

MODÈLE UTILISÉ.

Free Space Path Loss :

$$\text{FSPL (dB)} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} \right)$$

Perte de puissance en fonction de la distance et de la fréquence d'émission

L'atténuation due aux obstacles est ajoutée si le point se situe derrière l'obstacle.

Elle du matériau et de son épaisseur, il s'agit du modèle

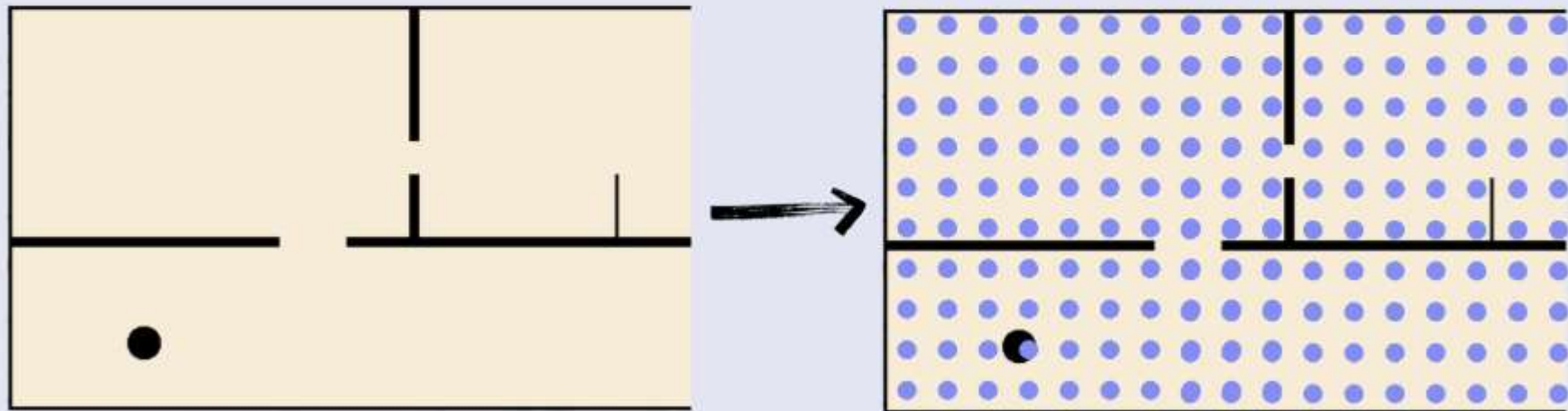
FSPL avec pertes additives.

Finalement, on a :

$$\text{Power(dB)} = \text{AntennaPower} - \text{FSPL} - \text{Perte obstacle}$$

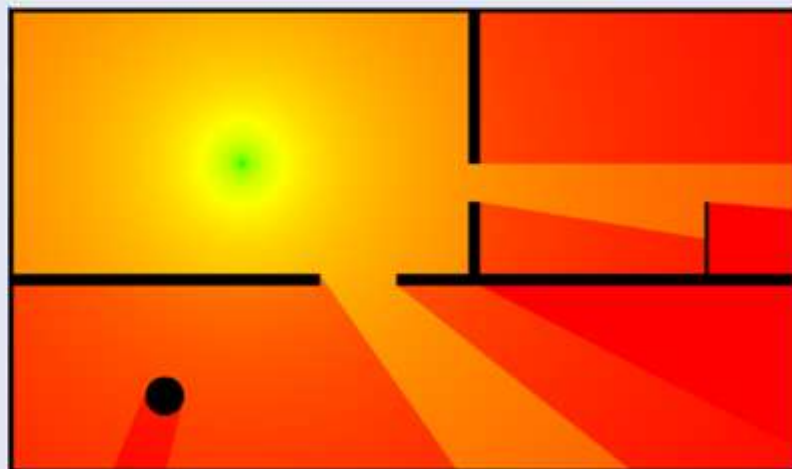
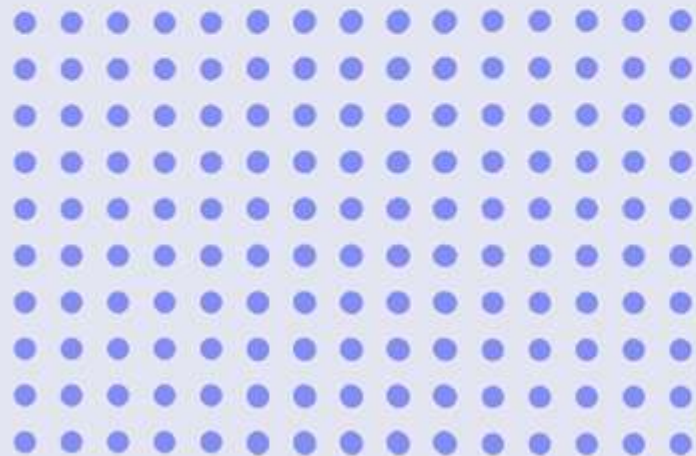
DISCRÉTISER L'ESPACE

