

Francisco Ferrer

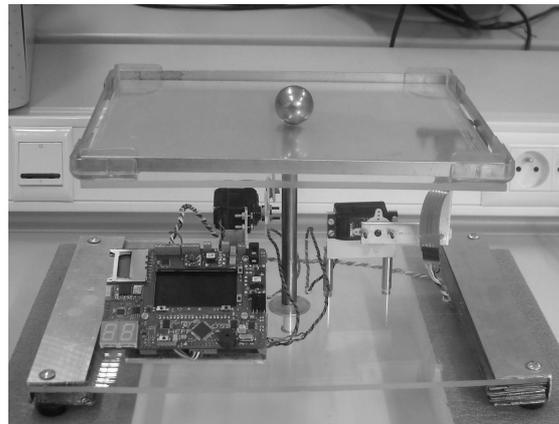


Catégorie technique
Électronique appliquée

Printemps des sciences 2009

Evolution(s) - révolution(s)

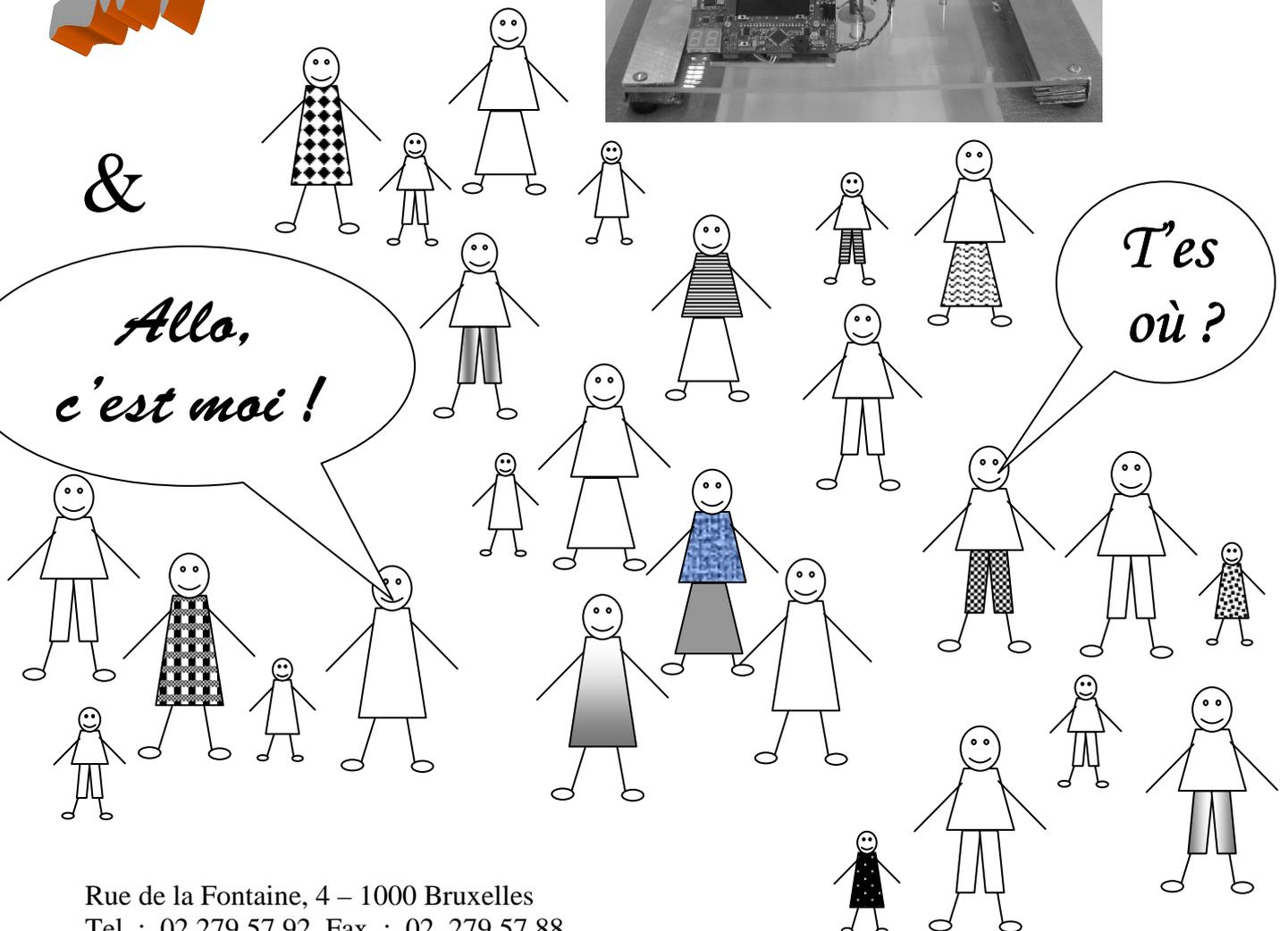
La Ferrer O'Ball



&

*Allo,
c'est moi !*

*T'es
où ?*



Rue de la Fontaine, 4 – 1000 Bruxelles
Tel. : 02 279 57 92 Fax. : 02 279 57 88
heff.technique@brunette.brucity.be

Composition et réalisation

Les étudiants de 1^{ère} et 2^{ème} en électronique appliquée

encadrés par les tuteurs :

Brigitte Dutrieue,
Christian Ponnen,
Frédéric Van Gothem,
Greta Van Vinckenroy.

Remerciements

Les tuteurs tiennent à remercier particulièrement
Adrian Dima pour son aide précieuse à la réalisation des montages.

