# Elec 1 – Telecom 1, TP n°7 : Transmission Hertzienne

Lauret Alexis : TDA TP1

## I) Préparation.

Dans ce TP. La préparation sera faite au fur et à mesure tout le long du sujet.

## II) Présentation et mise en œuvre du matériel.

Ici, nous aller tenter d'étudier le comportement de la puissance transmise entre deux antennes lors d'une transmission, en fonction de la distance que parcours l'onde Hertzienne.

Afin de réaliser ceci, nous avons besoin de différents outils :

- Une antenne réceptrice. Il émettra à une fréquence de 9,4 GHz.
- Une antenne réceptrice.
- Une chambre anéchoïde constituée de panneau de parois alvéolées.

Voici un schéma représentant l'ensemble du support de travail :

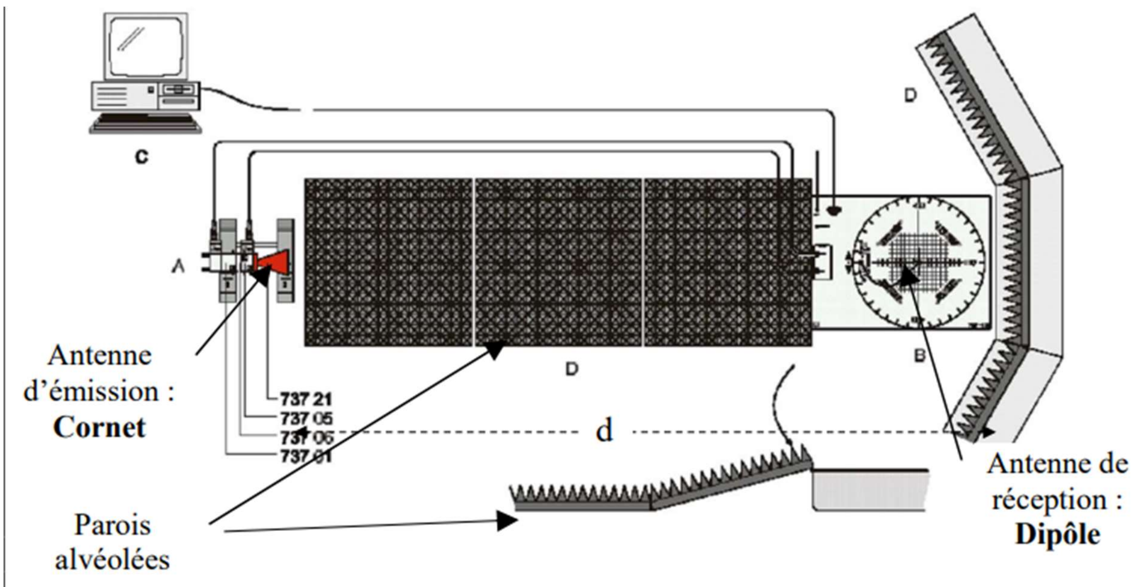


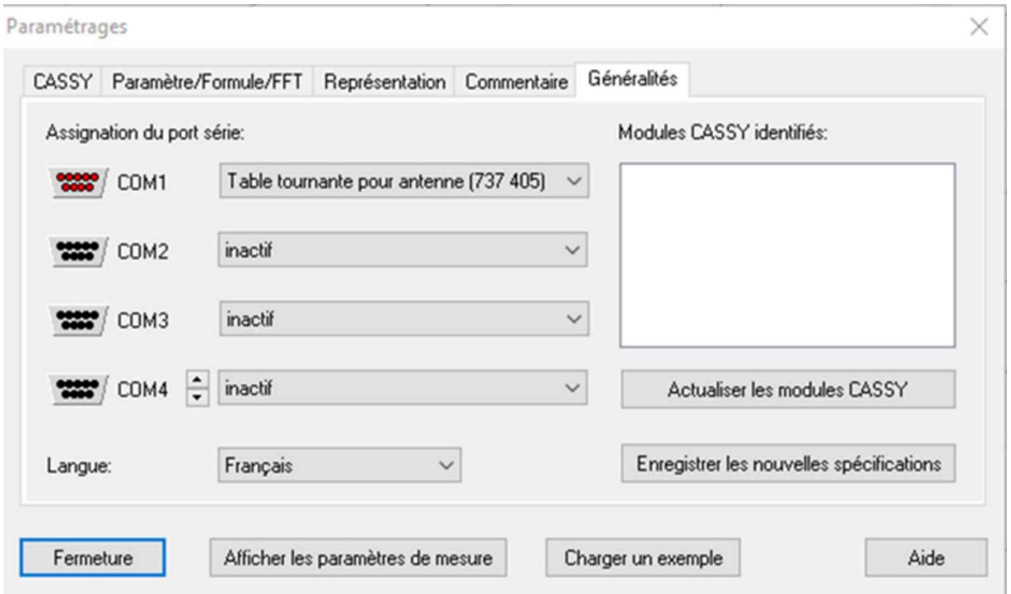

*Figure 1 : Banc de manipulation Leybold vu de dessus*

