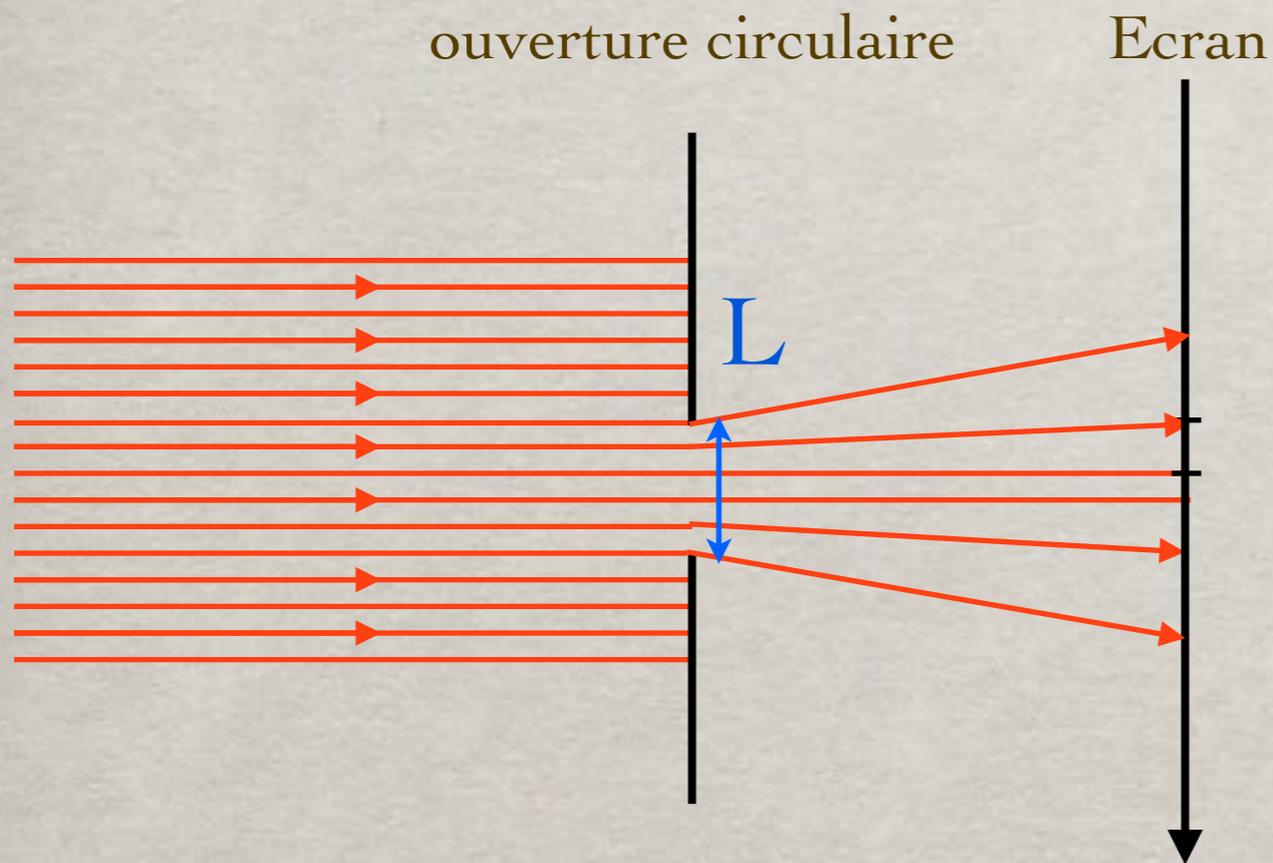
Correction en Python

2 - APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Ne pas noter

Contre - exemple :