Ils tiennent également à mettre en évidence l'implication
particulière des étudiants suivants :

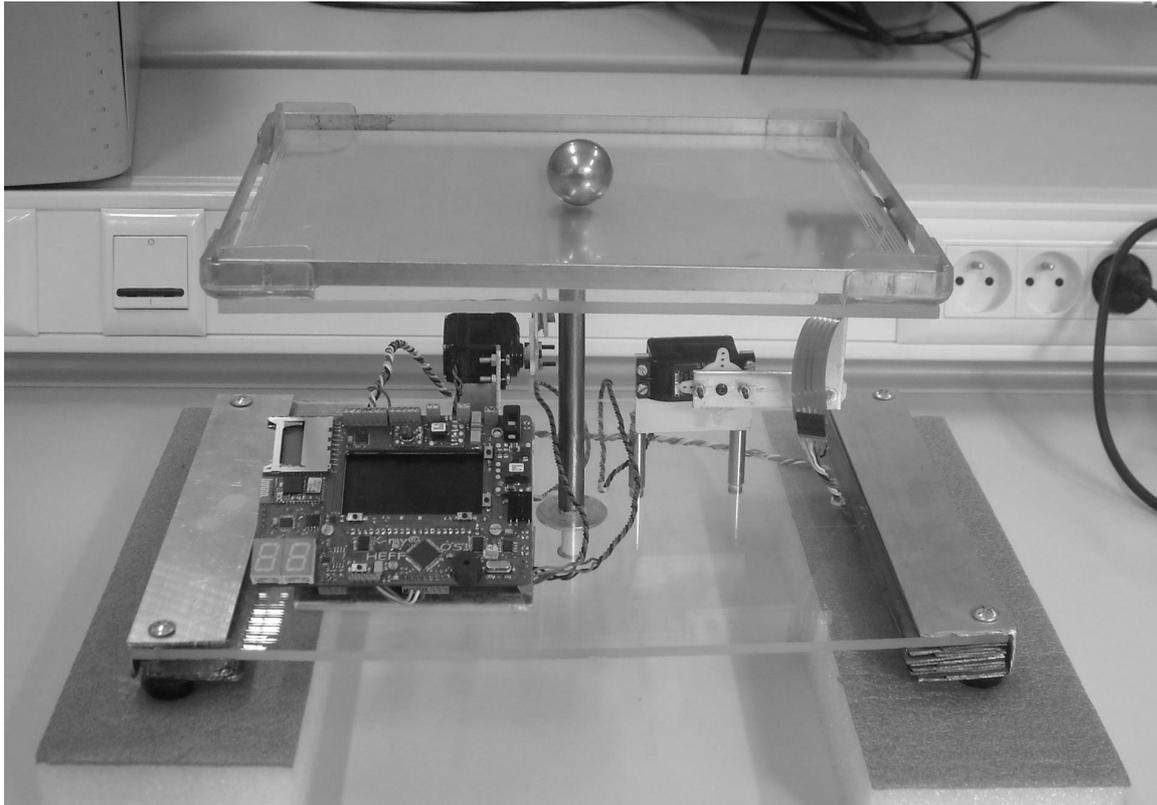
Feliz Kapita, Michel Sümbül et Raphaël Van Hoolandt
Jao Rabarivola, Souley Djadjandi, Farhan Siddiqui,
Mohamed El Hammam, Nabil Khaddoum,
Michel Michaïlidis et Sébastien Vantuykom

Electronique appliquée
Catégorie Technique
Haute Ecole Francisco Ferrer

La Ferrer O Ball

Faire tenir en équilibre une balle sur une planche mobile ?

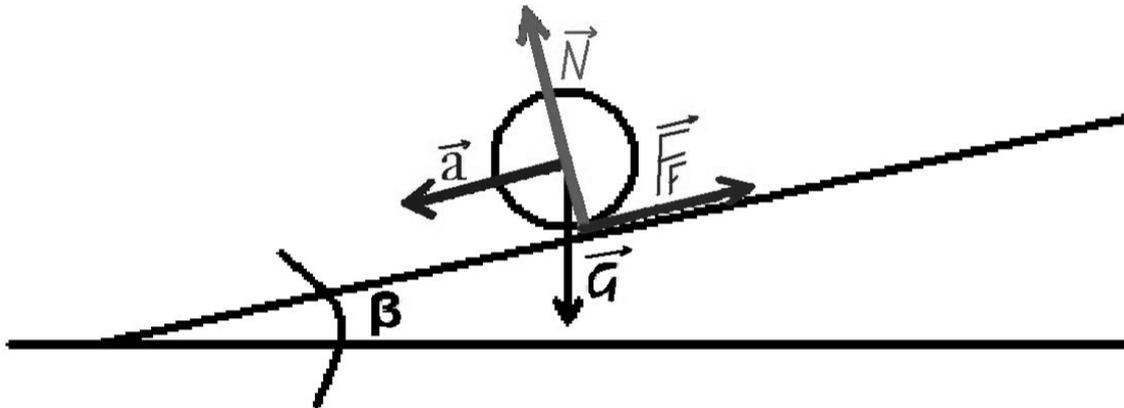
Pas si facile ! Vous pouvez essayer mais ... notre robot le fera sûrement mieux que vous, grâce à l'évolution de l'électronique et de l'automatique!



Les étudiants de première année en électronique appliquée se sont penchés sur ce problème et on réussi leur pari. Le but du projet étant d'arriver à ramener une balle au centre d'une plaque et de l'y maintenir en équilibre.

Comportement d'une bille sur un plan incliné

Commençons par imposer un angle β à la plaque pour mettre la bille en mouvement dans la bonne direction.



Déplacement translatif : $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{N} + \vec{F}_f + \vec{G} = m \vec{a}$

Mouvement rotatif : $\sum \vec{r} \times \vec{F} = I \alpha \quad \Rightarrow \quad \vec{R} \times \vec{F}_f + \vec{R} \times \vec{G} + \vec{R} \times \vec{N} = I \alpha$

Où a est l'accélération,

N , la force normale,

F_f , la force de frottement,

G , la force d'attraction terrestre (poids),

β , angle du plan avec l'horizontale,

x_a , le point cible, centre de la plaque, x_b , la position initiale mesurée de la bille et v_i , la vitesse initiale de la bille,

I , moment d'inertie $I = (2/5) m R^2$ (pour une sphère pleine), avec m , la masse de la bille et R , son rayon,

et enfin, $\alpha = a/t$, l'accélération angulaire,

En résolvant les équations du mouvement, on trouve l'accélération de la bille et de l'angle à imposer au plan :

$$a = 5/7 g \cdot \sin(\beta)$$

$$x_a - x_b - v_i \cdot t = 5/14 g \cdot \sin(\beta) \cdot t^2$$

$$\sin(\beta) = (x_a - x_b - v_i \cdot t) / (5/14 g \cdot t^2)$$

Il faut calculer cet angle β pour chaque direction du plan, (x et y).