Ici nous allons travailler dans avec une chambre dite « anechoide ». Ce terme désigne un lieu ou le son ne se réfléchit pas. Dans notre cas, les ondes sonores émise dans la chambre anéchoïde sont absorbées par les parois alvéolées. Ceci permet d'obtenir une mesure précise à la réception.

Sur le schéma ci-dessus, nous pouvons identifier les antennes d'émission et de réception. L'antenne d'émission dite « cornet » est placée à gauche. L'antenne réceptrice dite « dipôle » est placée à droite sur un plateau tournant.

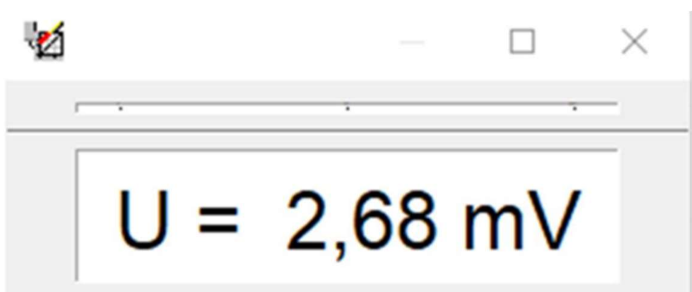
Pour effectuer nos mesures, et interagir avec le banc de manipulation, nous allons utiliser le logiciel « Cassylab ». On le lance, on le configure en français et on le configure sur le port « Com1 » pour qu'il pilote la table tournante :

*Paramètre du logiciel « Cassylab »*



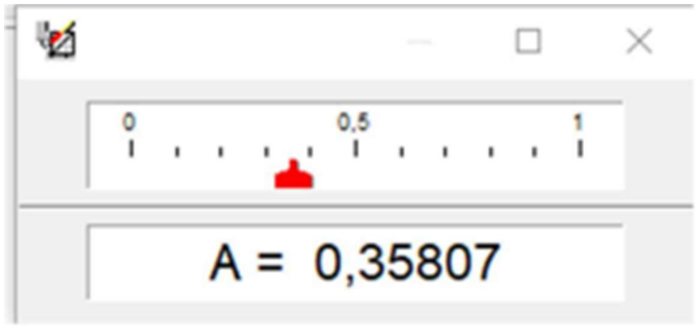

Pour nos relevée nous allons faire afficher la tension reçue par le dipôle. Pour cela on va tourner la plateau jusqu'à avoir la valeur maximal de la tension « U », et au final, à 90°, on peut relever la tension suivante :