- les points sont séparés par une unité de longueur
- chaque point contient une valeur de puissance
- l'espace est approximé en une grille, un tableau



DISCRÉTISER L'ESPACE

- chaque point occupe un pixel
- gradient de couleur en fonction de la puissance
=> un tableau donne toutes les informations
`std::vector<std::vector<double>> powerMap;`



CONDITIONS DE VALIDITÉ

01 fréquence d'émission > 100 MHz

02 distance à l'émetteur > distance de Fraunher

$$d_F = \frac{2D^2}{\lambda}$$

D : plus grande dimension physique de l'antenne, dans la direction orthogonale à la propagation

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

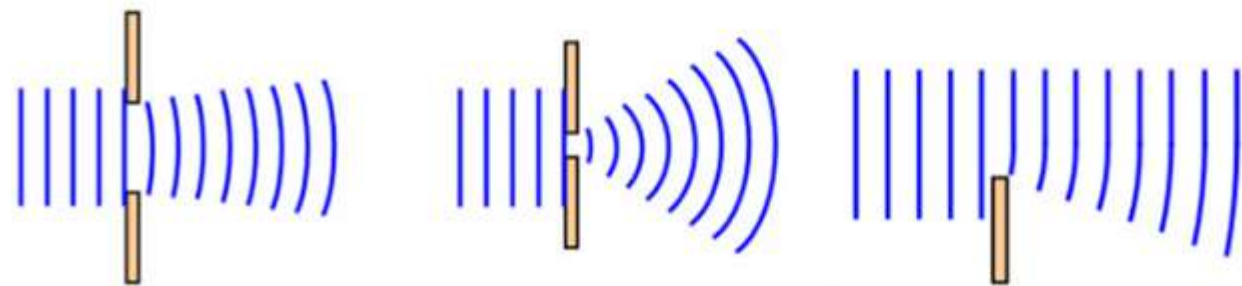
Technologie	Fréquence typique	Longueur d'onde λ	Antenne typique (D)	Distance de Fraunhofer
WiFi 2.4 GHz	2.4 GHz	12.5 cm	6 cm (PCB, dipôle)	~ 5.8 cm
WiFi 5 GHz	5 GHz	6 cm	6 cm	~ 12 cm
4G LTE	800 MHz	37.5 cm	1 m (antenne panneau)	~ 5.3 m
5G (3.5 GHz)	3.5 GHz	8.6 cm	10 cm (array MIMO)	~ 23 cm
5G mmWave (28 GHz)	28 GHz	1.07 cm	5 cm (array compact)	~ 47 cm
Antenne géante (grande parabole)	2 GHz	15 cm	3 m	~ 120 m

CONDITIONS DE VALIDITÉ

03 L'émetteur doit être isotrope (émission uniforme dans toutes les directions).

04 Aux bord des obstacles, notre modèle n'est pas précis, cela convient néanmoins pour une utilisation personnelle.

Limitation : Nous ne prenons pas en compte la diffraction, seulement la réfraction



CONDITIONS D'ORTHOGONALITÉ

01 Même côté ?

Vérification rapide :

$$(y_e < y_w - \frac{t}{2} \wedge y_r < y_w - \frac{t}{2}) \vee (y_e > y_w + \frac{t}{2} \wedge y_r > y_w + \frac{t}{2})$$