Dans un souci de précision, nous avons pris en compte le fait qu'une fois le calcul effectué, la bille n'aura pas la même position, ni la même vitesse. Nous avons donc intégré le temps de calcul, t_c , et de mesure, t_r , dans l'équation.

La position est dès lors mesurée 2 fois successivement (à un intervalle Δt_1) afin d'avoir une estimation de la nouvelle position, x'_a , de la bille mais aussi de sa nouvelle vitesse, v'_i .

$$v'_i = \Delta x / \Delta t_1$$

où, Δx : différence entre les positions mesurées

Dans ce processus, la bille est en mouvement accéléré, elle ne s'arrêtera pas !

Au contraire !

Il faut donc la ralentir !

Pour résoudre ce problème, l'idée poursuivie est de ré-estimer l'angle β à intervalles de temps réguliers Δt :

$$t_c + t_r < \Delta t \ll T$$

L'angle imposé diminuera au fur et à mesure que la bille s'approche de la position cible et si jamais elle la dépasse, l'angle sera inversé.

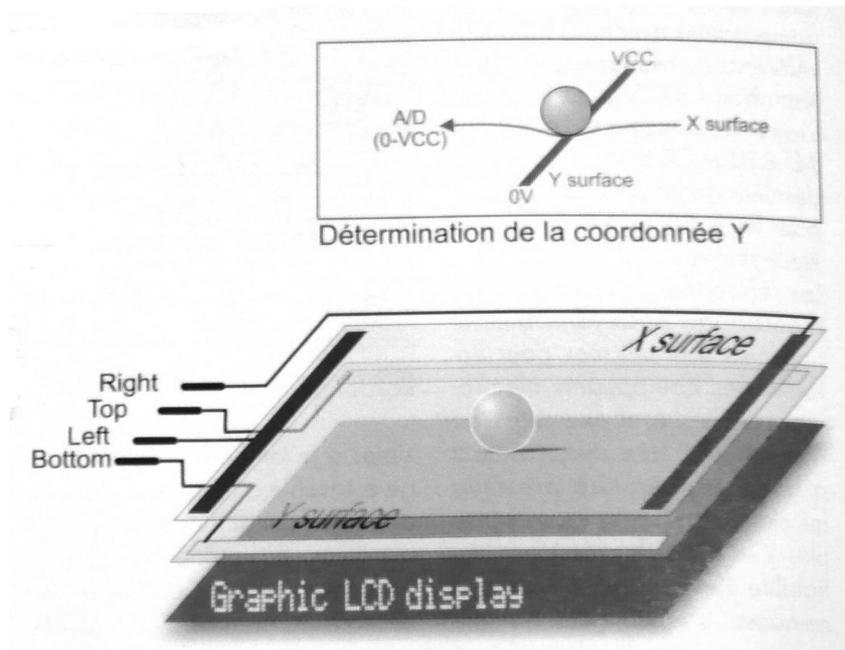
Cette méthode prédictive, implémentée en boucle, est cependant très difficile à mettre en œuvre car il y a toujours des effets additionnels (mise en route des moteurs, temps de transmission, ..) dont on ne sait pas complètement tenir compte.

D'où l'idée d'implémenter, une autre méthode, non prédictive, le PID !

Systeme électronique et régulation PID

Le capteur : une dalle tactile

La dalle tactile est un réseau de résistances suspendues au-dessus d'un conducteur. Lorsque l'on touche cette dalle, la tension de sortie change en fonction de la position de la bille sur la plaque.



Source: Elektor février 2009

La carte d'acquisition et de commande

La carte est équipée d'un microcontrôleur qui numérise les données et qui commande les servomoteurs sur l'axe X et Y suivant la régulation PID (Proportionnel, Intégrateur, Dérivateur).