*Tension Max Dipôle*



Nous allons également afficher la grandeur « A » qui ici représente le rapport entre tension reçue par l'antenne de réception et la tension envoyée par le cornet :

$$Rapport\ \frac{Ur}{Ue}$$




A présent que nous connaissons la tension reçue par le dipôle et le rapport de tension reçue et envoyé nous allons calculer la tension émise par le dipôle. Pour cela, on sait que A = $\frac{TensionReception}{TensionEmission}$ soit que A = $\frac{Ur}{Ue}$. Sachant que l'on connait « A » ainsi que Ur (U sur Cassylab). On va isoler « Ue » :

0,36 = $\frac{2{,}68mV}{Ue}$ => 0,36 * Ue = 2,68mV => Ue = $\frac{2{,}68mV}{0{,}36}$ ~= 7,4mV.

La valeur de l'antenne d'émission « cornet » est donc d'environ 7,4mV.

On connait maintenant la tension reçue par l'antenne ainsi que la valeur de sa résistance, on peut donc calculer la puissance correspondante avec la formule P = $\frac{U^2}{R}$, donc :

P = $\frac{(2{,}68*10^{-3}V)^2}{50ohm} = 143*10$^-9 W = 143nW.

La puissance corresponde à une résistance de 50ohm vaut 143nW.

## III) Evolution de l'amplitude du champ reçu en fonction de la distance.

**Présentation théorique.**

Dans cette partie nous allons d'abord calculer l'affaiblissement pour une distance de 2m puis pour une distance de 100m. Pour cela, on sait que $\alpha$ = $(\frac{c}{4*pi*d*f})^2$, que f = 9,4GHz et que c (célérité de la lumière) = 3*10^8 m/s. Donc

Pour d1 = 2m :

$\alpha$ = $(\frac{3*10^8}{4*pi*2*(9{,}4*10^9)})^2$ = 1,6*10^-6, donc pour une distance de 2m, l'affaiblissement aura une valeur de 1,6*10^-6.

Pour d2 = 100m :

$\alpha$ = $(\frac{3*10^8}{4*pi*100*(9,4*10^9)})^2$ = 645*10^-12, donc pour une distance de 100m, l'affaiblissement aura une valeur de 645*10^-12.

Nous connaissons la formule de friss qui est la suivante :

$$\mathrm{Pr(W)} = \mathrm{Pe(W)} \times \mathrm{Ae} \times \mathrm{Ar} \times \left(\frac{c}{4 \times \pi \times d \times f}\right)^2$$

A partir de cette dernière nous allons tenter d'exprimer l'équation suivante :

$$\boxed{\mathrm{Pr}(dBm) = \mathrm{Pe}(dBm) + \mathrm{Ge}(dBi) + \mathrm{Gr}(dBi) + \alpha(dB)}$$

On sait également que l'on passe de la puissance en Watt à la puissance en dbm avec l'équation suivante : P(dbm) = 10Log($\frac{P(W)}{1m}$). On met donc la formule de Friss dans l'équation des dbm, puis on développe :

- ⇨ P(dbm) = 10Log($\frac{Pe(w)*Ae*Ar*\alpha}{1mW}$)

*(Log($\frac{a}{b}$) = Log(a) – Log(b))*

Donc :

- ⇨ P(dbm) = 10 * [Log(Pe(w) * Ae * Ar * $\alpha$) – Log(1mW)]
- ⇨ P(dbm) = 10 * Log(Pe(w) * Ae * Ar * $\alpha$).

*Log(a*b*c*n) = Log(a) + Log(b) + Log(c) + … Log(n)*

Donc :

- ⇨ P(dbm) = 10 * [ Log(Pe(W)) + Log(Ae) + Log(Ar) + Log($\alpha$) ]
- ⇨ P(dbm) = 10 * Log(Pe(W)) + 10 * Log(Ae) + 10 * Log(Ar) + 10 * Log($\alpha$)

Par identifications :

- 10 * Log(Pe(W)) = Pe(db)
- 10 * Log(Ae) = Ge(dbi)
- 10 * Log(Ar) = Gr(dbi)
- 10 * Log($\alpha$) = $\alpha$(db)

On retrouve donc bien la formule voulue : $\boxed{\mathrm{Pr}(dBm) = \mathrm{Pe}(dBm) + \mathrm{Ge}(dBi) + \mathrm{Gr}(dBi) + \alpha(dB)}$.

