

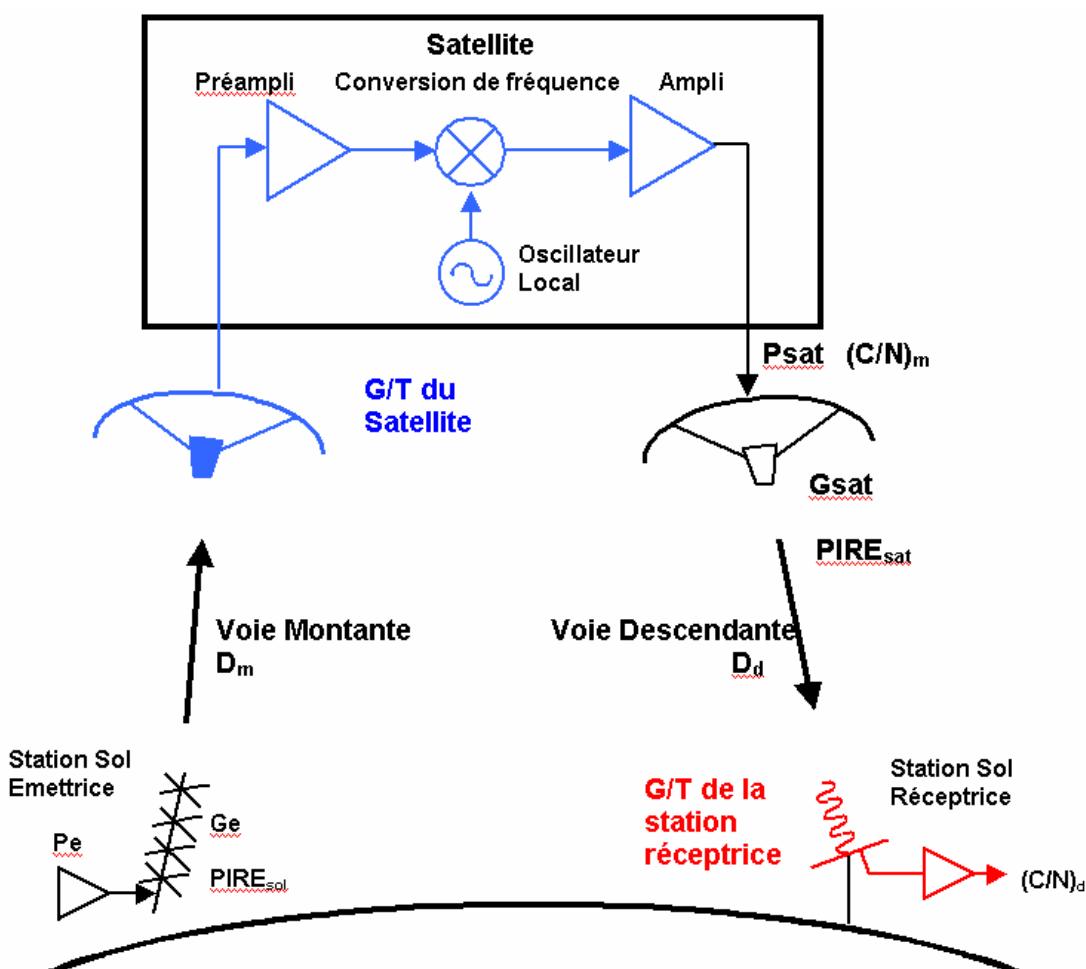
Introduction au trafic satellite Calcul des bilans de liaison

Dans cet article nous allons aborder le calcul du bilan de liaison lors d'une communication entre deux stations au sol et un satellite.

Nous appelons « bilan de liaison » l'équation permettant de calculer le rapport signal utile sur bruit en sortie du récepteur en fonction de tous les paramètres qui influent sur la puissance de l'onde émise. Toute liaison satellite se décompose en deux parties : la liaison montante c'est à dire le transfert du signal depuis la station émettrice terrienne vers le satellite, et la liaison descendante c'est à dire le transfert du signal du satellite jusqu'à la station réceptrice terrienne.

Nous avons donc deux bilans de liaisons distincts. Pour chacun des deux nous retrouvons le fameux paramètre G/T défini dans l'article précédent. Notons également que dans le domaine spatial nous parlons beaucoup de PIRE ou Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente qui est le produit de la puissance fournie à l'entrée de l'antenne d'émission par son gain. Comme les puissances et les antennes utilisées sont très diverses d'une station à une autre, la PIRE fournit un paramètre commun permettant une vraie comparaison directe et objective entre stations différentes de la même manière que le G/T .