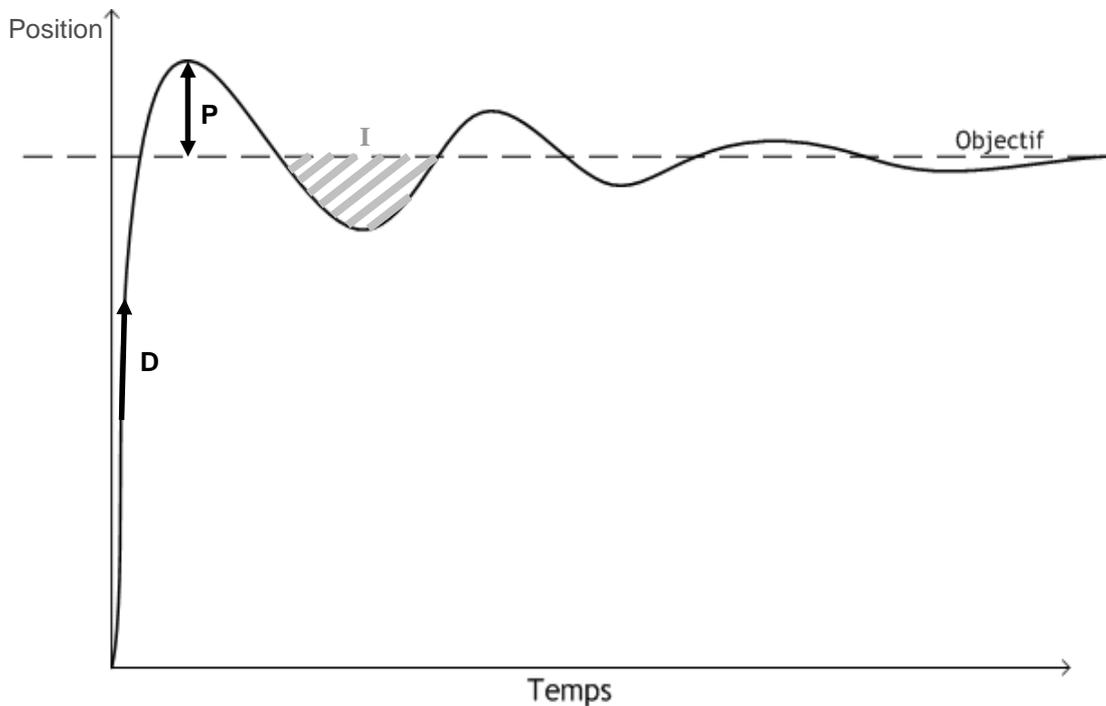


L'axe de rotation du servomoteur tourne suivant la commande que la carte lui envoie.



Le PID c'est quoi ?

Plus la bille est loin (l'erreur) du centre (objectif) de la plaque, plus l'angle imposé à la plaque sera grand. C'est l'action PROPORTIONNELLE (P).



En utilisant uniquement cette action proportionnelle, la bille va osciller autour du centre. Il faut donc prendre en compte sa vitesse, c'est l'action du DERIVATEUR (D). On applique donc une correction proportionnelle à la pente de la courbe donnant la position en fonction du temps.

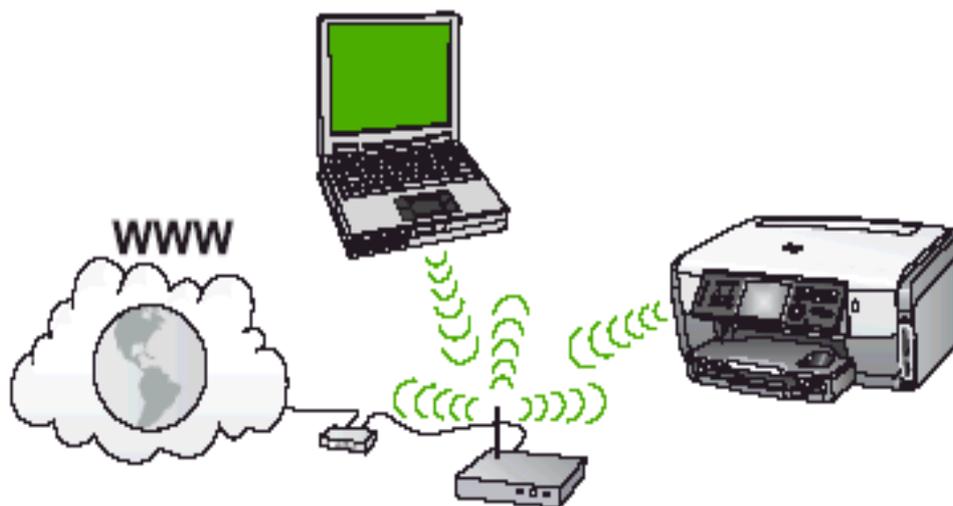
$$\text{pente} = \frac{d(\text{position})}{d(t)}$$

Une régulation de type PD fonctionne relativement bien, mais parfois elle s'emballe. Pour contrer ce phénomène, nous ajoutons un INTEGRATEUR (I). On applique une correction proportionnelle à la somme des erreurs (surface entre l'objectif et la courbe de la position en fonction du temps), jusqu'à ce que le résultat soit nul. Lorsque cela sera le cas la bille aura atteint l'objectif.

Allo, c'est moi ! T'es où ?

Notre rôle a évolué du récepteur passif de la radiotélévision, à l'émetteur actif de messages multimédias, révolutionnant notre quotidien !! Des paroles "en l'air"? Et bien oui! Et même de la musique, des images ou des vidéos !! Et tout ça sans vous prendre les pieds dans les câbles !

Les étudiants de 2^{ème} électronique appliquée explorent, comparent et décrivent les techniques de communication sans fil. En constante évolution, elles sont une véritable révolution pour le monde de l'électronique et de notre vie quotidienne. Les étudiants vous emmènent à la découverte d'illustrations concrètes et interactives !



<http://h10025.www1.hp.com/>

La communication sans fil, ça devient facile !

Les divers modes de communication sans fil, présentation et comparaison

La communication est un processus de transmission d'informations, d'un émetteur vers un récepteur.

Depuis toujours, les gens communiquent entre eux en utilisant divers moyens : la parole, les mimiques, les signaux de fumée, le tam-tam, la réflexion des rayons avec un miroir, ...

Ces modes de communications sont limités par leur portée (sonore très atténué par la distance et visuel, limitée au champ de vision).

Ensuite des technologies plus sophistiquées ont été développées offrant le télégraphe, le téléphone, ...

Ces modes de communications sont limités par les câbles (distance, multiplication du nombre de câble en fonction du nombre de personnes connectées et du nombre de technologies de communication par câble, entretien et placement des câbles, ...).

Enfin les technologies sans fil sont apparues, permettant de nouvelles applications : Radios, TV, GSM...

La communication sans fil est une technologie qui commence en 1970. Les premières sont le RFID (Radio Frequency IDentification) en 1970, puis vient le GPS (Global positioning system) en 1978, le GSM (Global System for Mobile) en 1980 et d'autres suivront.

La communication sans fil permet de mettre en relation plusieurs équipements qui sont à des distances variables, allant d'un mètre à plusieurs kilomètres.

Elle est très souvent utilisée de nos jours, car elle permet de ne pas utiliser des câbles encombrants. Ce qui est un des premiers avantages de la communication sans fil.

Grâce à ses nombreux avantages, ces technologies ont fort évolué ces derniers années.

