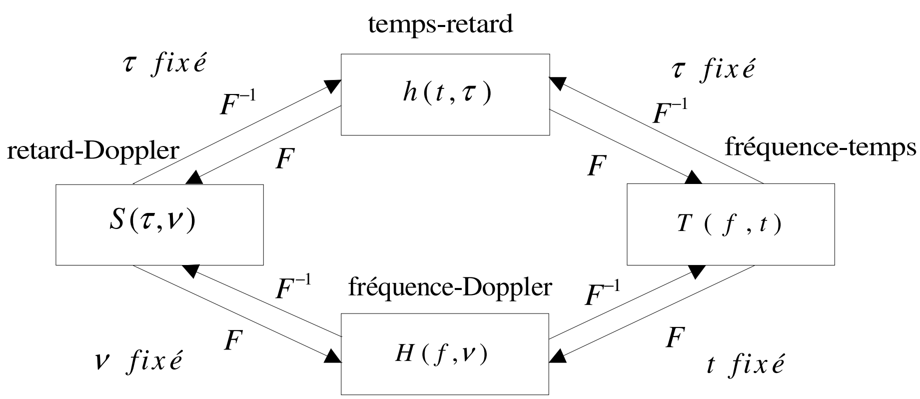
Les ondes électromagnétiques (3)

Hervé Sizun

Représentation du canal radiomobile



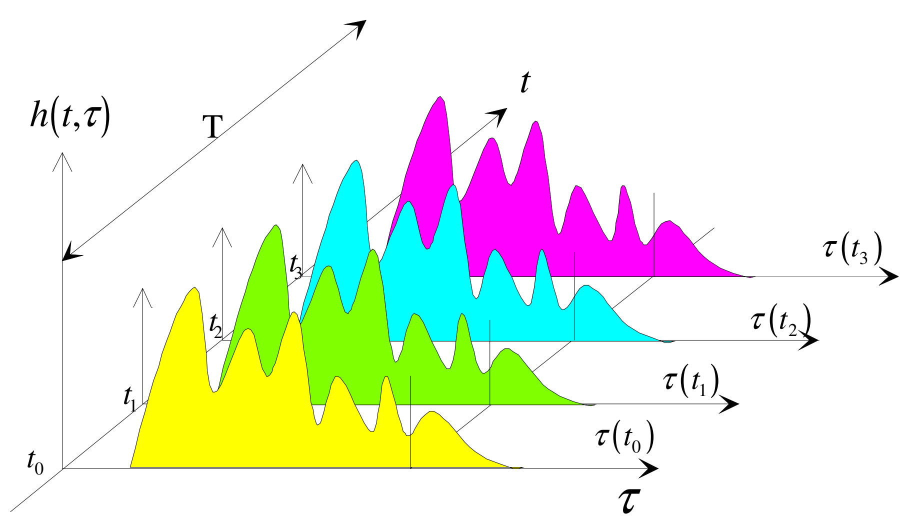
Représentation temps-retard

La représentation temps-retard permet de décrire
le signal de sortie y(t) en fonction du signal d'entrée x(t)
sous la forme d'une équation de convolution
dont le noyau est variable dans le temps :

$$y(t) = \int_0^{\infty} h(t,\tau)x(t-\tau)d\tau$$

où $h(t,\tau)$ est la réponse à l'instant t à une impulsion radioélectrique x(t) que l'on aurait émise à l'instant $t-\tau$.
Elle définit totalement le canal de propagation.
Elle permet de distinguer les différents échos
en fonction de leurs retards de propagation.

