

Radio-interférométrie

Par Joël Lapointe

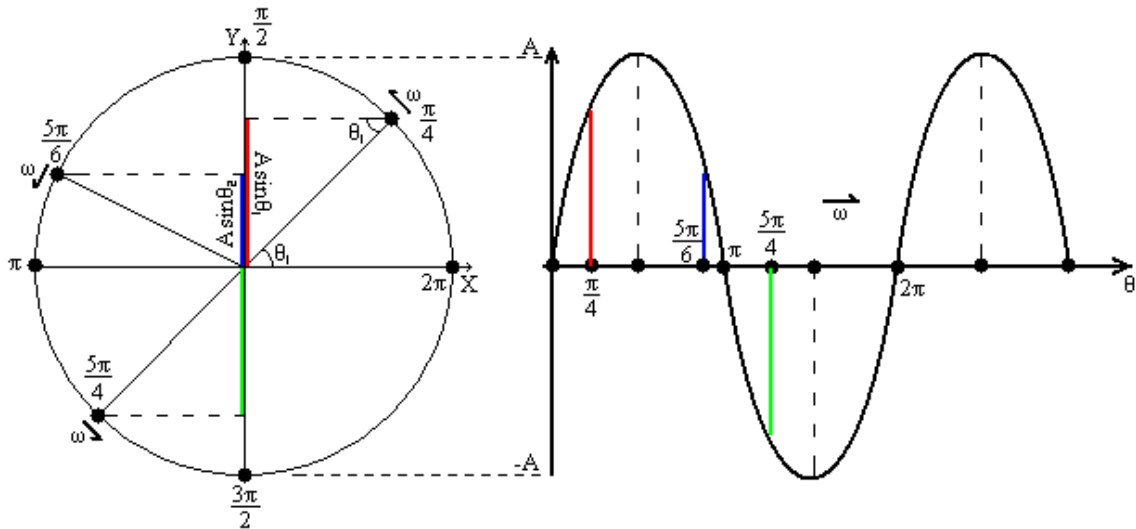
Ce document est sous le joug de la licence [copyleft](#) © venant de la [General Public Licence](#) (GPL). Vous avez le droit d'utiliser, copier, distribuer ce présent document. Mais si vous voulez le modifier, il serait apprécié d'en aviser l'auteur via ce courriel : joellapointe1717@gmail.com . En effet, la véracité théorique de ce présent document est garant de la réputation d'un individu. Ainsi, l'auteur vous invite à répandre la connaissance humaine qui peut se passer des frontières du droit à la propriété et créer des initiatives qui feront avancer nos sociétés.

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES.....	1
LES ONDES RADIO	2
L'INTERFÉROMÉTRIE	3
LE DÉPHASAGE DES ANTENNES	3
LES INTERFÉRENCES	5
ÉQUATIONS UTILES.....	6

Interféromètre Radio

Les ondes radio



Le mouvement oscillant peut être expliqué mathématiquement avec le cercle trigonométrique. Un point se promène sur le cercle à vitesse angulaire « ω » constante. Le sinus de l'angle en radian représente la composante sur l'axe « Y » du vecteur position angulaire du point qui course sur le cercle. Cette composante varie en forme de sinus selon l'angle θ .

L'équation d'une onde : $A=A_0 \sin \theta$

De plus, l'angle varie selon la vitesse angulaire, le temps et l'angle initial :

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \omega$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \omega\Delta t$$

$$\Rightarrow \theta = \omega\Delta t + \theta_0$$

Finalement, remplaçons θ_0 par ϕ

$$\theta = \omega\Delta t + \phi$$

Donc, $A = A_0 \sin(\omega\Delta t + \phi)$

Le terme compris dans le sinus s'appelle la « phase » qui est en fait l'angle du sinus. Le terme « Φ » s'appelle de déphasage est en fait l'angle initial de départ. Le sinus module l'amplitude « A » car si le sinus vaut 1, A ne change pas. L'amplitude peut être l'intensité d'un champ, la hauteur d'une vague... bref, toute grandeur physique variant selon ce schéma. La grandeur qui nous intéresse est l'intensité du champ électromagnétique « E ». Donc, à partir de maintenant, $E = E_0 \sin(\omega t + \phi)$.

L'interférométrie

Le déphasage des ondes incidentes

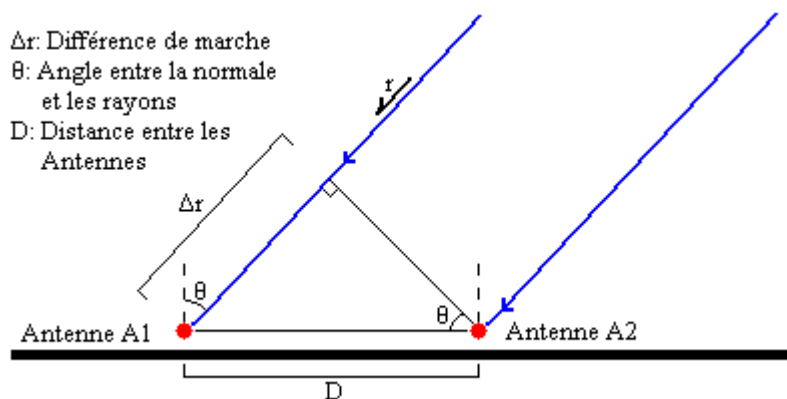


Figure 1. Différence de marche

Ici, deux rayons parallèles venant de la même source et émis en même temps (donc en phase) sont détectés par deux antennes distantes. Outre le cas où la droite reliant les 2 antennes est parallèle au front d'onde, la réception se fait avec un délai « Δt ». Ce délai se traduit physiquement par une distance parcourue différente entre les deux rayons que l'on nomme différence de marche « Δr ». Il est possible d'exprimer cette différence de marche en fonction de la distance entre les deux antennes et l'angle d'incidence des rayons.