Optique ondulatoire

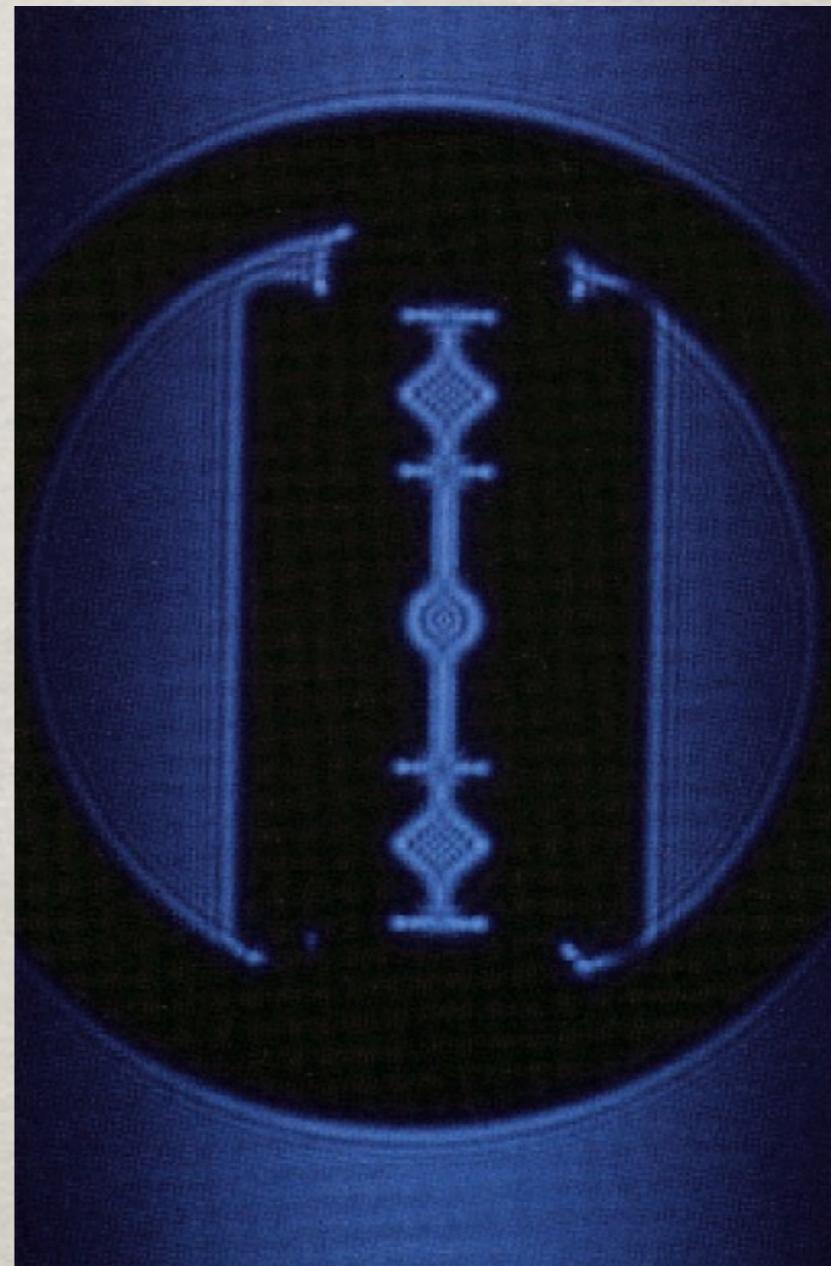
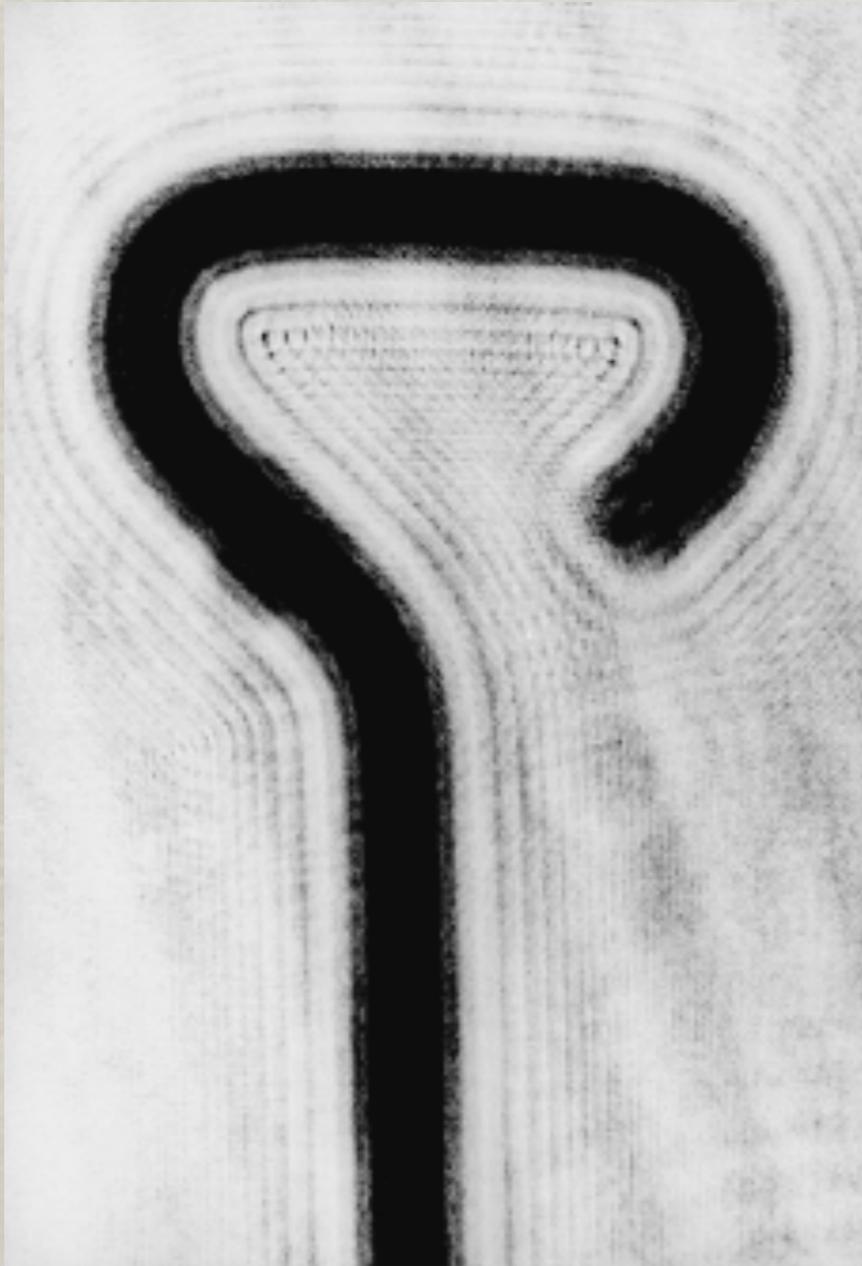