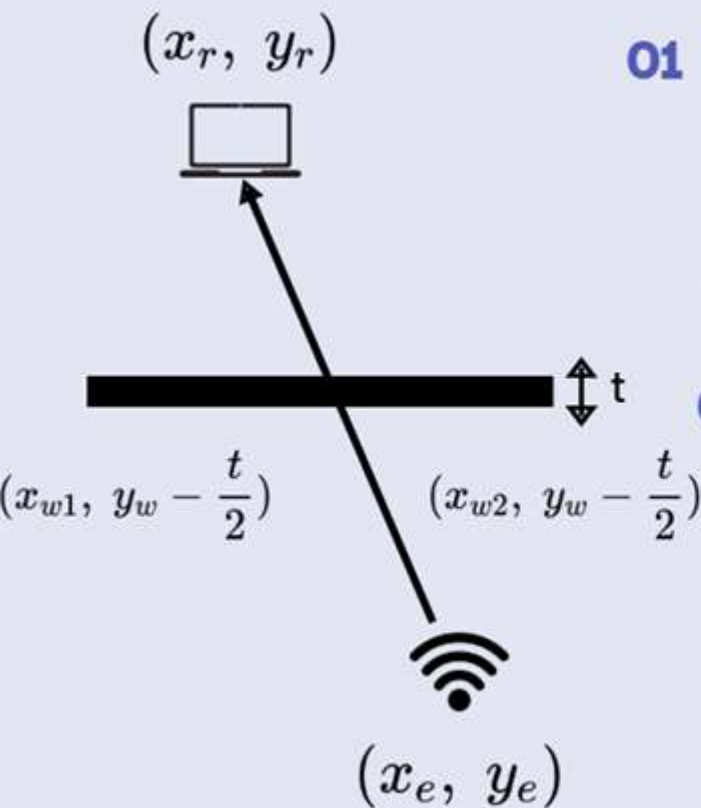
02 Traverser ?

Modélisation du processus de propagation :

$$x = \frac{x_r - x_e}{y_r - y_e} \cdot y + b' \quad \text{avec} \quad b' = x_e - \frac{x_r - x_e}{y_r - y_e} \cdot y_e$$

$$\text{si } y = y_w \pm \frac{t}{2}, \quad x \in [x_1 - \epsilon, x_2 + \epsilon]$$

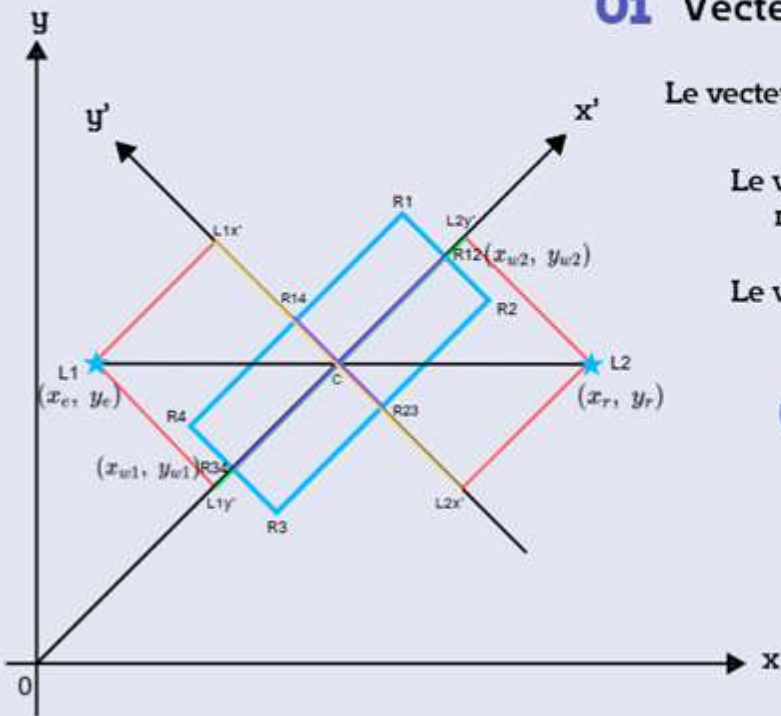
Intersection ✓



CONDITION D'INCLINAISON

III Point central + projection

01 Vecteur de mur



Le vecteur directeur du mur $\vec{d} = (x_{w2} - x_{w1}, y_{w2} - y_{w1})$, $L = \|\vec{d}\|$