Représentation temps-retard



Représentation retard-décalage Doppler

La représentation S(τ,ν) dans l'espace retard-décalage Doppler est très séduisante du point de vue de l'analyse physique des trajets de propagation. Elle permet d'une part de suivre l'évolution des différents trajets de propagation lors du déplacement d'un mobile à vitesse constante. D'autre part, pour un trajet de propagation stable, l'évolution du décalage en fréquence fournira l'information sur son angle d'arrivée. Cette fonction S(τ,ν) se définit par la relation :

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} x(t-\tau) S(\tau,\nu)\, \mathrm{e}^{2\pi j \tau t}\, d\nu\, d\tau$$

avec la relation

$$h(t,\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(\tau,\nu) e^{2\pi j \nu t}\, d\nu$$

Représentation décalage Doppler-fréquence

La fonction H(f,ν), duale de la fonction h(t,τ), permet d'illustrer le décalage en fréquence Doppler en fonction de la fréquence. Cette fonction se définit ainsi :

$$Y(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f-\nu) H(f,\nu)\, d\nu$$

où :

X(f)et Y(f) sont respectivement les transformées de Fourier de x(t) et y(t).

Cette fonction permet d'identifier directement chacun des décalages en fréquence. Elle permet également de caractériser la sélectivité en fréquence du canal.

Représentation affaiblissement-temps

La fonction de transfert T(f,t) permet d'étudier, en fonction du temps, les effets des trajets multiples (affaiblissement temporel ou, le mobile se déplaçant, spatial) et de caractériser ainsi le canal de propagation en bande étroite. Elle se définit par la relation :

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f)T(f,t)e^{2\pi jft}df$$

Représentation large bande

- **Il est usuel de qualifier la sélectivité du canal par des paramètres déduits du profil moyen de puissance de la RI**
  - Retard moyen,
  - Étalement des retards,
  - L'intervalle des retards,
  - La fenêtre des retards,
  - La bande de cohérence

Densité de puissance

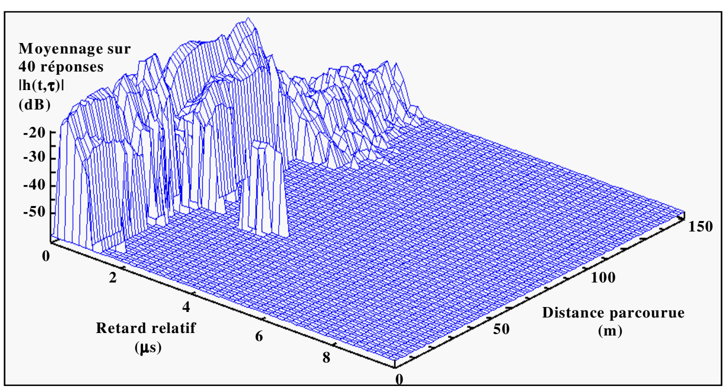
- **On définit la densité de puissance moyenne P(τ) de la réponse impulsionnelle (« average delay profile ») à partir de h(t,τ) par la relation :**

$$P(\tau) = \frac{1}{T}\int_0^T \left| h(t,\tau) \right|^2 dt$$

- **La durée T est choisie de telle sorte que sur cette durée, les RI mesurées sont représentables par un processus aléatoire stationnaire**

Exemple de variation de RI

- **Variation de RI lorsque le mobile tourne un coin de rue (réduction de P de 10 dB, forme modifiée)**



Retard moyen

Le retard moyen est la moyenne des retards pondérés par leur puissance. Il est donné par le moment d'ordre un de la réponse impulsionnelle :

$$\tau_m(t) = \frac{1}{P_m} \int_{\tau_{LOS}}^{\tau_3} (\tau - \tau_{LOS}) P(t,\tau) d\tau$$

où :

- τ_{LOS} est le temps de propagation en visibilité directe,
- τ_3 est l'instant où $P(\tau)$ dépasse le seuil de coupure pour la dernière fois,
- P_m est l'énergie totale de la réponse impulsionnelle, définie par la relation suivante :

$$P_m = \int_{\tau_0}^{\tau_3} P(\tau) d\tau$$

où :

- $P(\tau)$ est la densité de puissance de la réponse impulsionnelle,
- τ est le retard en excès,
- τ_0 est l'instant où $P(\tau)$ dépasse le seuil de coupure pour la première fois.