L : étendue de la variation d'indice

$$\lambda \sim L$$

Ne pas noter

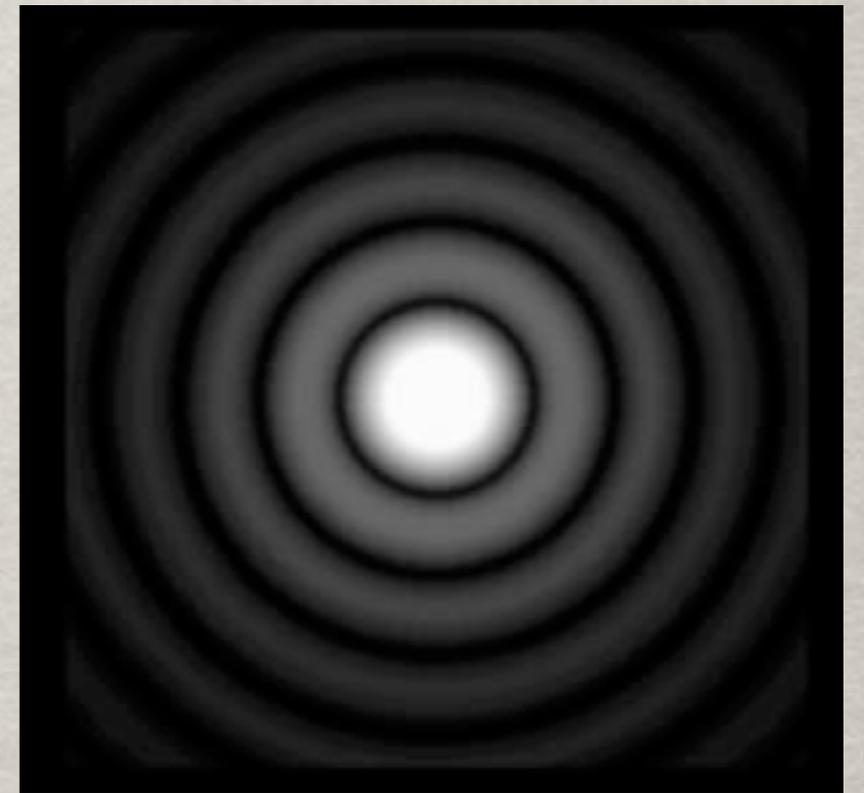
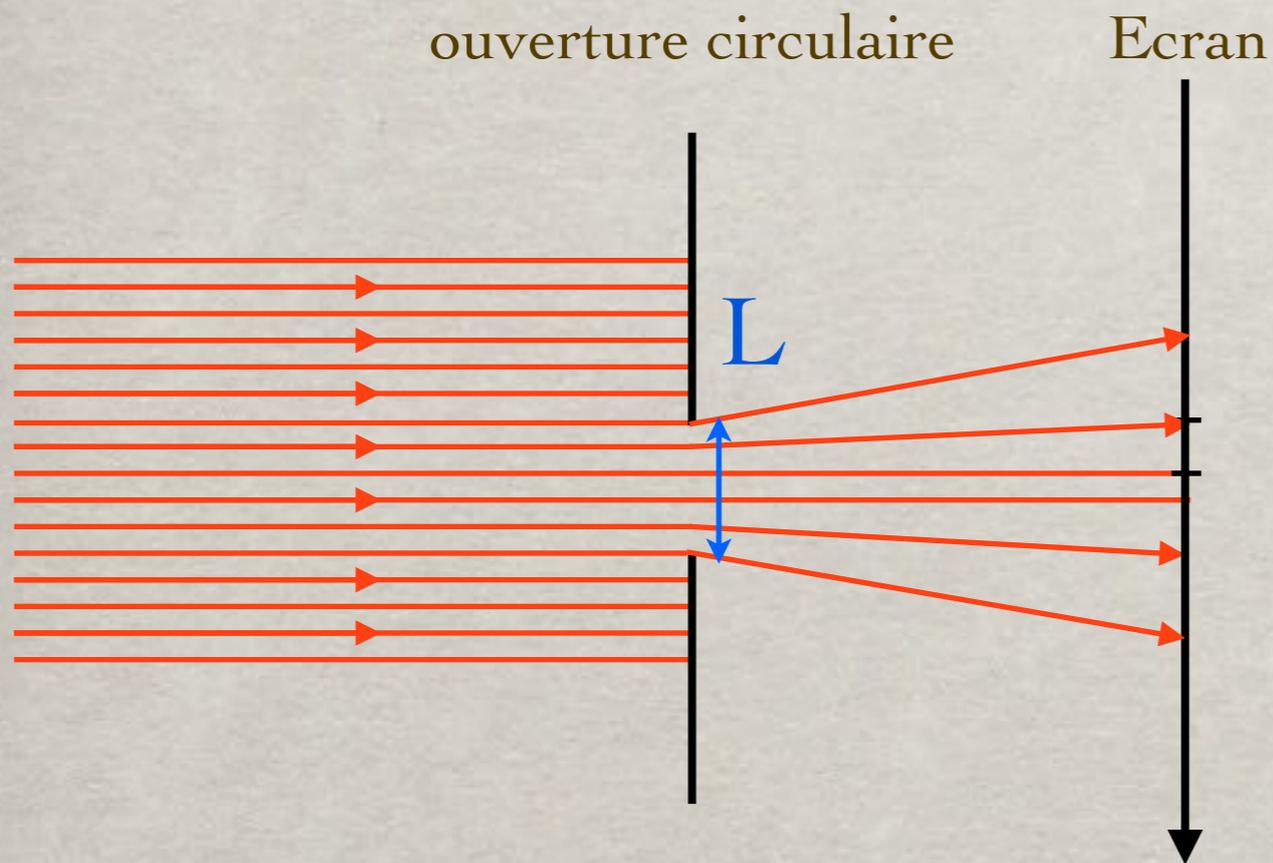
Ombre d'une tête d'épingle et d'une lame de rasoir



L'intensité lumineuse varie à proximité du contour :
Diffraction de Fresnel due à la nature ondulatoire de la lumière.

APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Optique ondulatoire

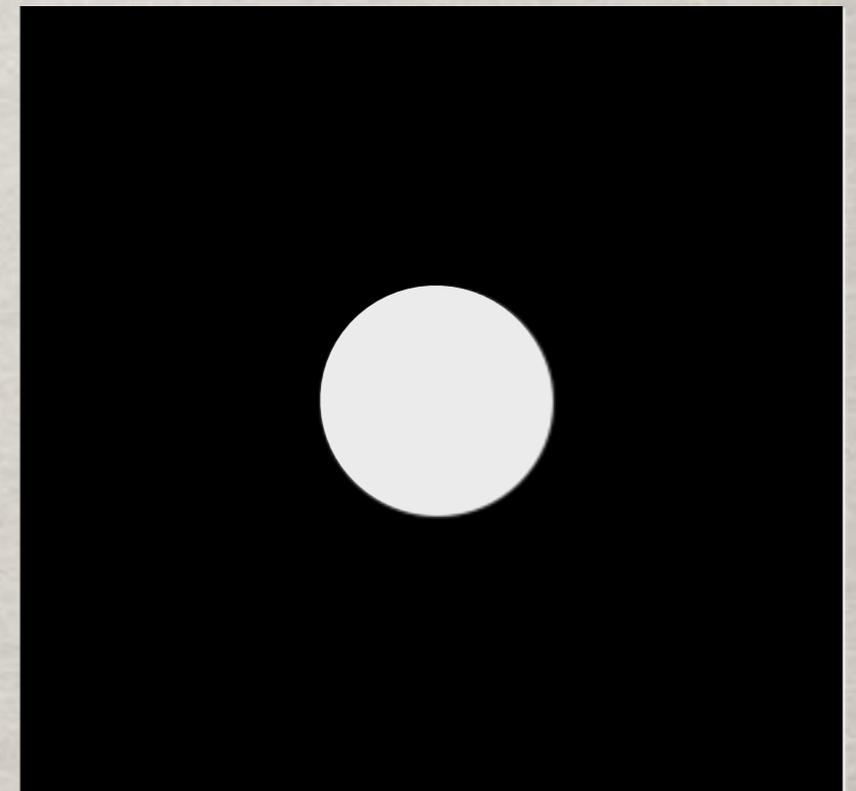
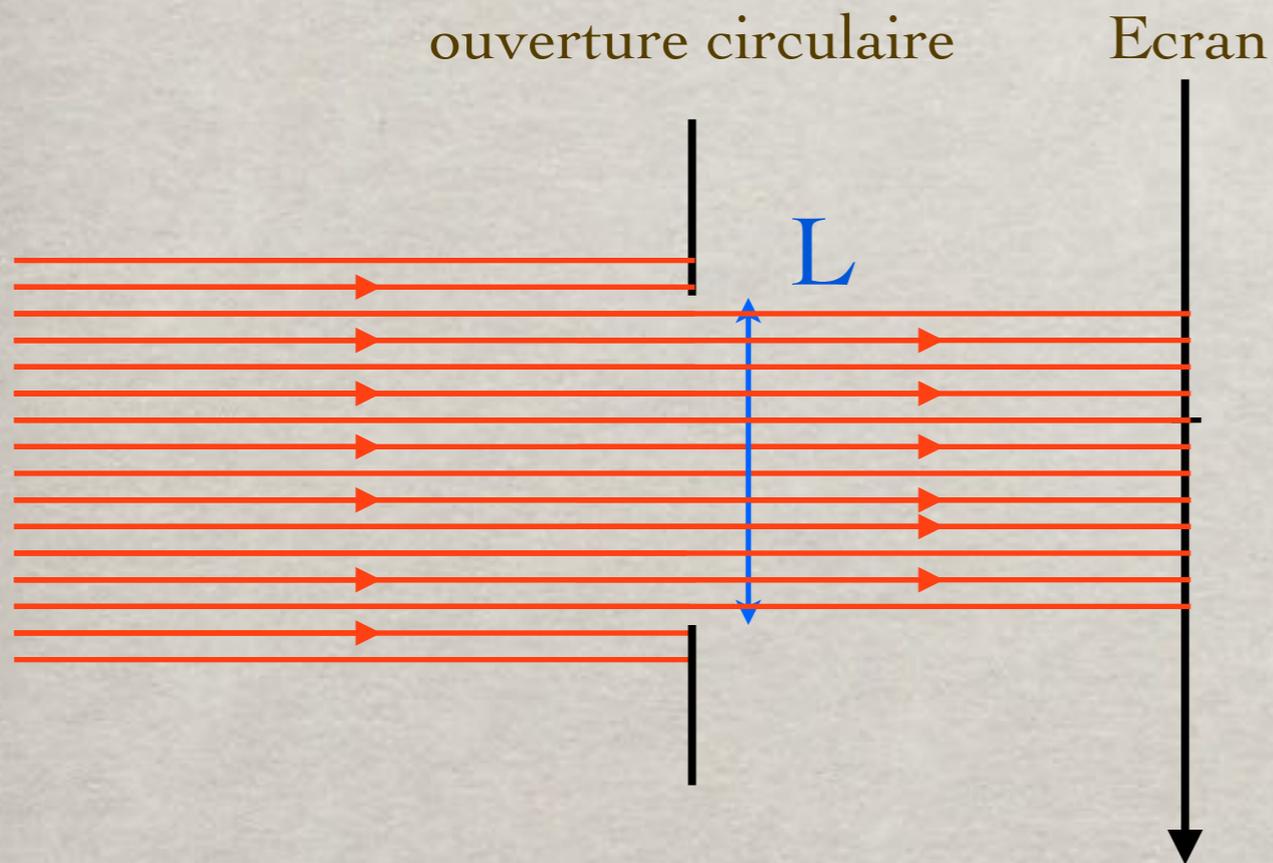


L : étendue de la variation d'indice

$$\lambda \sim L$$

APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Optique Géométrique



L : étendue de la variation d'indice

$$\lambda \ll L$$

α - DÉFINITION DE L'APPROXIMATION GÉOMÉTRIQUE :

La description géométrique du trajet d'un rayon lumineux est valide si l'indice optique du milieu varie sur des échelles grandes devant la longueur d'onde :

$$\lambda \ll L$$

β - NOTION DE RAYON LUMINEUX

Définition :

Le rayon lumineux est le lieu où l'on peut mesurer l'intensité lumineuse de la source.

C'est un faisceau de lumière :

- infiniment fin
- d'ouverture angulaire nulle.

