

# MODULES XBEE / XBEE PRO

PRINCIPE / FONCTIONNEMENT GENERAL  
COMMUNICATION & ADRESSAGE  
MODE AT  
ENTREES SORTIES  
ASSOCIATION

Manuel rédigé en français par Daniel **MENESPLIER** de la société **EMD Electronique**  
(Entreprise de développement, conseil, dépannage et maintenance de systèmes électroniques)  
Site : <http://emd.electronique.free.fr>  
Mail : [emd.electronique@free.fr](mailto:emd.electronique@free.fr)

# MODULES XBEE / XBEE PRO

Ils fonctionnent dans 12 canaux de la bande 2,4 GHz. La puissance émission est ajustable entre 10 mW et 60 mW.

La portée théorique à l'intérieur est de 100 m et de 1500 m en extérieur.

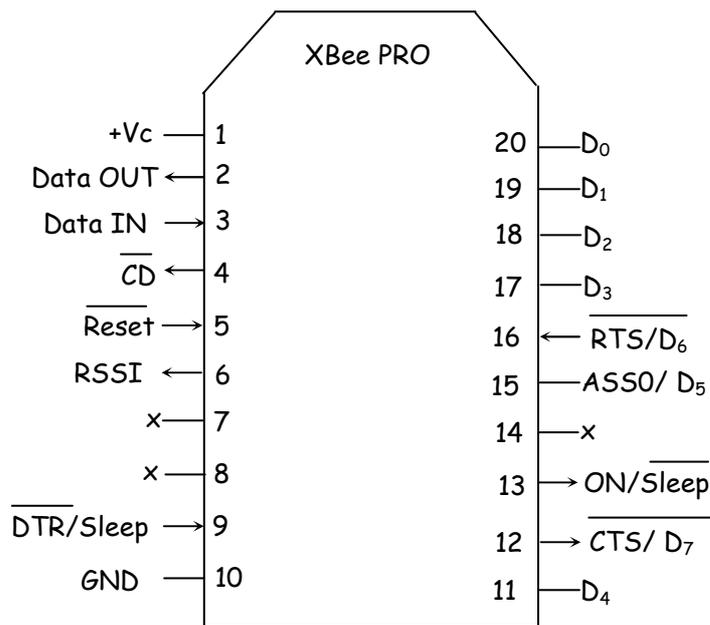
Ils doivent être alimentés entre 2,8 et 3,4 V.

La consommation en réception est 50 mA. Elle passe à 210 mA en émission 60 mW.

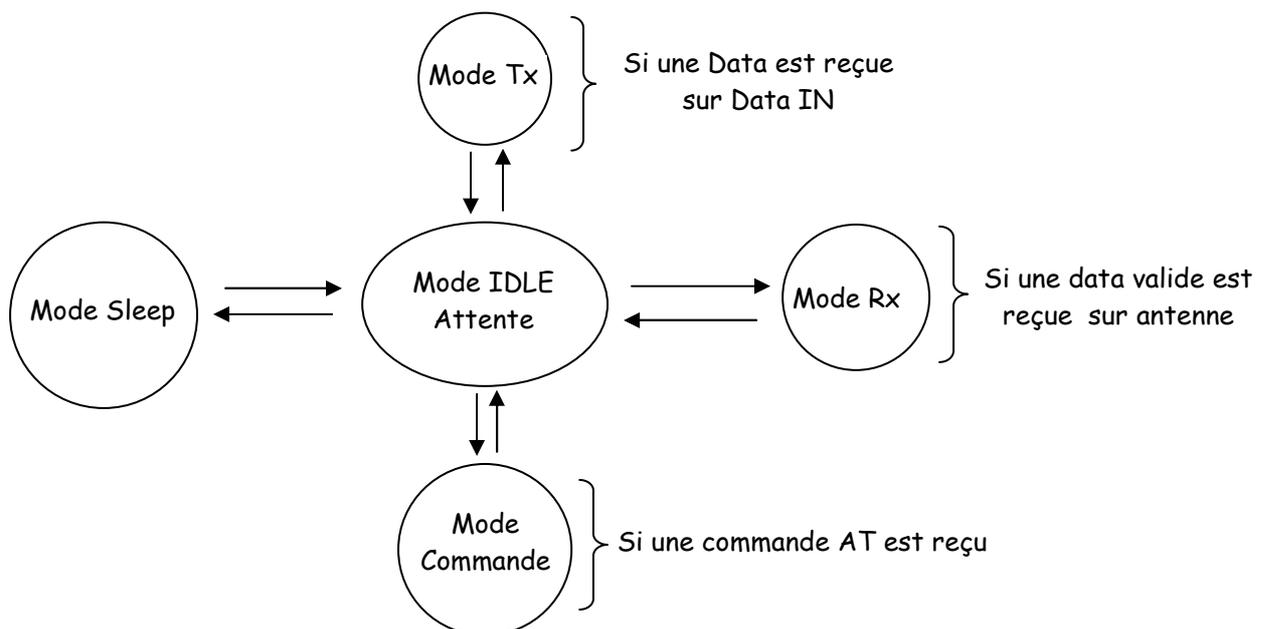
En mode "sleep" la consommation est inférieure à 10 µA.