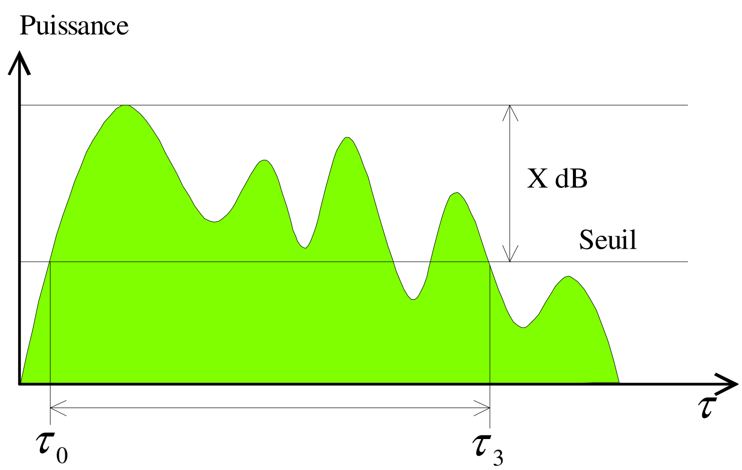
La dispersion des retards

La dispersion des retards ou écart-type des retards pondérés par leur puissance est donné par le second moment de la réponse impulsionnelle :

$$Disp.\_retard(t) = \sqrt{\frac{1}{P_m} \int_{\tau_0}^{\tau_3} \tau^2 P(\tau) d\tau - \left[\frac{1}{P_m} \int_{\tau_0}^{\tau_3} \tau P(\tau) d\tau \right]^2}$$

La dispersion des retards illustre le risque d'apparition d'interférences inter-symboles et les effets perturbateurs que les échos lointains et puissants sont susceptibles d'engendrer.

L'intervalle des retards

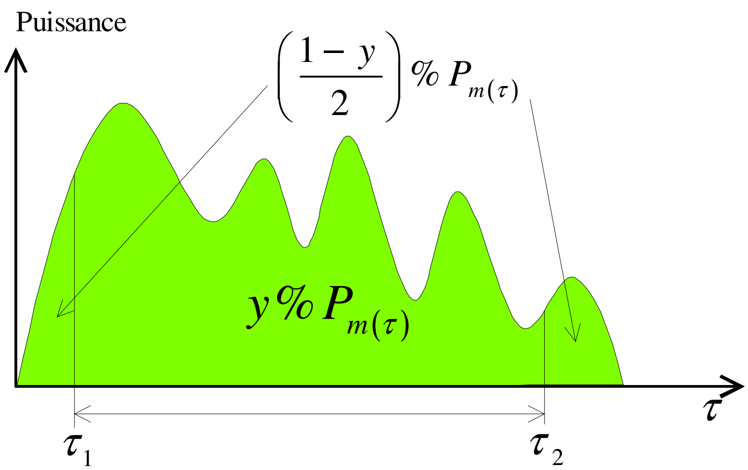


La fenêtre des retards

La fenêtre des retards à y %, est la durée de la portion centrale (τ_2-τ_1) de la réponse impulsionnelle qui contient y% de l'énergie totale. Les instants τ_1 et τ_2 sont définis par la relation :

$$\int_{\tau_1}^{\tau_2} P(\tau)d\tau = \frac{y}{100}\int_{\tau_0}^{\tau_3} P(\tau)d\tau = \frac{y}{100}P_m$$

La fenêtre des retards



La bande de cohérence

La bande de cohérence (Bcohérence) du canal est définie de la façon suivante. Soit C(t,f) l'autocorrélation de la fonction de transfert (Transformée de Fourier de la puissance de la réponse impulsionnelle).

$$C(t,f) = \int_{\tau_0}^{\tau_3} P(\tau) e^{-2\pi jft} d\tau$$

La largeur de bande de corrélation est définie comme la fréquence pour laquelle |C(t,f)| est égale à x % de C(t,f=0) . Elle indique l'amplitude de l'affaiblissement sélectif en fonction de la séparation en fréquence.

La bande de corrélation est reliée à la dispersion des retards par la relation suivante :

$$Bcohérence.Disp.\_\,retard = \frac{1}{2\pi}$$