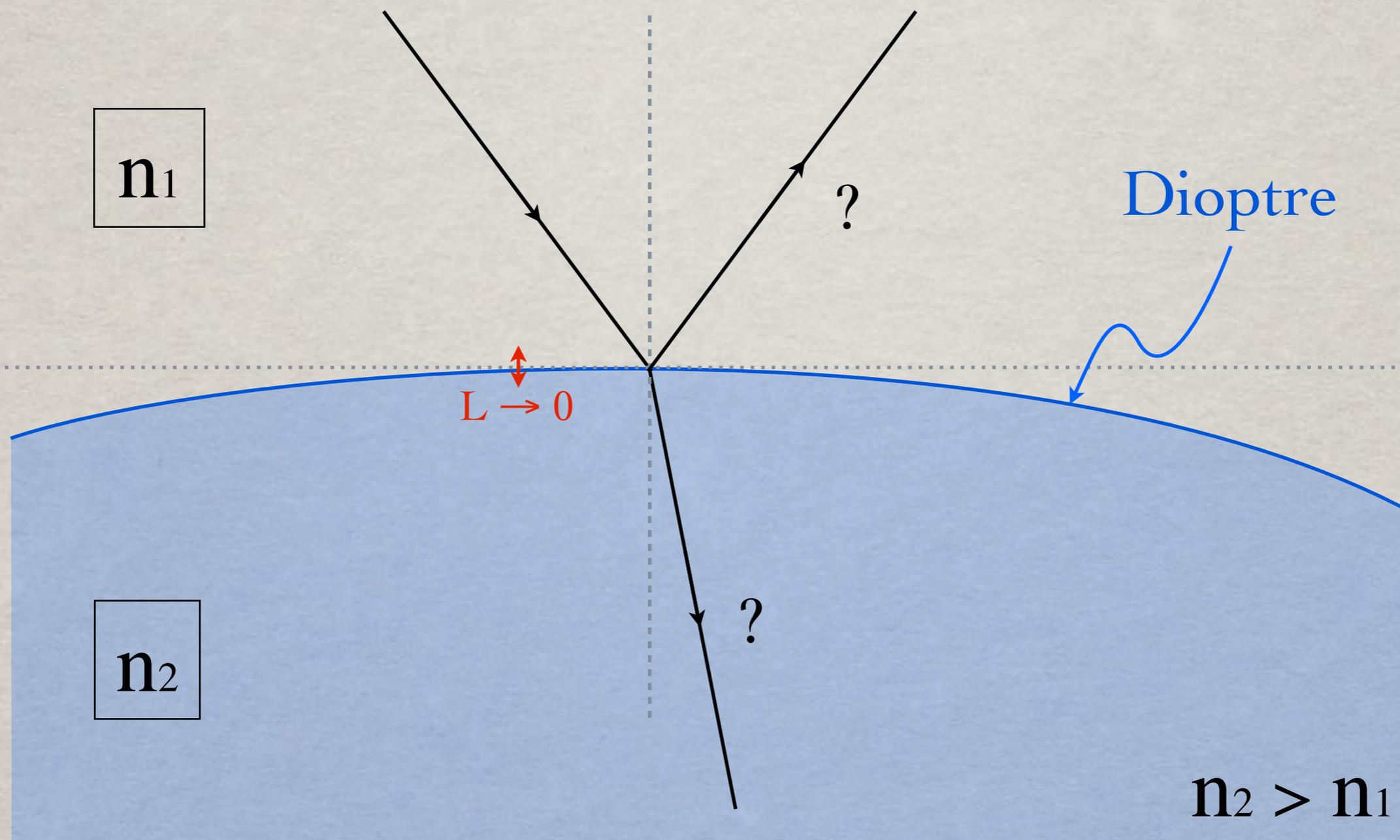


Propriété :

Dans un milieu T.H.I le rayon lumineux est une droite

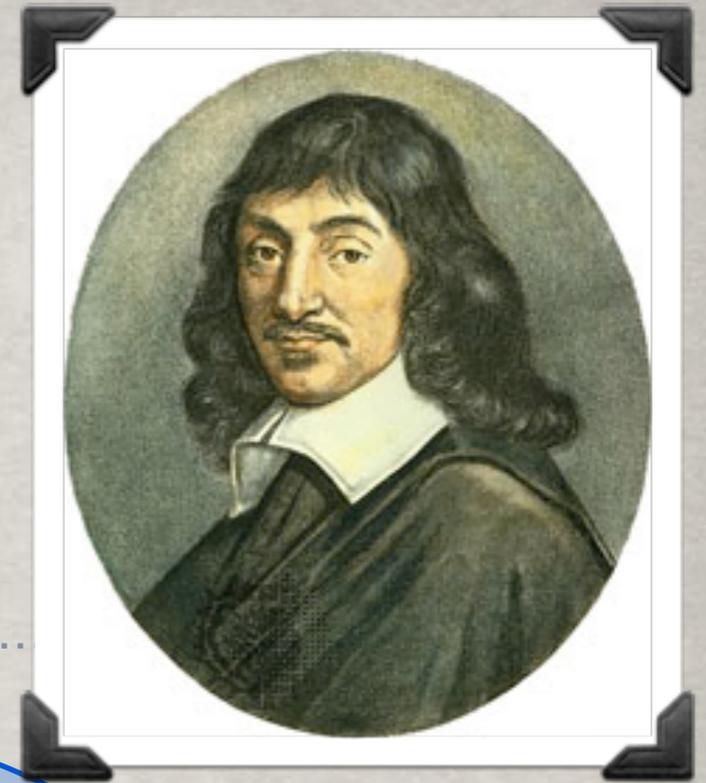
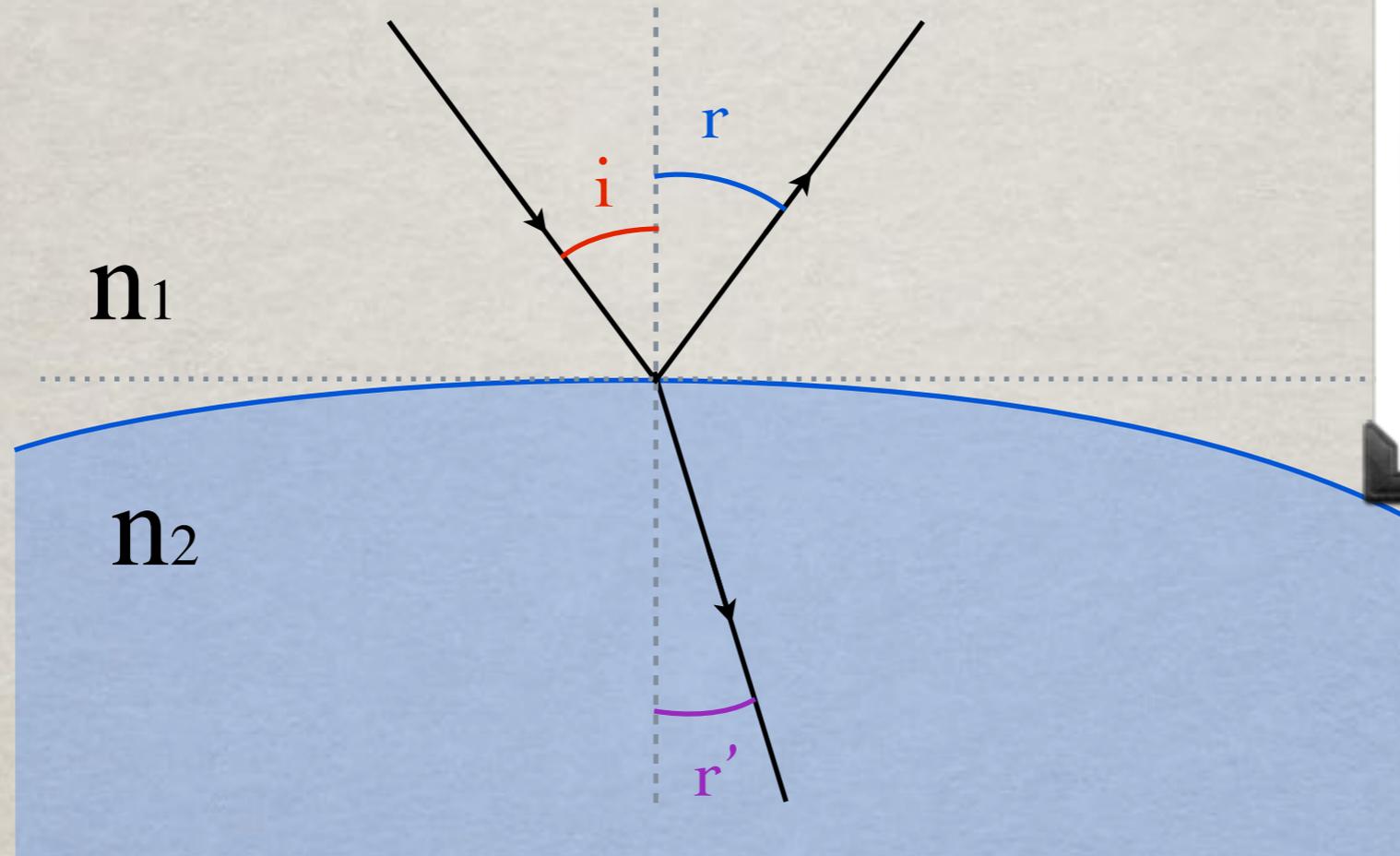
Dans tout le cours on ne
considérera que des
milieux T.H.I