Le protocole utilisé est le 802.15.4 de la norme ZigBee.

## BROCHAGE:



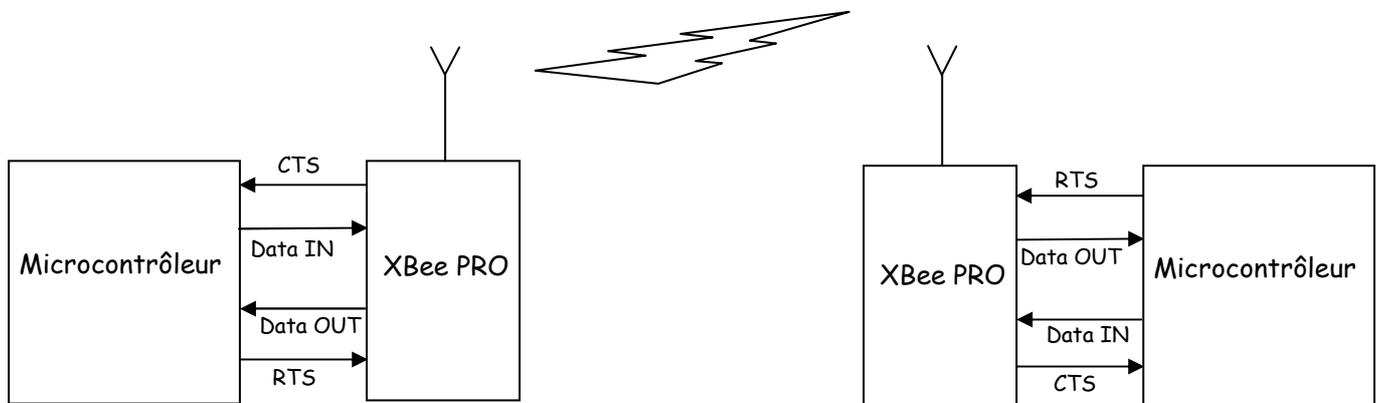
## MODES DE FONCTIONNEMENT DU MODULE XBee:



## CONTROLE de FLUX:

- Flux entrant sur Data IN par CTS : Quand le buffer émission est plein, le XBee le signale en mettant CTS à "1" pour que l'on stoppe l'envoi des données sur Data IN. Dès que le buffer est libre, CTS repasse à "0", et on peut renvoyer des données sur Data IN.

- Flux sortant sur Data OUT par RTS. Pour que le contrôle de flux par RTS soit actif il faut envoyer d'abord une commande AT pour l'autoriser: commande ATD6 suivie du paramètre "1". Quand la commande est active, si un "1" est appliquée à RTS, le XBee ne sort plus de données sur Data OUT. Quand on applique un "0" sur RTS, les données ressortent du XBee par Data OUT.



La configuration des paramètres de la liaison RS232 ( Vitesse, parité, start et stop) se fait avec une commande AT.

Le protocole 802.15.4 utilisé par le module Xbee ajoute au paquet des data transmises, une adresse de la source et une adresse du destinataire.

## ADRESSAGE:

Le module dispose des registres suivant:

"MY" pour donner l'adresse source sur 16 bits, et "SH" et "SL" pour donner respectivement les 32 bits MSB et 32 bits LSB de l'adresse source sur 64 bits. Cette adresse est un n° de série unique donné en usine par le constructeur et se trouve dans les registres "SH" et "SL".

Les registres "DH" et "DL" donnent respectivement les 32 bits MSB et 32 bits LSB de l'adresse du destinataire.

Il y a 2 types d'adressage possible. Par adresse courte sur 16 bits et par adresse longue sur 64 bits.