L'expression de $\alpha$(db) est donc : $\alpha$(db) = 10 * Log($(\frac{c}{4*pi*d*f})^2$)

*Application numérique :*

On calcul la puissance Pe en dbm sachant que Pe(w)= 20mW et que Pe(dbm) = 10 * Log($\frac{Pe(w)}{10^{-3}}$).
Pe(dbm) = 10 * Log($\frac{(20*10^{-3})}{10^{-3}}$) = 13db.
La valeur de Pe en dbm est de 13 db.

On calcul l'affaiblissement pour d1 = 2m :
$\alpha$(db) = 10 * Log(($\frac{c}{4*pi*d*f}$)$^2$) = 10 * Log(($\frac{3*10^8}{4*pi*2*(9,4*10^9)}$))$^2$ = - 58db.
La valeur de l'affaiblissement pour une distance de 2m dans ces conditions vaut -58db.

On peut en déduire la valeur de Pr(dbm) selon la formule de Friss. Pr(dbm) = Pe(dbm) + Ge(dbi) + Gr(dbi) + $\alpha$(db) = 13 + 5 + 2,1 + (-58) = -38db.
La valeur de Pr(dbm) est d'environ -38db.

**Mesure expérimentale de l'évolution de la puissance reçue en fonction de la distance.**

Dans cette expérience, nous allons relever la tension au dîpole et le rapport de tension sur différentes distance dans un tableur. Pour pouvoir relever ses valeurs, nous allons travailler sur la chambre anéchoïde vu précédemment. Nous allons faire coulisser l'antenne émettrice sur un guide gradué. On rappelle que la graduation du support correspond en fait à une distance de 17cm par rapport à l'axe de l'antenne. La distance d séparant les 2 antennes est donc égale à : d = dg + 0,17 en mètres où dg est la distance indiquée sur le guide gradué.
Nous allons faire varier la position de l'entenne émettrice de 0,6m à 1,47m par pas de 3cm puis à chaque « pas » nous relevons dans un tableur, la distance dg , la tension U, et A.

Maintenant, pour obtenir la distance exacte entre les deux antenne nous allons rajouter dans notre tableur une colonne nommée « D » qui ajoutera 0,17m à notre valeur relevée dg.

Enfin, nous ajouterons une colonne qui calcule la puissance reçue à partir de la tension relevée si cette tension est sur une résistance d'une valeur de 50 Ohm. Pour cela on intégrera dans notre tableau la formule P = $\frac{U^2}{R}$ U étant la valeur de la tension à la réception.