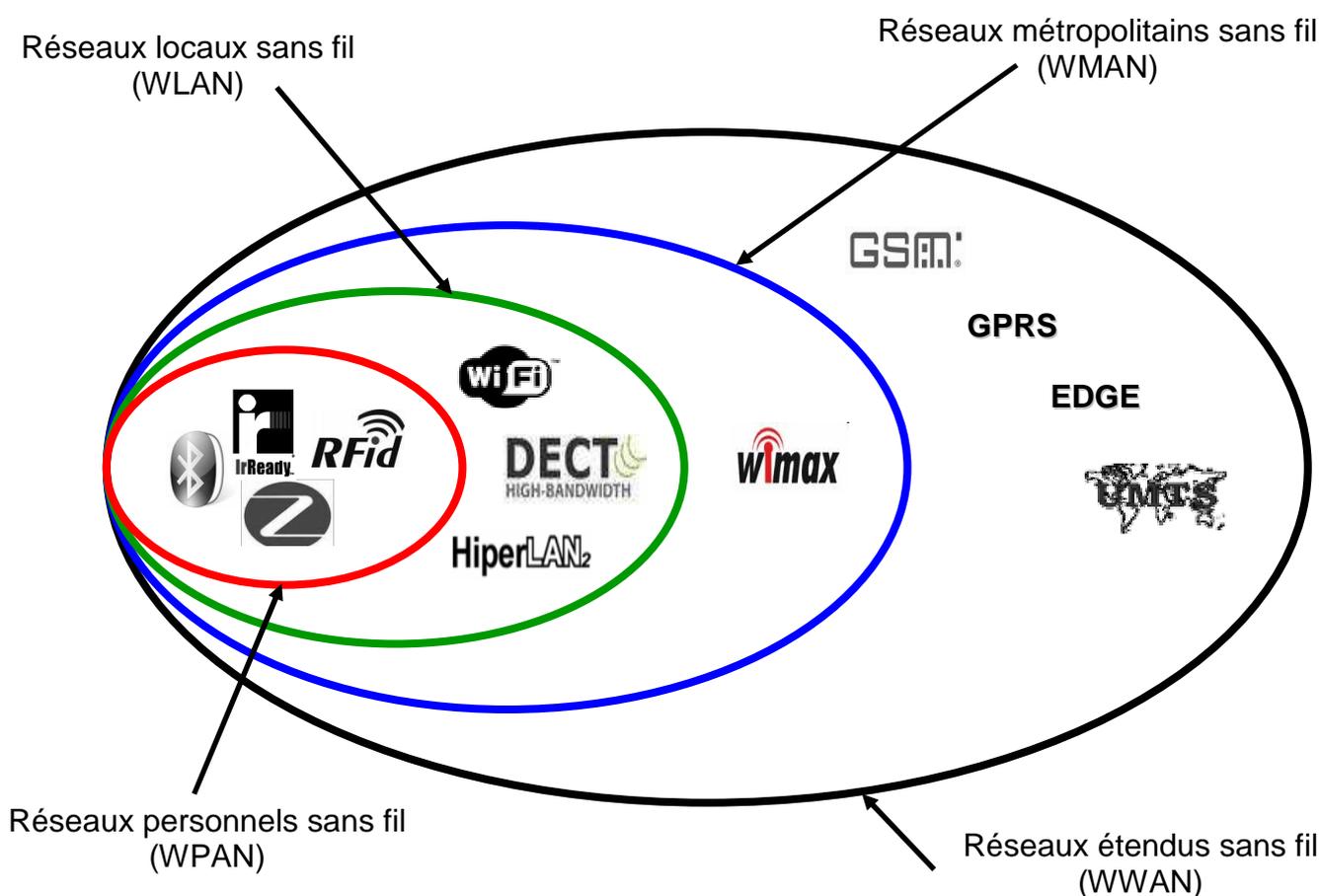
Au niveau de la communication sans fil on distingue plusieurs catégories du sans fil. Par exemples (WIFI, IR, GSM, RADIO, ...) sont le plus utilisés. Donc toutes ces technologies doivent être réglementées pour définir les plages de fréquence et les

puissances auxquelles il est possible d'émettre pour chaque catégorie d'utilisation. Car si c'était fait sans règlement, il y aurait des interférences dans les transmissions. Cela nuirait à tous les utilisateurs, et ils sont nombreux (scientifiques, militaires, gouvernements, amateurs, ...) !

Du fait que la communication sans fil peut être utilisée par tout le monde, il est donc nécessaire de mettre en place les dispositions nécessaires de telle manière à assurer une confidentialité des données transmises.

Les catégories de réseaux sans fil

On distingue habituellement plusieurs catégories de réseaux sans fil, selon le périmètre géographique offrant une connectivité (appelé zone de couverture) présentées ci-dessous :



Principales technologies de communication sans fil disponibles au niveau mondial

1) IR : (infra rouge) une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière rouge. Subdivisé PIR (IR proche) ; MIR (IR moyen) ; LIR (IR lointain).

2) RFID : (Radio Frequency Identification) une technologie qui permet d'identifier un objet grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet.

3) BLUETOOTH : c'est une technologie radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils en utilisant la technique FHSS (frequency hopping spread Spectrum).

4) ZIGBEE : est un protocole de haut niveau permettant la communication de petite portée à consommation réduite pour les réseaux à dimension personnelle WPAN (Wireless Personal Area Networks).

5) WiFi: (Wireless fidelity) est une technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau interne utilisant des ondes électromagnétiques.

6) DECT : (Digital Enhanced Cordless Telephone): C'est un téléphone numérique sans fil amélioré. Il est généralement constitué d'une base, connectée au réseau téléphonique possédant un émetteur/récepteur radio, et d'une quantité variable de combinés ou mobiles munis d'un microphone et d'un écouteur permettant la conversation dans un immeuble.