**Adresse courte:** il faut mettre la valeur de l'adresse sur 16 bits, inférieure à FFFE dans le registre "MY" et l'adresse sur 16 bits dans "DL" avec les 32 bits de "DH" à "0".  
Par défaut les modules sont programmés avec MY=00, donc en adresse courte et DH=00 et DL=00.

**Exemple avec 2 modules:**

Un module sera à l'adresse courte : 0001 et l'autre aura l'adresse: 0002.

	MODULE 1	MODULE 2
MY (16 bits)	00 01	00 02
DH (32 bits)	00 00 00 00	00 00 00 00
DL (32 bits)	00 00 00 02	00 00 00 01

**Adresse longue:** il faut mettre FFFF ou FFFE dans MY pour désactiver l'adressage court. L'adresse longue utilisée est la valeur des 64 bits du n° de série usine contenus dans les registres SH et SL. L'adresse de destination est alors les 64 bits contenus dans DH et DL.

**MODE UNICAST:**

Dans ce mode de fonctionnement, le module récepteur, envoi un "ACK" à celui qui a émis le paquet de data. Si l'émetteur ne reçoit pas ce "ACK", il renvoie jusqu'à 3 fois le paquet de data.

**MODE BROADCAST:**

Dans ce cas il n'y a pas de "ACK", envoyé par le récepteur, ni de répétition d'envoi par l'émetteur.

Tous les modules reçoivent et acceptent le paquet de data.

Pour envoyer des data sans tenir compte de l'adresse destinataire sur 16 ou 64 bits, il faut positionner l'adresse destinataire: DH = 00 00 00 00 et DL = 00 00 FF FF.

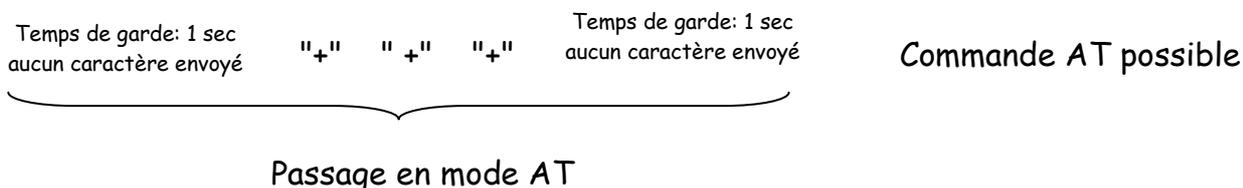
Quand on programme le module, les paramètres sont entrés en hexadécimal. Les zéros non significatifs peuvent être omis.

**COMMANDES de CONFIGURATION:**

Pour modifier ou lire les paramètres du module, on va dialoguer par des commandes "AT" à 9600 Baud.

Il faut tout d'abord passer dans le mode "commande" en envoyant 3 fois le caractère "+" soit 2B en hexa en moins de 1 seconde. On doit respecter un temps de garde ( de 1 seconde) avant et après l'envoi de ces 3 caractères. Le module répond par "OK" + "CR".

Le caractère "+" et le temps de garde sont modifiables par une commandes AT.



## COMMANDE AT:

Elle est constituée des 2 caractères ASCII: "A" et "T" suivis de 2 caractères spécifiques à la commande, puis suit ou pas le caractère "Espace" et enfin suit un paramètre optionnel. On termine la commande par un "CR". Le module répond par "OK" suivi d'un "CR".  
Pour lire un paramètre, il suffira de laisser le champ paramètre en blanc. C'est le module qui renvoi alors la valeur de son paramètre.

**"AT" + "ASCII commande" + "Espace" (option) + Paramètre (option) + "CR"**

Si aucune commande AT n'est parvenue au module après son passage en mode commande pendant un temps de TIME OUT de 10 secondes (paramétrable par commande AT), le module retourne en mode IDLE

Pour quitter le mode commande avant les 10 secondes du Time OUT, il faut envoyer la commande AT suivante: **ATCN** ↵ et le module répond alors par "OK" ↵

**Exemple: ATDL 1F** ↵ Cette commande fixe la valeur du registre DL à 0x1F.  
Le module répond par "OK" suivi de ↵

**ATDL** ↵ Le module renvoi 1F valeur dans DL suivi de ↵

On peut envoyer plusieurs commandes à la suite:

**Exemple: ATDL 1F,WR,CN** ↵ Cette commande fixe la valeur du registre DL à 0x1F, puis sauve les paramètres dans la mémoire EEPROM et fait sortir le module du mode AT.  
Le module répond par "OK","OK","OK" suivi de ↵

## REMARQUES:

- A la mise sous tension du Xbee, il faut que RTS=1, sinon il n'est pas disponible pendant environ 10 secondes.
- Pour flasher le module avec un nouveau Firmware, il faut que DTR = 0 ou bien le câbler sur la RS232, afin que le logiciel X-CTU de MaxStream le gère lui même pour le flash.  
La broche DTR peut rester en l'air dans les autres cas d'utilisation ( terminal, commande AT)
- Attention de ne pas avoir d'autres modules Xbee sous tension pendant le Flash, car ils risqueraient de répondre et de perturber la programmation du module.