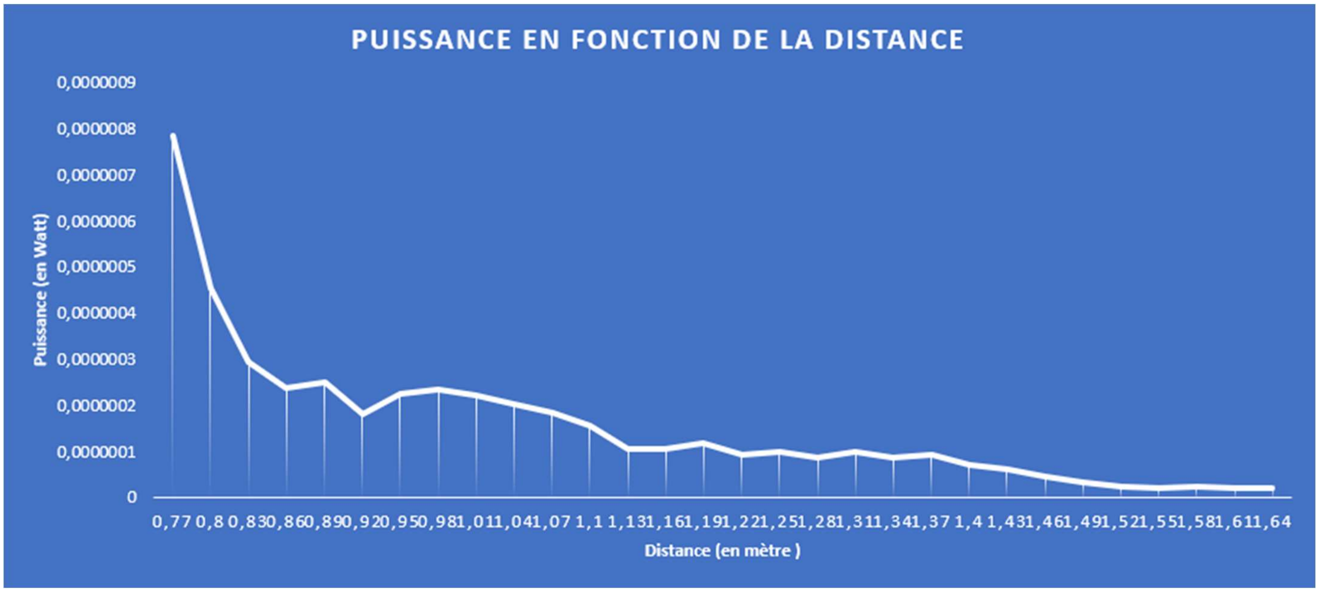
Nous obtenons donc la tableur suivant :

*<u>Tableau relevée</u>*

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | dg (mètre) | U (mv) | A | D | Puissance à la réception |
| 2 | 0,6 | 6,27 | 0,64 | 0,77 | 7,86258E-07 |
| 3 | 0,63 | 4,77 | 0,47 | 0,8 | 4,55058E-07 |
| 4 | 0,66 | 3,84 | 0,42 | 0,83 | 2,94912E-07 |
| 5 | 0,69 | 3,45 | 0,4 | 0,86 | 2,3805E-07 |
| 6 | 0,72 | 3,55 | 0,41 | 0,89 | 2,5205E-07 |
| 7 | 0,75 | 3,01 | 0,37 | 0,92 | 1,81202E-07 |
| 8 | 0,78 | 3,36 | 0,39 | 0,95 | 2,25792E-07 |
| 9 | 0,81 | 3,44 | 0,4 | 0,98 | 2,36672E-07 |
| 10 | 0,84 | 3,34 | 0,39 | 1,01 | 2,23112E-07 |
| 11 | 0,87 | 3,19 | 0,3 | 1,04 | 2,03522E-07 |
| 12 | 0,9 | 3,04 | 0,37 | 1,07 | 1,84832E-07 |
| 13 | 0,93 | 2,8 | 0,36 | 1,1 | 1,568E-07 |
| 14 | 0,96 | 2,3 | 0,33 | 1,13 | 1,058E-07 |
| 15 | 0,99 | 2,3 | 0,33 | 1,16 | 1,058E-07 |
| 16 | 1,02 | 2,44 | 0,33 | 1,19 | 1,19072E-07 |
| 17 | 1,05 | 2,15 | 0,31 | 1,22 | 9,245E-08 |
| 18 | 1,08 | 2,25 | 0,32 | 1,25 | 1,0125E-07 |
| 19 | 1,11 | 2,1 | 0,31 | 1,28 | 8,82E-08 |
| 20 | 1,14 | 2,22 | 0,31 | 1,31 | 9,8568E-08 |
| 21 | 1,17 | 2,09 | 0,32 | 1,34 | 8,7362E-08 |
| 22 | 1,2 | 2,15 | 0,32 | 1,37 | 9,245E-08 |
| 23 | 1,23 | 1,88 | 0,3 | 1,4 | 7,0688E-08 |
| 24 | 1,26 | 1,75 | 0,3 | 1,43 | 6,125E-08 |
| 25 | 1,29 | 1,53 | 0,27 | 1,46 | 4,6818E-08 |
| 26 | 1,32 | 1,32 | 0,25 | 1,49 | 3,4848E-08 |
| 27 | 1,35 | 1,07 | 0,22 | 1,52 | 2,2898E-08 |
| 28 | 1,38 | 1 | 0,22 | 1,55 | 0,00000002 |
| 29 | 1,41 | 1,1 | 0,23 | 1,58 | 2,42E-08 |
| 30 | 1,44 | 1,05 | 0,22 | 1,61 | 2,205E-08 |
| 31 | 1,47 | 1,06 | 0,22 | 1,64 | 2,2472E-08 |