7) WiMax : Le réseau métropolitain sans fil (WMAN pour Wireless Metropolitan Area Network) est connu sous le nom de **Boucle Locale Radio (BLR)**. Il offre un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres, ce qui destine principalement cette technologie aux opérateurs de télécommunication.

La norme de réseau métropolitain sans fil la plus connue est le WiMax, permettant d'obtenir des débits de l'ordre de 70 Mbit/s sur un rayon de plusieurs kilomètres.

8) HiperLAN : (ou High Performance radio LAN) est un standard européen de télécommunications, opérant avec un débit théorique maximum de 23,5 Mbps dans une bande passante dédiée comprise entre 5,1 GHz et 5,3 GHz. C'est une alternative au WiFi mais qui ne connaît pas le succès de ce dernier !

9) GSM : (Global System for Mobile Communication): Utilise des émetteurs (antenne GSM) pour émettre des ondes hertziennes de gamme de fréquence de 900 à 1900 Mhz. (En Europe, les fréquences utilisées sont de 1800 Mhz). Les GSM

utilisent une bande de fréquence pour émettre et une autre pour recevoir l'information.

10) GPRS - EDGE : Le protocole GPRS est un nouveau support de transmission de données par paquets utilisant la technologie GSM, et reposant sur le protocole IP. EDGE (Enhanced Data for Global Evolution) représente une évolution de la norme GSM afin de mieux gérer le transfert de données. En effet, en optimisant les systèmes des normes GSM et GPRS, EDGE permet d'atteindre des débits théoriques de l'ordre de plus élevés. Ces technologies sont aussi dites 2,5G.

11) UMTS : (Universel Mobile Télécommunications System) désigne une technologie retenue dans la famille dite IMT 2000 comme norme pour les systèmes de télécommunications mobile dits de troisième génération (3G), qui succéderont progressivement à partir de 2002 au standard actuel : le GSM

12) RADIO : Les « ondes radioélectriques » sont des ondes électromagnétiques ayant, par convention internationale, une fréquence inférieure à 3000 GHz et se propageant dans l'espace sans guide artificiel.

Un tableau reprenant quelques chiffres de comparaison est repris ci-dessous.

Quelques définitions de caractéristiques des techniques de communication sans fil sont données ci-dessous afin de comprendre le tableau :

Interaction : fait de pouvoir mettre en correspondance plusieurs appareils utilisant un mode de transfert différent tels que bluetooth avec l'infrarouge.

*Remarque : un **oui** dans la colonne interaction signifie qu'une communication entre deux équipements de marques différentes mais utilisant la même technologie sans fil est possible.*

*Un **non** signifie qu'aucune interaction avec une autre technologie n'est possible*

Interférence : l'interférence est la superposition de deux ou plusieurs ondes .Ce phénomène se manifeste en optique, en acoustique, et plus généralement dans la technologie sans fil.

*Remarque : un **oui** dans la colonne interférence signifie qu'une interférence entre deux équipements de marques différentes mais utilisant la même technologie sans fil est possible.*

*Un « **contrôlé** » signifie que les signaux sont codés, cryptés, donc contrôlés pour qu'il n'y ait pas d'interférence possible.*

Visibilité : c'est le fait que des obstacles pourraient empêcher le transfert de données (par exemple le béton).

Remarque : le tableau renseigne les principaux éléments faisant obstacles pour chaque technologie.

TABLEAU COMPARATIF

Technologies	Bande de fréquence (MHz)	Largeur de bande (MHz)	Débit maximal (Mb/s)	Portée (m)	Année de mise en service	Consommation (W)	Interaction possible	Interférence	Visibilité	Domaines d'application
IR	-	$3 \cdot 10^8 - 3.8 \cdot 10^8$	$2.4 \cdot 10^{-3} - 16$	1	1997		oui	oui	Déviaton obstacle physique	Télécommande, vision de nuit, ...
RFID	0.125 – 2400	-	$15.2 \cdot 10^{-3} - 4$	10 - 200	1980		non	non	Liquide, métal lourd	Suivit des colis, des livres ...
BLUETOOTH	2400 (ISM)	1	1	10 – 100	1998	$1 - 100 \cdot 10^{-3}$	oui	Contrôlées	-	Télécom, périphérique
ZIGBEE	2400 (ISM) + USA 915 - EU 868	83	0.25 USA 0.04 - EU 0.02	10 - 100	2004		oui	Contrôlées	-	Domotique, ...
DECT	1880 – 1900	-	$32 \cdot 10^{-3}$	100 – 300	1996	0.1 - 0.12	oui	Contrôlées	-	Interphone, téléphone domestique, ...
HiperLan	5000 (ISM)		54							
WiFi	2400 (ISM) ou 5000 (ISM)	22	11 – 54	50 - 500	1997	$10 - 100 \cdot 10^{-3}$	oui	Contrôlées	Béton	Internet
WiMax	2-11 (fixe) 2-6 (mobile)		75 30	$10 \cdot 10^3$ $3.5 \cdot 10^3$	2002		oui	Contrôlées	Collines, immeubles	Télécom.
GSM (2G)	900 – (1800)	0.11	$9.6 \cdot 10^{-3}$	-	1990		oui	Contrôlées	Tunnel, saturation réseau, béton	Télécom.
UMTS (3G)	1800		2		1999		oui	Contrôlées	Tunnel	Internet, améliore la qualité des communications
RADIO (FM)	87 - 108	-	-	$10^{-2} - 10^5$	1893	$1 - 400 \cdot 10^3$ (FM)				Masse média, service sécurité, ...
TV terrestre TV par satellite	470 à 860 30 – 3000	0.3 – 30	-	-	1930	$4.8 - 450 \cdot 10^3$				Masse média

Les profils dans la technologie sans fil Bluetooth

Pour pouvoir utiliser la technologie sans fil Bluetooth, un périphérique doit être capable d'interpréter certains profils Bluetooth pour mettre en place une communication avec un autre périphérique dans le but d'une application précise.