## PRINCIPALES COMMANDE AT:

**ATCN** : Pour quitter le mode commande.

**ATCT + paramètre ( 0xFFFF )**: Modifie ou lit le Time Out qui fait repasser le module en mode IDLE si aucune commande AT ne parvient. Le paramètre est le nbre de 100 ms.  
Par défaut il y a 0x64 soit 100ms x 100 = 10 sec.

**ATGT + paramètre ( 0xFFFF )**: Modifie ou lit le temps de garde. Le paramètre est le nbre de 1 ms.  
Par défaut il y a 0x3E8 soit 1ms x 1000 = 1 sec.

**ATCC + paramètre ( 0xFF )**: Modifie ou lit le caractère ASCII utilisé pour passer en mode commande. Par défaut on a 0x2B soit "+".

**ATWR** : Sauve les paramètres dans la mémoire non volatile. Il faut impérativement attendre la réponse "OK" du module avant de lui envoyer une nouvelle commande.

**ATCH + paramètre ( 0x0C à 0x17 )** : Modifie ou lit le canal utilisé dans la bande 2,4 GHz. Par défaut il y a 0x0C.

**ATDH + paramètre ( 0xFFFFFFFF )** : Modifie ou lit les 32 bits MSB de l'adressage destinataire. Par défaut il y a 0x00000000

**ATDL + paramètre ( 0xFFFFFFFF )** : Modifie ou lit les 32 bits LSB de l'adressage destinataire. Par défaut il y a 0x00000000

**ATMY + paramètre ( 0xFFFF )** : Modifie ou lit les 16 bits de l'adressage source.  
Par défaut il y a 0x0000

**ATSH** : Lit les 32 bits MSB du n° de série du module.

**ATSL** : Lit les 32 bits LSB du n° de série du module.

**ATNI + paramètre ( 20 octets ASCII)**: Sauve une chaîne de 20 caractères max pour l'identification du réseau : NI.  
Le caractère "espace" met fin à la commande

**ATND** : Cherche et donne les modules trouvés. Pour chacun on obtient: MY + SH + SL + DB + NI. La commande se termine au bout de 2,5 secondes et le module renvoie un "CR".

On peut faire suivre la commande d'un paramètre constitué des 20 caractères du NI d'un module. Dans ce cas on obtient en réponse uniquement les paramètres de ce module.

**ATPL + paramètre ( 0 à 4 )** : Modifie ou lit la puissance de sortie du module. Par défaut il y a 4 soit la puissance max de 60 mW.

0	10 dBm soit 10 mW
1	12 dBm soit 16 mW
2	14 dBm soit 25 mW
3	16 dBm soit 40 mW
4	18 dBm soit 60 mW

**ATBD + paramètre ( 0 à 7 )** : Modifie ou lit la vitesse en Baud de la liaison RS232. Par défaut on a 3 soit 9600 bauds.

0	1200 Bauds
1	2400 Bauds
2	4800 Bauds
3	9600 Bauds
4	19200 Bauds
5	38400 Bauds
6	57600 Bauds
7	115200 Bauds

**ATID + paramètre ( 0xFFFF )** : Modifie ou lit l'adresse du Pan ID.

Il faut que cette valeur soit la même pour que les modules puissent communiquer entre eux

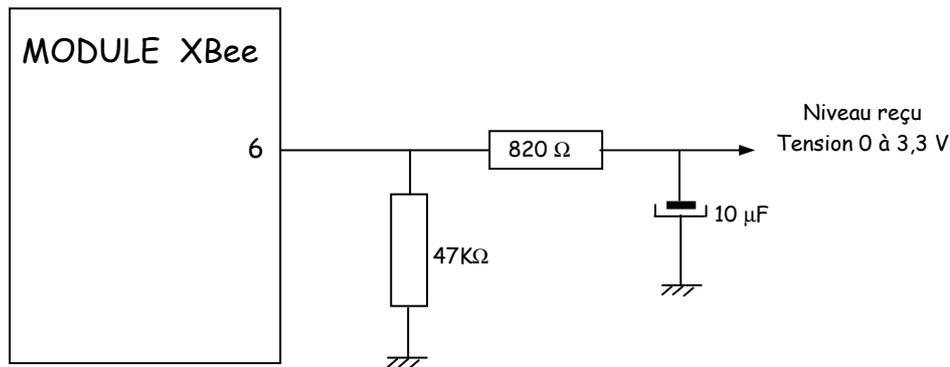
### Mise en sommeil ( mode SLEEP ) :