Le vecteur de direction normalisé du mur $\Rightarrow \hat{d} = \left(\frac{x_{w2} - x_{w1}}{L}, \frac{y_{w2} - y_{w1}}{L} \right)$

Le vecteur vertical du mur $\Rightarrow \hat{n} = (-\hat{d}_y, \hat{d}_x)$

02 Projection de l'émission et de la réception

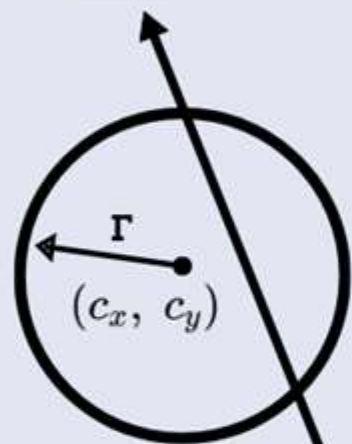
$$e_{\parallel} = \vec{e} \cdot \hat{d} = (x_e - mid_x) \cdot \hat{d}_x + (y_e - mid_y) \cdot \hat{d}_y$$

$$e_{\perp} = \vec{e} \cdot \hat{n} = (x_e - mid_x) \cdot (-\hat{d}_y) + (y_e - mid_y) \cdot \hat{d}_x$$

$$r_{\parallel} = \vec{r} \cdot \hat{d} = (x_r - mid_x) \cdot \hat{d}_x + (y_r - mid_y) \cdot \hat{d}_y$$

$$r_{\perp} = \vec{r} \cdot \hat{n} = (x_r - mid_x) \cdot (-\hat{d}_y) + (y_r - mid_y) \cdot \hat{d}_x$$

(x_r, y_r)



(x_e, y_e)

CONDITION DU CERCLE

01 À l'intérieur ?

Vérification rapide :

$$(x - c_x)^2 + (y - c_y)^2 \leq r^2 + \varepsilon$$

02 Traverser ?

Modélisation du processus de propagation :

$$\vec{P}(t) = \vec{E} + t(\vec{R} - \vec{E}), \quad t \in [0, 1]$$

$$\Rightarrow \|\vec{P}(t) - \vec{C}\|^2 = r^2 \quad \Rightarrow at^2 + bt + c = 0$$

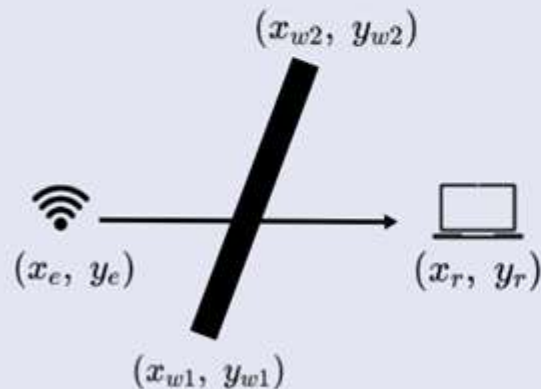
$$\Delta = b^2 - 4ac = \begin{cases} \Delta < 0 & \Rightarrow \text{Disjoint } \times \\ \Delta \geq 0 & \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}, & 0 \leq t_1 \leq 1 \\ t_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}, & 0 \leq t_2 \leq 1 \end{cases} \end{cases}$$

Intersection ✓

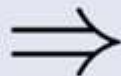
CONDITION D'INCLINAISON

I Méthode d'orthogonalité ?

Formuler les équations pour cette zone ?

