Controle continu Propagation domotique 2011

Cette épreuve de contrôle continu a pour but de vérifier par le calcul les informations extraites de la notice Céliane de Legrand en exploitant les résultats des deux premiers cours:

Le standard IEEE 802.15.4 (Zigbee) précise que les récepteurs doivent avoir une sensibilité minimale de $-85dBm$ pour les systèmes à $2.4GHz$. Bien entendu si un constructeur est capable d'obtenir une sensibilité meilleure rien dans la norme ne le lui interdit.

Evaluation de la marge prise par le récepteur

L'écart entre la sensibilité du récepteur exprimée en dBm et le plancher de bruit est une marge qui permet d'assurer le fonctionnement du sytème en dépit des fluctuations de puissance observées sur le canal.

L'écart entre la sensibilité du récepteur exprimée en dBm et le plancher de bruit est une marge qui permet d'assurer le fonctionnement du sytème en dépit des fluctuations de puissance observées sur le canal.

- Quelles sont les sources principales de fluctuation du signal radio en réception ?

En considérant, une bande passante de $5MHz$ et des gains d'antenne de $0dB$ à l'émission et à la réception.

- Quel est l'écart en dB entre la sensibilité et le plancher de bruit

Les sources de fluctuations sont le shadowing (variations lentes dues aux effets de masquage) et le fading (variations rapides dues à la recombinaison aléatoire des multi-trajets)

In [10]:

```
Sensibilite = -88
kBoltz   = 1.3806488*10**-23
Tdeg     = 20
TKelvin = Tdeg + 273.15
N0       = kBoltz*TKelvin
B        = 5*10**6
Pb       = N0*B
PbmW     = Pb * 10**3
PbdB     = 10*log10(Pb)
PbdBm    = 10*log10(PbmW)
print "Le plancher de bruit est :", PbdBm
print "La marge est :",Sensibilite-PbdBm
```

```
Le plancher de bruit est : -106.938568774
La marge est : 18.9385687738
```

Portée du système

- Quel est l'exposant de propagation dans le cas d'une propagation en espace libre ?

Réponse : $n = 2$

- Si l'on double la puissance émise, comment évolue la portée du système

$$Pr \propto \frac{Pt}{d^n}$$
$$\frac{Pt}{d_1^n} = \frac{2P_t}{d_2^n}$$
$$d_2^n = 2d_1^n$$
$$d_2 = 2^{1/n}d_1$$

- Dans le cas $n=2$, la distance est multipliée par $\sqrt{2} \approx 1.41 \Rightarrow$, augmentation de 41%
- Dans le cas $n=4$, la distance est multipliée par $2^{1/4} \approx 1.18 \Rightarrow$, augmentation de seulement 18%

- Si l'on améliore la sensibilité de 6dB

$$10\log_{10}(P_{r1}) = A - 10n\log_{10}d_1$$
Le système peut fonctionner à l'identique avec une puissance reçue plus faible
$$10\log_{10}(P_{r2}) = A + 6 - 10n\log_{10}d_2$$
L'égalisation de ces deux quantités permet d'exprimer le rapport entre les distances
$$10n\log_{10}d_1 = -6 + 10n\log_{10}d_2$$
$$10n\log_{10}d_2 = 10n\log_{10}d_1 + 6$$
$$d_2 = 10^{(\log_{10}d_1 + \frac{6}{10n})}$$
$$d_2 = d_1 10^{\frac{6}{10n}}$$

- Dans le cas $n=2$ une amélioration de la sensibilité de $6dB$ se traduit par eun doublement de la portée
- Dans le cas $n=4$ une amélioration de la sensibilté de $6dB$ se traduit par une augmentation de la portée de 41%

In [11]:
```
n=4
print 10**(6/(10.*n))
f      = 2.4
lam    = 0.3/f
PtdB   = 0
print 'longueur d\'onde :',lam,' m'
```

```
1.41253754462
longueur d'onde : 0.125  m
```

Portée en espace libre

$Pt = 0dBm$
$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{0.3}{2.4} = 0.125m$

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$
$$10\log_{10}Sensibilite - 10\log_{10}P_t = 20\log_{10}\frac{\lambda}{4\pi} - 20\log_{10}d_{max}$$
$$20\log_{10}d_{max} = 20\log_{10}\frac{\lambda}{4\pi} + PtdB - SensidB$$
$$d_{max} = \frac{\lambda}{4\pi}10^{\frac{PtdB - Sensibilite}{20}}$$