3 - MODÉLISATION EMPIRIQUE DES LOIS DE RÉFLEXION ET DE RÉFRACTION.



A la traversée du dioptre, l'approximation géométrique n'est plus respectée : on utilise donc les lois empiriques de Descartes

α - LOIS EMPIRIQUES DE DESCARTES

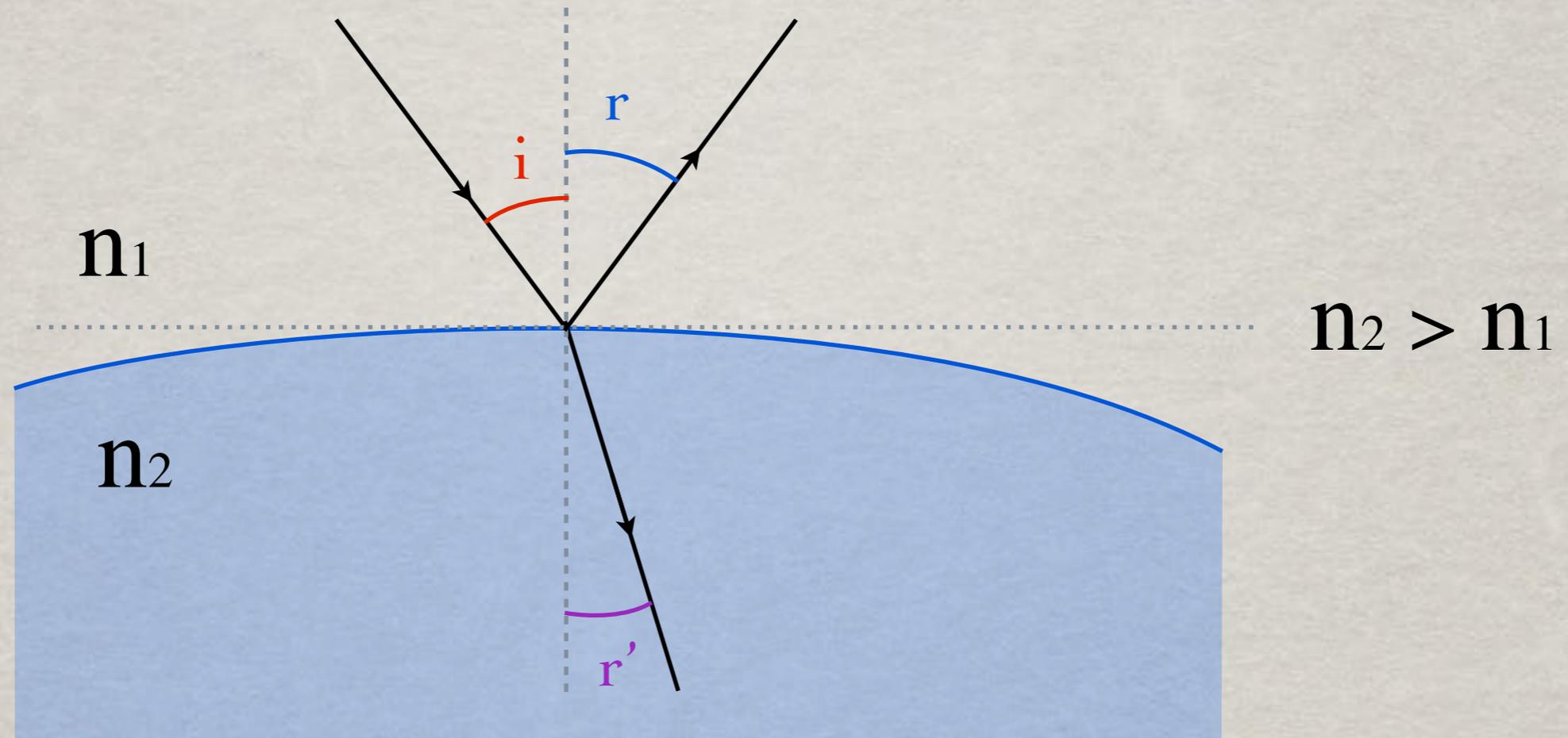


$$n_2 > n_1$$

Loi «0» :

Les rayons incident, réfléchi et transmis sont dans le même plan.