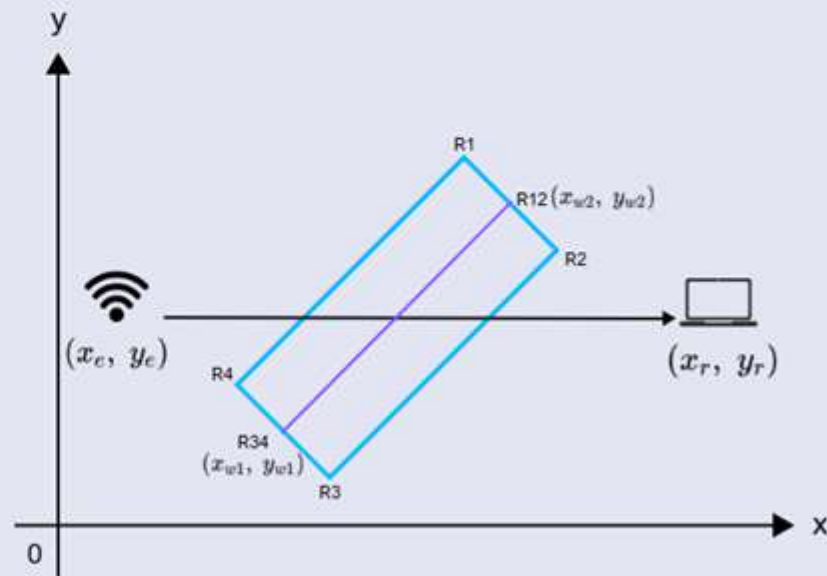


abstraire



II Méthode du cercle ?

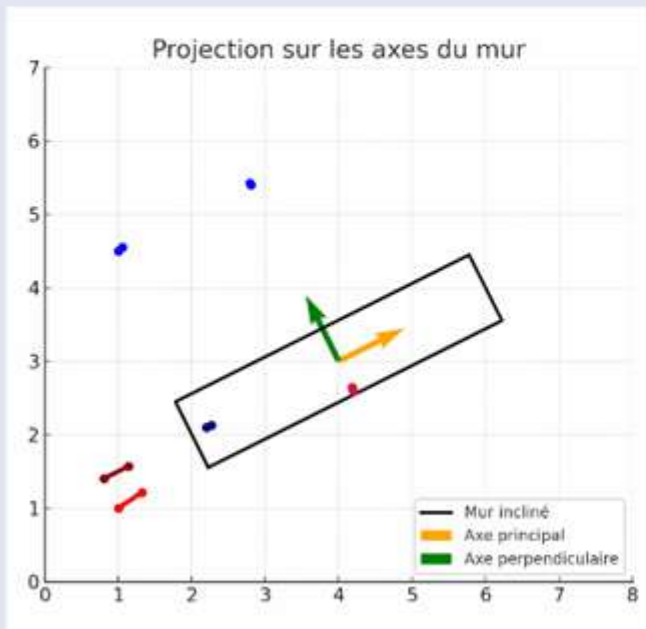
Calculs multiples, processus complexe



CONDITION D'INCLINAISON

III Point central + projection

03 Traverser ?



Plage de l'axe principal du mur $\left[-\frac{l}{2}, \frac{l}{2}\right]$ l'axe perpendiculaire $\left[-\frac{t}{2}, \frac{t}{2}\right]$

l : Longueur du mur $l = \sqrt{(x_{w2} - x_{w1})^2 + (y_{w2} - y_{w1})^2}$ t : épaisseur du mur

Condition de jugement d'intersection :

$$\begin{cases} seg_{\min\parallel} = \min(e_{\parallel}, r_{\parallel}) \leq \frac{l}{2} \\ seg_{\max\parallel} = \max(e_{\parallel}, r_{\parallel}) \geq -\frac{l}{2} \\ seg_{\min\perp} = \min(e_{\perp}, r_{\perp}) \leq \frac{t}{2} \\ seg_{\max\perp} = \max(e_{\perp}, r_{\perp}) \geq -\frac{t}{2} \end{cases}$$

Satisfaites en même temps \Rightarrow Intersection ✓

DOCUMENTATION ET TEST

Comparaison avec le logiciel
professionnel Acrylic essais WIFI
=> résultats très proches de nos valeurs

BIBLIOGRAPHIE

David Pozar – "Microwave Engineering", Wiley

Theodore S. Rappaport – "Wireless Communications: Principles and Practice", 2nd Edition, Prentice Hall, 2002.

ITU-R P.525-4 : "Calculation of Free-Space Attenuation"