In [12]:
```
dmax = (lam/(4.*pi))*10**((PtdB-Sensibilite)/20.)
print dmax
```

```
249.861963788
```

Portée au dessus du sol

Au dessus du sol l'atténuation est donnée par
$$Lp(dB) = -10log10Gt - 10log10Gr - 20log10hr - 20log10ht + 40log10d$$

In [13]:
```
ht = 1.0
hr = 1.0
dmax2 = 10**((20*log10(ht)+20*log10(hr)+(PtdB-Sensibilite))/40.)
print dmax2
```

```
158.489319246
```

$$d_{max} = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{PtdB-(Sensibilite-Pmur)}{20}}$$

In [14]:
```
Pmur = 40.9
dmax2 = 10**((20*log10(ht)+20*log10(hr)+(PtdB-(Sensibilite+Pmur)))/40.)
print 'La distance maximale est : ',dmax2
```

```
La distance maximale est :  15.048735188
```

Controle continu de propagation
On considère une liaison entre antennes réalisée à la fréquence de 2.4GHz sur une bande passante de 1MHz La densité de puissance à distance d est
Quelle est la portée en espace libre ?
La sensibilité du système est de -94dBm. Cette notion
Le standard IEEE 802.15.4 (Zigbee) précise que les récepteurs doivent avoir une sensibilité minimale de -85dBm pour les systèmes à 2.4GHz et de -92dBm pour les systèmes à 900MHz. Bien sûr si un constructeur est capable d'obtenir une sensibilié meilleure rien dans la norme ne le lui interdit.

In [15]:
```
fGHz = 2.4
lamda = 0.3/fGHz
d    = arange(10,500,1)
PmindBm = -90
```

Que permet de faire une sensibilité supérieure de 6dB ?

La norme précise également que le niveau de puissance émise doit être au minimum de $Pt_{min} = -3dBm$

In [27]:
```
PtmindBm = 0
Ptmin = 10**(PtmindBm/10.)
print "Ptmin, " Watt"
```

```
1.0  Watt
```

Quelle est la valeur de Pt_min en mW ? Il existe sur le marché des émetteurs avec des puissances d'émission de 0dBm et de 3dBm

In [17]:
```
Iactive_mu    = 8*1e-3
Isleep_mu     = 1.5*1e-6
Iactive_rdaio = 17*1e-3
Isleep_radio  = 0.7*1e-6
```

```
Batterie_Ah = 2700*1e-3
```

$$L_p(dB) = -10\log_{10}G_t - 10\log_{10}G_r - 20\log_{10}h_r - 20\log_{10}h_t + 40\log_{10}d$$

In [18]:
```
ht = 1.
hr = 1.
LFS = 32.44+ 20*log10(fGHz)+20*log10(d)
LDR = -20*log10(ht)-20*log10(hr)+40*log10(d)
```

Calcul de la sensibilité Zigbee
Le système Zigbee est constitué de 16 canaux adjascents de 5MHz
La sensibilité intègre les différentes marges à prendre pour encaisser le fading et tenir compte des pertes

In [19]:
```
kBoltz  = 1.3806488*10**-23
Tdeg    = 20
TKelvin = Tdeg + 273.15
N0      = kBoltz*TKelvin
B       = 5*10**6
Pb      = N0*B
PbmW    = Pb * 10**3
PbdB    = 10*log10(Pb)
PbdBm   = 10*log10(PbmW)
print PbdBm
```

```
-106.938568774
```

In [20]:
```
Marge = PmindBm - PbdBm
print Marge
```

```
16.9385687738
```

Si l'on définit la marge comme la différence la sensibilité et la puissance de bruit. Quelle est la marge de ce système ?
Cette marge tient compte du niveau de SNR requis pour avoir des performances acceptables, des différentes pertes et factreurs de bruit des amplificateurs ainsi qu'une marge de fading destinée à encaisser les fluctuations rapides du signal.