Nous avons donc introduit les deux paramètres fondamentaux d'une station d'émission - réception satellite : le G/T pour la réception et la PIRE pour l'émission. Le satellite est caractérisé de la même façon.



Synoptique d'une liaison via satellite

Bilan de liaison pour la voie montante

Soit $(C/N)_m$ le rapport signal sur bruit au niveau du satellite.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_m = \frac{PIRE_{sol} \left(\frac{G}{T}\right)_{sat} L_m}{kB}$$

$PIRE_{sol}$ = PIRE de la station terrienne émettrice = Puissance fournie à l'antenne P_e * Gain de l'antenne G_e

$(G/T)_{sat}$ = facteur de mérite du satellite

L_m = paramètre dépendant de la longueur d'onde λ du signal transmis et de la distance D_m

entre la station sol émettrice et le satellite = $\left(\frac{1}{4pD_m}\right)^2$

k = constante de Boltzmann = $1.38 \cdot 10^{-23}$ W/Hz/K

B = bande passante équivalente de bruit soit en bonne approximation la bande passante des filtres pour le type de modulation utilisée. Par exemple pour la BLU, B est de 3KHz environ.

Exprimé en dB nous avons : $\left(\frac{C}{N}\right)_{m,dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{C}{N}\right)_m$

Bilan de liaison pour la voie descendante

Soit $(C/N)_d$ le rapport signal sur bruit au niveau de la station de réception sol

$$\left(\frac{C}{N}\right)_d = \frac{PIRE_{sat} \left(\frac{G}{T}\right)_{sol} L_d}{kB}$$

$PIRE_{sat}$ = PIRE du satellite = Puissance fournie à l'antenne P_{sat} * Gain de l'antenne G_{sat}
 P_{sat} peut se déterminer avec $(C/N)_m$ calculé précédemment et le plancher de bruit P_{bruit} du transpondeur du satellite dans B . Dans ce cas : $P_{sat} = (C/N)_m + P_{bruit}$

$(G/T)_{sol}$ = facteur de mérite de la station sol

L_d = paramètre dépendant de la longueur d'onde λ du signal transmis et de la distance D_d

entre le satellite et la station réceptrice = $\left(\frac{1}{4pD_d}\right)^2$

k = constante de Boltzmann = $1.38 \cdot 10^{-23}$ W/Hz/K

B = bande passante équivalente de bruit soit en bonne approximation la bande passante des filtres pour le type de modulation utilisée.

Ce bilan de liaison ne prend pas en compte le bruit superposé au signal lors de la liaison Terre → Satellite. Nous faisons comme si la liaison montante n'apportait pas de bruit. Il faut donc voir ce bilan de liaison comme indépendant du premier.

Exprimé en dB nous avons : $\left(\frac{C}{N}\right)_{d,dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{C}{N}\right)_d$

Bilan de liaison global

Le rapport signal sur bruit de la liaison global se déduit des deux derniers par la formule incontournable dans les communications spatiales:

$$\frac{C}{N} = \frac{1}{\frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_m} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_d}}$$

C/N est le rapport signal sur bruit en sortie du récepteur de la station terrienne.
Cette formule est en fait générale et s'applique pour toute liaison utilisant un transpondeur linéaire spatial ou terrestre.

Ces quelques formules fondamentales permettent de mieux comprendre comment sont calculés les bilans de liaison dans le domaine spatial. Elles permettent de dimensionner les antennes et les émetteurs des satellites en fonction de la mission visée c'est à dire du type de transmission (analogique, numérique ...), de la couverture, de l'accessibilité etc...