On peut déjà observer quelque information intéressante. Plus la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, plus la tension à la réception baisse, de même pour A qui varie entre 0,22 et 0,64 et la puissance à la réception.

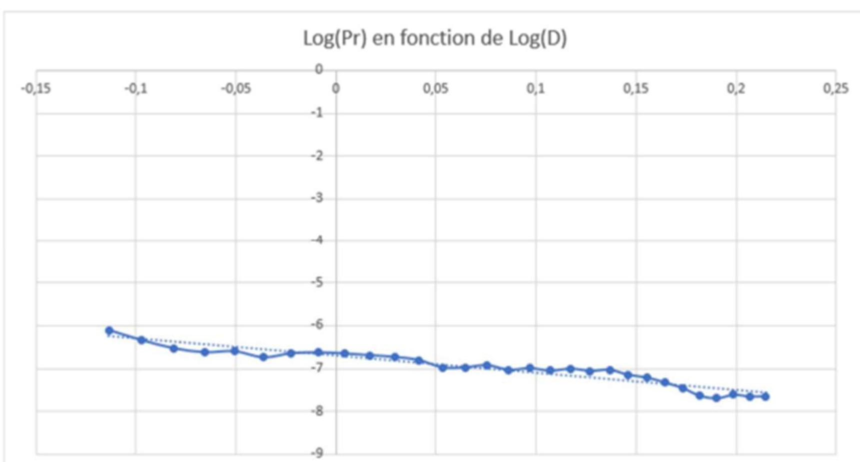
Pour confirmer cela nous allons tracer l'évolution de cette puissance en fonction de la distance :




On observe que la courbe tend vers 0 à mesure que la distance augmente. On en conclue que plus la distance augmente, plus la puissance diminue.

**<u>Exploitation des résultats.</u>**

On va rajouter deux colonne afin de calculer Log(d) et Log(Pr) puis créer une courbe représentative de la fonction de Log(Pr) en fonction de Log(D) à laquelle on ajoute une courbe de tendance :




Selon l'annexe une régression linéaire correspond à présumer la forme de la fonction qui ici est de la forme ax + b à partir du nuage de point. Comme on l'observe ci-dessus, on observe qu'une une droite à été créer à partir du nuage de point créer.

A présent on va calculer le coefficient de corrélation pour savoir si Log(pr) est une droitr valide. On sait que la différence entre le coefficient de régression et le coefficient de détermination et que l'un permet de mesurer la relation entre 2 variable.

On va donc calculer le coefficient de corrélation de la manière suivante dans Excel :

```
=COEFFICIENT.CORRELATION(H2:H31;I2:I31)
```

On obtient la valeur suivante :

| Coefficient de correlation |
|---|
| -0,95420817 |

On observe que la valeur n'est pas compris entre 0,9 et 1 donc en conclue que l'approximation de Log(Pr) n'est pas valide.

On doit maintenant trouver l'équation de Log(Pr) et Log(d) mais par manque de temps je n'ai pas pu la faire. Je sais que cette dernière doit être sous la forme « ax +b ».