Les profils définissent les applications possibles qui correspondent à des comportements généraux grâce auxquels les périphériques compatibles Bluetooth communiquent avec d'autres périphériques.

En se conformant aux spécifications Bluetooth, les développeurs peuvent créer des applications compatibles avec d'autres périphériques se conformant également à ces spécifications.

Afin de remplir leurs fonctions, les profils utilisent des options et paramètres particuliers au niveau de chaque couches de la pile (chaque profil est composé de couches et la communication se fait entre couche des différents périphériques comme une sorte de synchronisation).

Détail du fonctionnement d'un profil (Opp : Object Push Profile)

Le profil OPP définit deux rôles, celui du serveur d'envoi et celui du client d'envoi. Dans l'exemple cité (GSM vers GSM), les deux GSM doivent activer leur Bluetooth respectif et celui qui veut envoyer un fichier sera le serveur et l'autre le client.

C'est à travers les couches de la pile que la communication se déroule.

La couche *baseband* indiquera qui sera le maître et l'esclave

Le protocole LMP est utilisé pour contrôler et négocier tous les aspects du fonctionnement de la connexion Bluetooth entre deux périphériques, notamment la configuration et le contrôle de transports et de liaisons logiques, ainsi que pour contrôler les liaisons physiques.

Les couches Hci, Lmp et l2cap s'occupent de la segmentation et le réassemblage de paquets ainsi que la transmission de la qualité des informations de service.

La couche Rfcomm simule la liaison série rs-232

La couche Sdp est la couche qui permet de retrouver le périphérique.

La couche Obex définit les données et la communication entre les périphériques pour échanger les objets.

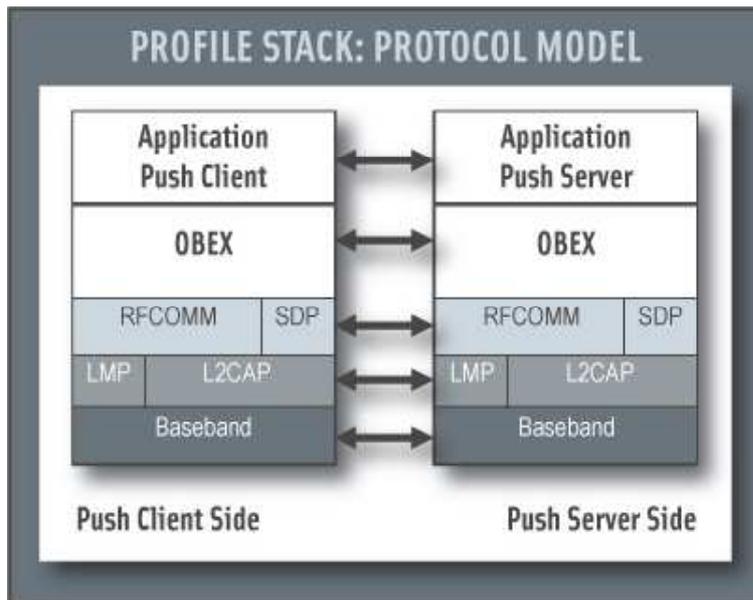


Figure 1 représentation du profil Opp et de ses couches(Source bluetooth.com)

Applications

Exemple du principe de fonctionnement du profil OPP (Object Push Profile)

Les GSM doivent activer leur bluetooth respectif et le GSM qui envoie le fichier est le maître et l'autre l'esclave.

Le GSM maître envoie une commande au GSM esclave pour être reconnu comme un « serveur » et l'échange de données commence dès que le GSM client accepte la communication avec le premier GSM

Exemple du principe de fonctionnement du GOEP (Generic Object Exchange Profile)

Le GSM doit activer son Bluetooth pour être repéré par l'ordinateur. Une fois que l'ordinateur a trouvé le GSM, l'ordinateur peut envoyer ses objets.

Ce profil fonctionne comme le profil Opp à la seule différence que c'est entre un GSM et un ordinateur

Exemple du principe de fonctionnement du GAVDP (General Audio/Video Distribution Profile)

Ce profil est utilisé pour faire de l'audio streaming. Le flux audio provient de l'initiateur : le GSM (INT) qui envoie d'abord un message au destinataire (ACP) en l'occurrence l'ordinateur pour établir une connexion qui ensuite lui envoie le flux et plusieurs requêtes (réceptions de paquets)

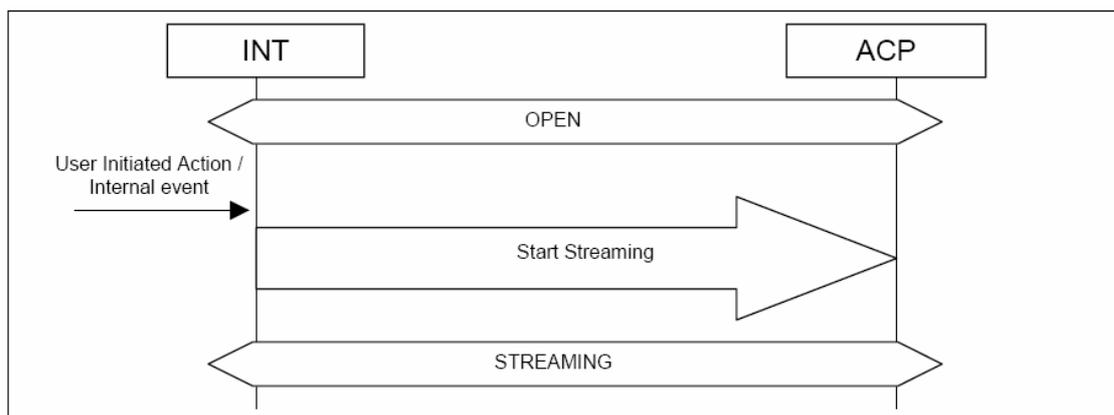


Figure 2 représentation d'une demande de début de streaming

Après que le GSM (l'initiateur) ait reconnu l'ordinateur (l'accepteur), il envoie une requête le lancement du streaming à l'ordinateur (Source bluetooth.com)