Elle se fait par la pin 9 ( DTR). Si on met un niveau "1" sur la pin 9, le module passe en mode "Sleep"et ne consomme plus que 10  $\mu$ A sous 3 V. Pour le repasser en mode normal il faut mettre un "0" sur la pin 9. Le temps de réveil est d'environ 13 ms.

Il faudra auparavant paramétrer le module par la commande AT suivante: **SM=1**.

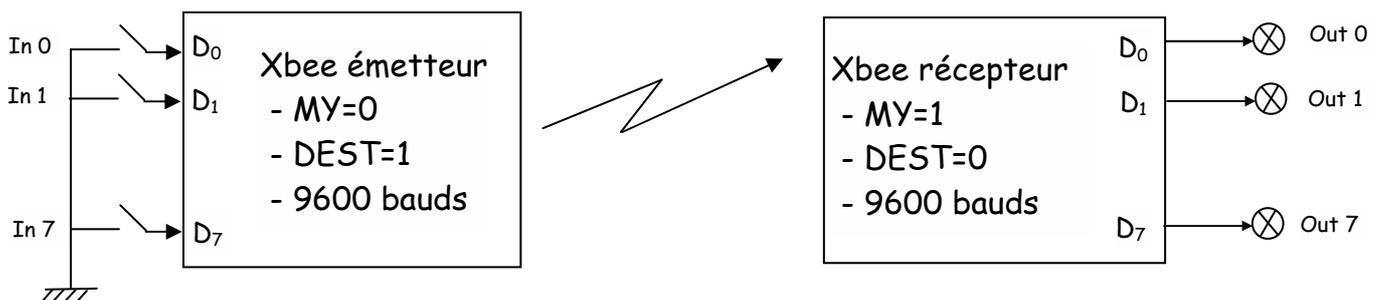
## Indication du niveau reçu :

Sur la pin 6 on peut récupérer un signal PWM à 120 Hz dont le temps au travail est fonction du niveau reçu. Le montage suivant permet d'intégrer ce signal et d'obtenir une tension proportionnelle au signal reçu comprise entre 0 et 3,3V.



## Fonctions spéciales I/O :

Ces fonctions permettent de mettre soit à "1" soit à "0" directement une des 8 I/O du module via un autre module. Il faut impérativement que le firmware soit en version 10A0 au minimum.



Il faut configurer la vitesse par ATBD et les adresses MY et DEST sur les 2 modules.

Les modules doivent être sur le même canal et avoir le même Pan ID.

Les I/O en entrée peuvent être tirées par des pull up sur le module émetteur en faisant ATPR = FF. Pour les désactiver mettre le bit correspondant à "0".

### CONFIGURATION EMETTEUR:

ATIU = 1 pour autoriser émission des I/O sans passer par l'UART

ATDO = 3 Lire le signal sur pin 20: D0 (faire de même si on veut d'autres I/O parmi les 8)

ATIR = h'14' vitesse d'échantillonnage des I/O = 100ms x 20 = 20 ms

### CONFIGURATION RECEPTEUR:

ATIU = 1 pour autoriser émission des I/O sans passer par l'UART

ATDO = 5 Sortie numérique sur D0 avec repos = "1" et si ATDO = 4 alors repos = "0".

ATIA = 0 sorties modifiées par module d'adresse "0" (si ATIA=FFFF par tous les modules)

Eventuellement on peut configurer T0 pour que la sortie ne reprenne sa valeur de repos qu'après un certain temps quand l'émission aura cessé.

ATTO = 3 Time out de la sortie D0 de 3 x 100 ms. Revient à sa valeur repos 300 ms après que l'émission ai cessé.

## ASSOCIATION en RESEAU:

Les modules Xbee peuvent fonctionner suivant 2 modes réseau:

- Mode "PEER TO PEER" sans maître. Chaque module du réseau peut tenir le rôle de maître ou d'esclave.