α - LOIS EMPIRIQUES DE DESCARTES



Première loi de Descartes :

Loi de réflexion

$$i = r$$

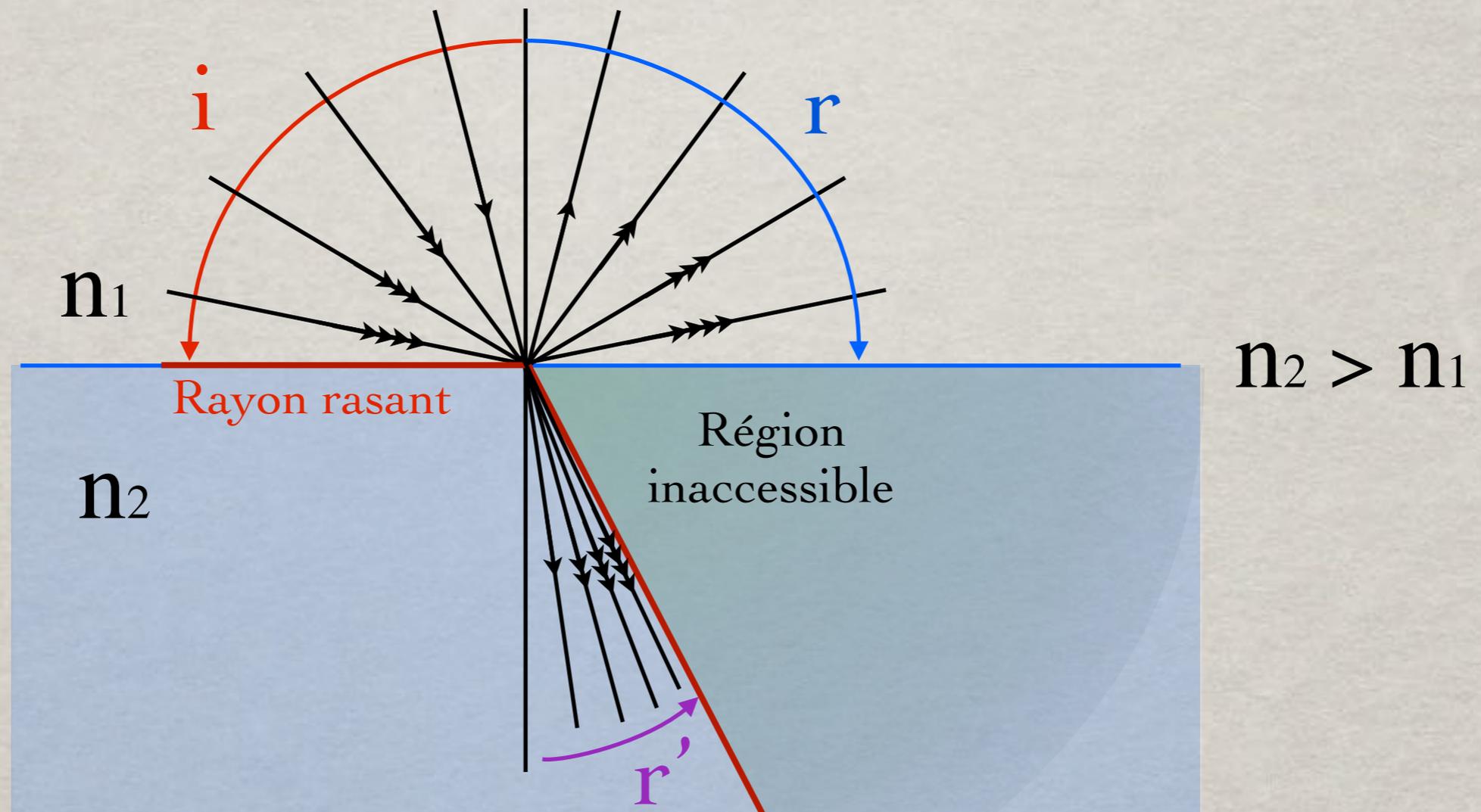
Deuxième loi de Descartes :

Loi de réfraction

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r')$$

β - INCIDENCE CRITIQUE ET RÉFLEXION TOTALE

1er cas : de 1 vers 2



$$r'_{max} = ?$$

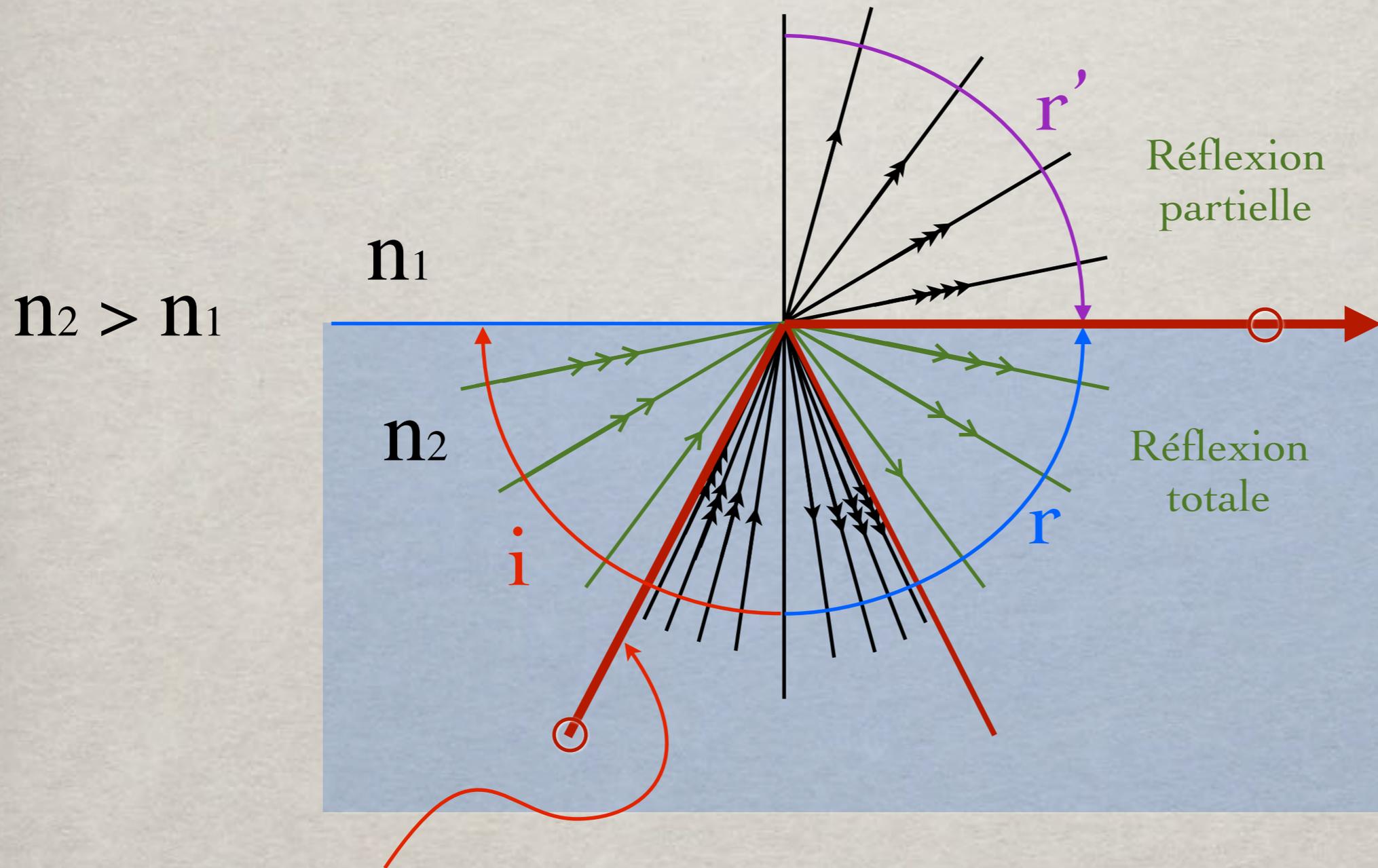
HYP : $i_{max} = \pi/2$ en déduire r'_{max}