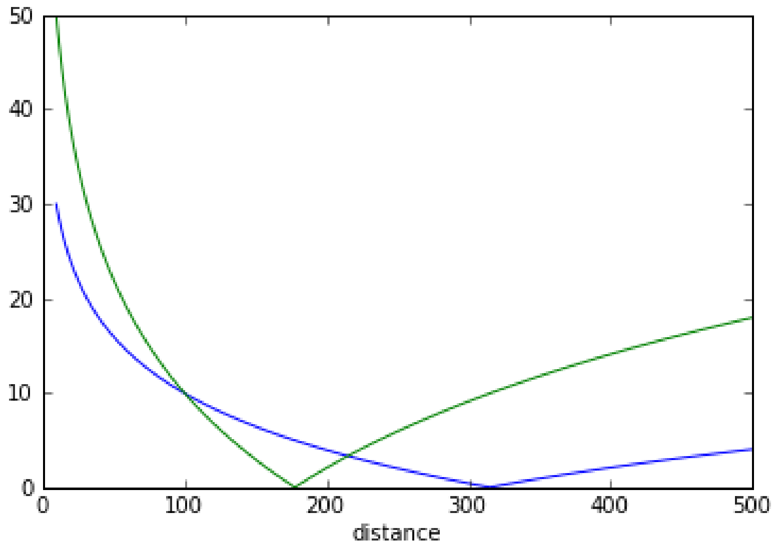
In [21]:
```
budget = PtmindBm + abs(PmindBm)
```

In [26]:
```
print budget,'dB'
```

```
90 dB
```

In [23]:
```
plot(d,abs(budget-LFS),d,abs(budget-LDR))
xlabel('distance')
```

Out[23]:
```
<matplotlib.text.Text at 0x9ef942c>
```



On se place à présent sur un terrain plat humide de sorte que la réflexion est supposée toatle les antennes sont à 1 mètre l'une de l'autre

$$L_p(dB) = -10\log_{10}G_t - 10\log_{10}G_r - 20\log_{10}h_r - 20\log_{10}h_t + 40\log_{10}d$$

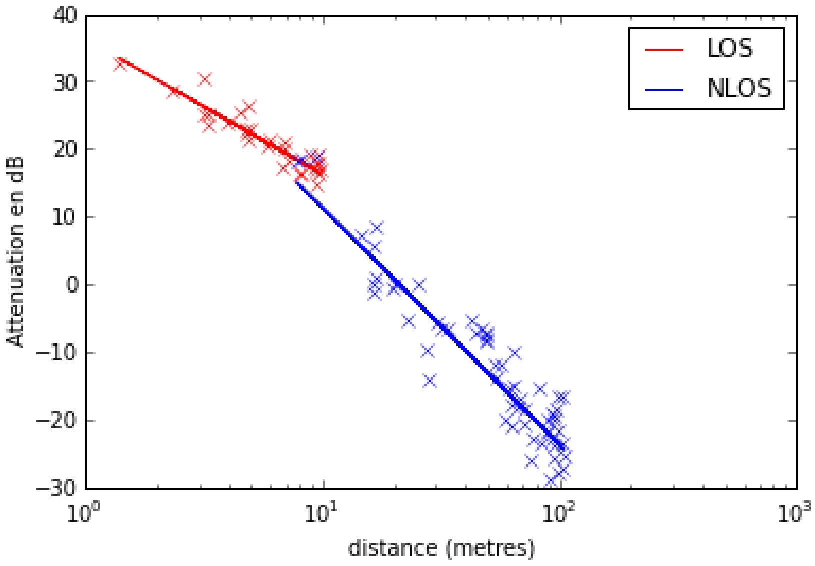
$$\Delta\phi = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} \leq \frac{\pi}{4}$$
$$d \geq \frac{16 h_t h_r}{\lambda}$$

In [24]:
```
dlim = 16*ht*hr/lamda
print dlim
```

```
128.0
```

In [25]:
```
n = 3
NtrialLos   = 30
NtrialNlos = 60
sigmaLos    = 2
sigmaNLos   = 4
PL0         = 32.44+10*log10(2.4)
PL1        = 42.44+10*log10(2.4)
dLOS        = 9*rand(NtrialLos)+1
dNLOS       = 100*rand(NtrialNlos)+5
PLOS        = PL0 - 20*log10(dLOS) + sigmaLos*randn(NtrialLos)
PNLOS       = PL1 - 35*log10(dNLOS) + sigmaNLos*randn(NtrialNlos)


semilogx(dLOS,PL0-20*log10(dLOS),'r')
semilogx(dNLOS,PL1-35*log10(dNLOS),'b')
semilogx(dLOS,PLOS,'xr',dNLOS,PNLOS,'xb')
legend(('LOS','NLOS'))
xlabel('distance (metres)')
ylabel('Attenuation en dB')
savefig('CC.png')
```



En faisant un calul de la pente des droites qui passent respectivement par les points en LOS (rouge) et le points en NLOS (bleu) , on retrouve les exposants de propagation $n = 2$ et $n = 3$