$$\frac{\Delta r}{D} = \sin \theta$$

$$\Rightarrow \Delta r = D \sin \theta$$

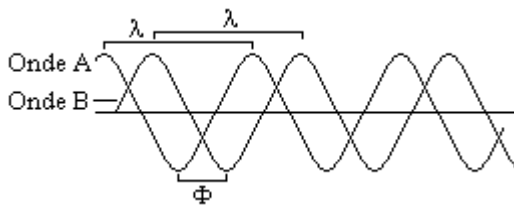


Figure 2. Déphasage

La différence de marche entre deux ondes peut être exprimée comme une différence de phase entre ces deux mêmes ondes. Le déphasage d'une onde est noté « Φ » et prend place dans la « phase » de l'équation de l'onde déphasée : $I = I_0 \sin(\omega t + \phi)$. L'équation de l'onde de référence (sans déphasage) reste inchangé : $I = I_0 \sin(\omega t)$.

Dans la différence de marche, l'onde a eu le temps de faire quelques fois sa longueur : $\Delta r = k\lambda$. Ainsi, pendant son déphasage, l'onde a eu le temps de faire plusieurs fois un cycle de 2π . Donc, on peut décomposer le déphasage en une distance parcourue par cycles :

$$\Delta r = k \lambda$$

$$\Delta r = \frac{\phi}{2\pi} \lambda,$$

$\frac{\phi}{2\pi}$ étant le nb de cycles dans le déphasage

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta r}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \phi = 2\pi \frac{\Delta r}{\lambda} \text{ ou } \Delta r = \lambda \frac{\phi}{2\pi}$$

$$\Rightarrow \phi = 2\pi \frac{D \sin \theta}{\lambda} \text{ ou } D \sin \theta = \lambda \frac{\phi}{2\pi}$$

Les interférences

Soit un point donné dans l'espace, des ondes le traverse, leur amplitude s'additionne pour donner une onde plus haute, plus basse ou nulle. Lorsque deux crêtes sont en phase, elles s'additionnent et on appelle ça une interférence constructive. Si une crête est déphasée de π rad, il y a interférence destructive.

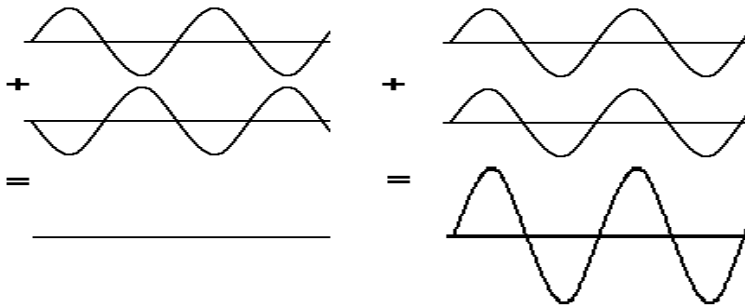


Figure 3. Interférence

L'équation générale pour l'intensité de l'onde totale est développée en posant $E_{10}=E_{20}$ car la source des deux ondes est la même.

$$\begin{aligned}
 E_{tot} &= E_1 + E_2 \\
 &= E_{1_0} \sin(\omega t) + E_{2_0} \sin(\omega t + \phi) \text{ et } E_{1_0} = E_{2_0} \\
 &= E_0 \left[\underline{\sin(\omega t)} + \underline{\sin(\omega t + \phi)} \right]
 \end{aligned}$$

$$\text{et } \sin p + \sin q = 2 \sin\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$\Rightarrow E_0 \left[\underline{\sin(\omega t)} + \underline{\sin(\omega t + \phi)} \right] = 2E_0 \sin\left(\frac{\omega t + \omega t + \phi}{2}\right) \cos\left(\frac{\cancel{\omega t} - \omega t + \phi}{2}\right)$$

$$E_0 \left[\underline{\sin(\omega t)} + \underline{\sin(\omega t + \phi)} \right] = 2E_0 \sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right) \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

Maintenant, nous pouvons faire de l'interférométrie radio! Dans la réalité, vous allez fixer l'antenne de façon à ce que l'astre observé passe devant. La terre bouge d'Ouest en est, donc la position des antennes bouge. La différence de marche en fait tout autant. Donc l'intensité de l'interférence évolue en fonction de ce mouvement. À un moment donné, les ondes peuvent être constructives ou destructives ce qui trace un graphique en forme de sinus (ou de cosinus). **Mais ce tracé a une intensité estompée sur les bords à cause de la diffraction des ondes.(section à développer...)**

Équations utiles

Intensité du champs électrique en fonction du temps.

$$E = E_0 \sin(\omega \Delta t + \phi)$$

Relation entre différence de marche et déphasage.

$$\phi = 2\pi \frac{D \sin \theta}{\lambda} \text{ ou } D \sin \theta = \lambda \frac{\phi}{2\pi}$$

Intensité du champs électrique lors d'une interférence entre deux ondes.

$$E_{tot} = 2E_0 \sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right) \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$$