Phénomène de réflexion totale :

A déduire :

Que se passe t-il si $i > i_c$?

2ème cas : de 2 vers 1



Incidence critique

$$i = i_c$$

AN:

Application : Fibre Optique

(cf Appliquette)

4 - LE PRINCIPE DE RETOUR INVERSE DE LA LUMIÈRE

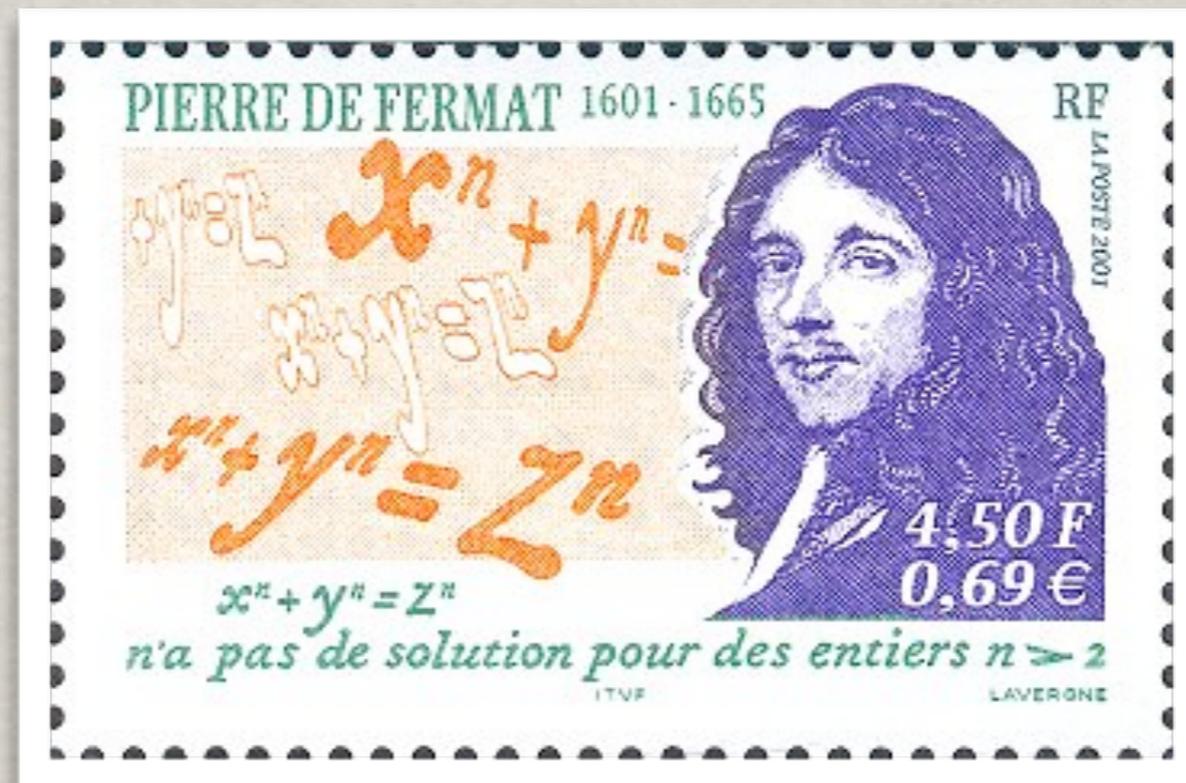
Principe de Fermat (HP) :

Si un rayon partant d'un point A, atteint un point B, alors le chemin optique $d_{\widehat{AB}}$ suivi par la lumière est toujours le plus court.

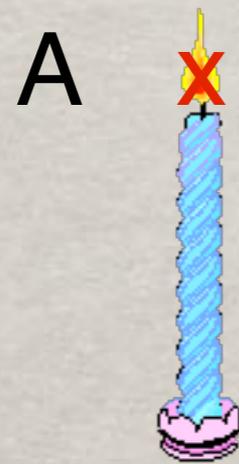
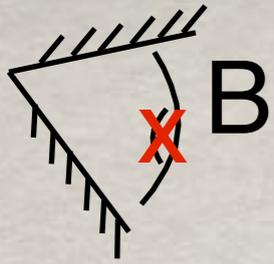


Principe du retour inverse de la lumière :

Si un rayon partant d'un point A, atteint un point B par un chemin Γ , alors un autre rayon allant de B vers A, ira par le même chemin Γ .



R2P : Résolution de PB



Miroir



? x M

?

?

?

**Comment trouver le chemin suivi par la lumière ?
-> trouver le point M où passe le rayon.**