C'est le mode par défaut des Xbee. Chaque module est configuré comme un "END DEVICE" en positionnant CE à "0" et en interdisant l'association par A1=1. Il faudra également mettre le même PANID (identification du réseau personnel) et le même canal RF. Le PANID est une valeur sur 2 octets comprise entre 0 et FFFF.

- Mode "Avec COORDINATEUR". Dans ce cas un module sera le coordinateur du réseau. Il faudra l'initialiser avec CE à "1". Les autres modules seront des "END DEVICE" configurés par CE à "0". On a ainsi constitué un PAN (Personal Area Network).

Chaque module du PAN aura un ID qui sera le même pour tout le PAN. Ce PANID devra être unique pour éviter des communications entre les PAN.

Un "END DEVICE" pourra s'associer à un coordinateur dans un PAN, sans en connaître ni le PANID ni le canal RF.

La flexibilité de l'association sera configurée par la valeur du paramètre A1 pour le "END DEVICE" et par le paramètre A2 pour le "COORDINATOR".

### Paramètre d'association d'un END DEVICE



**Bit 0:** Scan de la bande RF

b0=1 Recherche d'un canal et permet l'association sur n'importe quel canal.

b0=0 Utilise uniquement le canal programmé dans l'EEPROM du module.

**Bit 1:** Scan du PAN ID

b1=1 Recherche un PANID et permet l'association avec n'importe lequel.

b1=0 Utilise uniquement le PANID programmé dans l'EEPROM du module.

**Bit 2:** Auto association.

b2=1 Permet l'association avec un Coordinateur.

b2=0 Pas d'association possible

## Paramètre d'association d'un COORDINATEUR



### **Bit 0:** Scan du PAN ID

b0=1 Le coordinateur fait un "active scan". Il choisit un canal et transmet un "beacom request" en mode Broadcast. Il écoute ensuite le canal et note les éventuels Coordinateurs et leur PANID. Il explore ainsi tous les canaux et peut se choisir un PANID libre

b0=0 Le coordinateur garde son PANID et ne fait pas "d'active scan"

### **Bit 1:** Scan de la bande RF

b1=1 Cherche un canal libre par "Energy Scan" et se l'attribut.

b1=0 Garde le canal programmé dans l'EEPROM du module

### **Bit 2:** Auto association.

b2=1 Permet aux END DEVICE de s'associer à ce module.

b2=0 Interdit aux modules END DEVICE de s'associer à ce module.

### **Exemple:**

En général on donnera un PANID et un canal RF au coordinateur.

Les "END DEVICE" seront configurés avec A1=07 ce qui leur imposera avant de s'associer à rechercher par SCAN de la bande 2,4 GHz un coordinateur et de choisir, s'il y en a plusieurs, celui dont la qualité de transmission est la meilleure. Il restera ensuite sur ce canal pour trafiquer et s'attribuer le PANID du coordinateur choisit.

Son adresse MY est alors changée en FFFE ce qui signifie que pour l'adresser il faudra utiliser son adresse unique de série sur 64 bits (qui se trouve dans SH et SL).

Pour connaître les différentes adresses des modules associés, afin de pouvoir leur envoyer par la suite des données, le coordinateur devra faire un ATND (découverte des modules présents dans le réseau). Chaque module va ensuite répondre en donnant son MY (qui sera à FFFE s'il est associé et à une autre valeur quelconque s'il ne l'est pas) SH et SL le n° de série particulier du module, suivi des caractères ASCII de son nom (que l'on aura initialisé précédemment dans ce module) ainsi que la puissance du signal reçu de ce module.

Le microcontrôleur qui gère le coordinateur devra se constituer un tableau pour garder ces informations en mémoire.

Quand il voudra envoyer une data à un module particulier, il devra configurer les valeurs DL et DH de son module XBee par une commande AT.

## LED"ASSOCIATION"

Une LED est prévue sur la broche 15 du Xbee (D5). Un "END DEVICE" mettra cette LED dans l'état allumé fixe tant qu'il n'est pas associé à un coordinateur et ensuite elle clignotera dès que l'association sera faite.

Un coordinateur démarre dès qu'il a trouvé un canal et un PANID libre (si on lui a programmé un "active scan" et un "energy scan" par A2) et le signale par le clignotement de la LED. Cette Led était allumé fixe tant qu'il n'avait pas démarré.

On doit donc démarrer en premier le Coordinateur et attendre que cette Led clignote pour allumer les "End Device" qui vont chercher à s'associer.