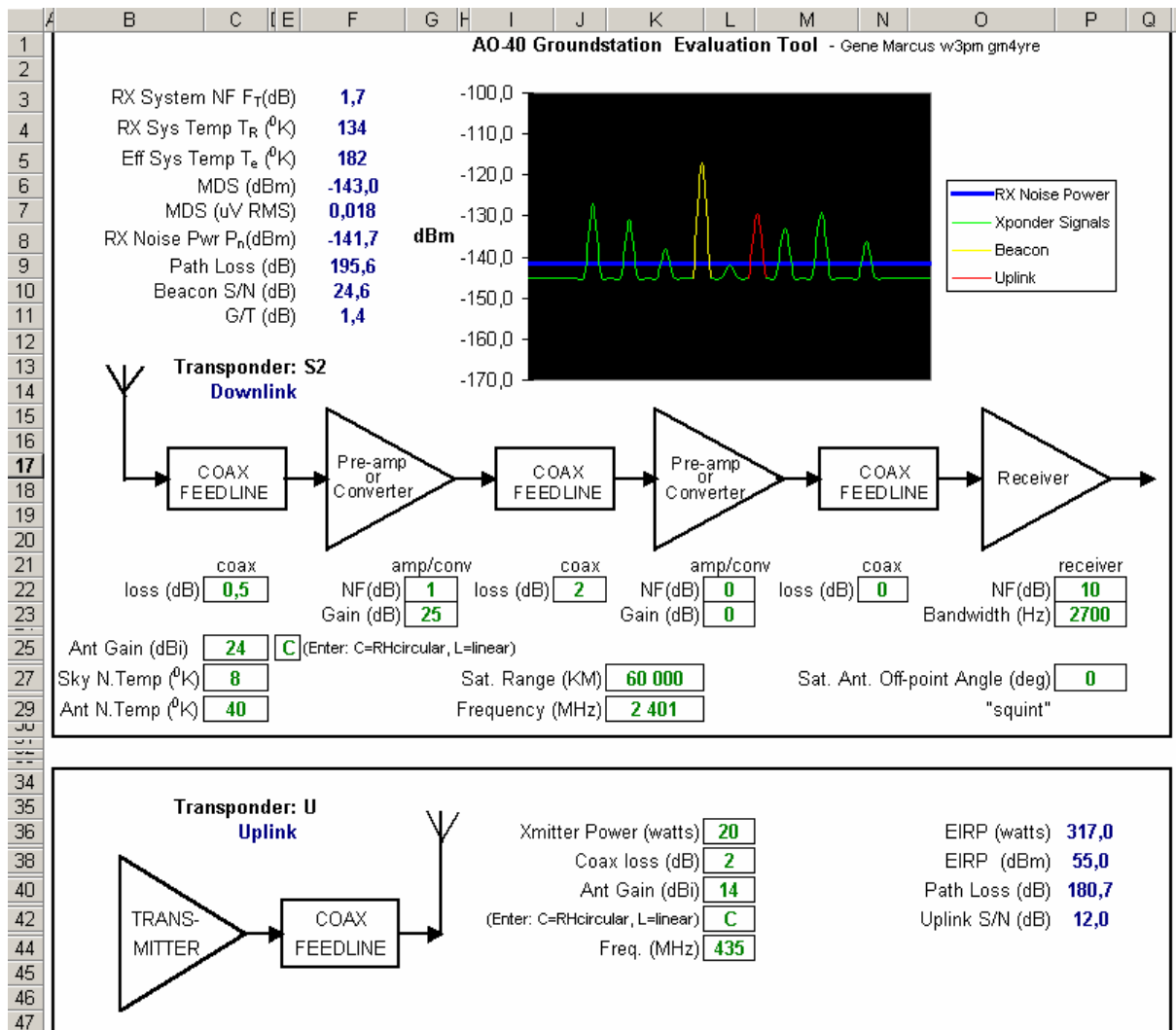
Les logiciels de calcul de liaison se basent sur ces équations.

Je vous recommande un programme de calcul de bilans de liaison sous Excell pour le trafic via AO-40. Il est l'œuvre de W3PM et GM4YRE. Vous pouvez le télécharger sur :

<http://home.hiwaay.net/~mmarcus/download/>

Le nom du fichier est [ao40v2.0.xls](#) .

Il est simple à utiliser car tous les paramètres du satellite (PIRE, G/T, etc...) y sont déjà inclus. Il suffit de connaître les caractéristiques de sa station pour pouvoir l'utiliser.



Feuille de résultats du calcul de bilan de liaison par W3PM et GM4YRE pour AO-40

La copie d'écran vous montre un exemple d'utilisation de ce programme dans le cas d'une liaison sur AO-40 avec des paramètres correspondants à des équipements classiques pour les deux stations. Les valeurs rentrées dans l'exemple correspondent à une yagi 19 éléments croisée 435MHz de chez F9FT pour la montée en bande U et une parabole de 80cm pour la descente en bande S. Le convertisseur a 1dB de facteur de bruit et la liaison au récepteur dans le shack a 2dB de perte.

Avec cette feuille de calcul vous pouvez vous rendre compte de l'importance de la modification de tel ou tel paramètre sur la performance de votre station. Au lancement du fichier Excell, vous pouvez choisir la bande de montée et de descente donc considérer par exemple une montée sur 1,296GHz et une descente sur 24 GHz.

Cette feuille ne donne pas le délais temporel que subit l'onde lors de son aller-retour au cours de la liaison. Si nous supposons que le satellite est à une distance de 60 000 km alors l'onde doit franchir au total 120 000 Km pour revenir sur votre antenne de réception, ce qui fait un écho de 400ms, phénomène assez saisissant lorsque l'on débute en trafic satellite.

A suivre ...