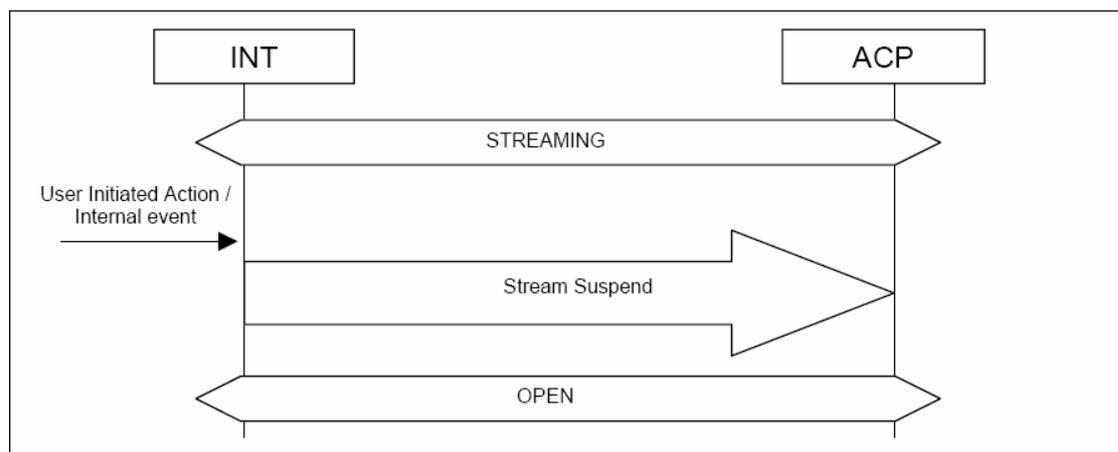


Figure 3 représentation d'une demande d'interruption de streaming

En plein streaming, le GSM (INT) envoie une demande d'interruption à l'ordinateur (ACP) (Source bluetooth.com)

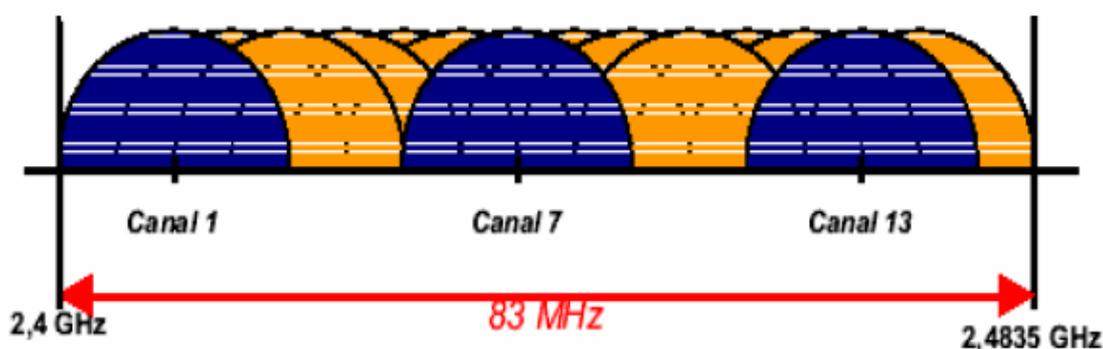
Les interférences

L'interférence est la superposition de deux ou plusieurs ondes .Ce phénomène se manifeste en optique, en acoustique, et plus généralement dans la technologie sans fil.

Explication du phénomène

Les interférences deviennent un problème de plus en plus critique dans la communauté du sans fil à cause d'un nombre croissant d'émetteurs utilisant les mêmes fréquences. Ainsi lorsque l'on parle d'interférence dans les réseaux sans fil, on parle généralement de toutes sortes de perturbations par d'autres réseaux, et d'autres sources de micro-ondes par exemple « des canaux adjacents » L'interférence est l'une des sources principales de difficulté dans la construction de liens sans fil, (plusieurs réseaux peuvent se faire concurrence dans un même spectre).

Regardons de plus près comment la bande 2.4 GHz est utilisée au sein du standard 802.11.le spectre est divisé en parties égales distribuées sur la largeur de bande appelées des canaux. Notons que les canaux ont une largeur de 22 MHz mais sont séparés seulement de 5MHz. Ceci signifie que les canaux adjacents se superposent et peuvent interférer les uns avec les autres.



Comment diminuer les interférences dans les réseaux sans fil ?

RF (Exemples « clavier et une souris sans fil »)

Les transmissions du clavier seront modulées sur une fréquence de 27,045Mhz et la souris sur 27,145MHz cette différence de 100 KHz entre les deux fréquences sert à éviter les problèmes d'interférences.

Bluetooth

Les équipements Bluetooth changent de fréquence à chaque échange de données (jusqu'à 6000fois par seconde et cela nous permet d'avoir d'avantage de réseaux Bluetooth dans la même pièce et de ne pas perturber les réseaux WiFi qui utilisent la même bande de fréquence.

WiFi

Pour éviter la perturbation, 2 points d'accès WiFi doivent utiliser des canaux différents. De plus, il est recommandé de ne pas utiliser la même fréquence que les voisins immédiats sinon il y aura des collisions entre les fréquences voisines. Il est également recommandé de ne pas utiliser des fréquences trop proches de celle du voisin sinon il y aura interférence.

Infrarouge

Dans la vie quotidienne on utilise principalement des télécommandes infrarouges pour le téléviseur, les chaînes stéréo, etc. L'utilisation simultanée de plusieurs télécommandes peut brouiller les communications infrarouges et empêcher un appareil de recevoir les commandes IR de sa propre télécommande. Pour éviter ce type d'interférence il est conseillé de les utiliser séparément.

En général

Et pour ne pas avoir deux signaux de mêmes fréquences on utilise le système de saut de fréquences. Le modèle de saut de fréquences basique correspond au classement pseudo-aléatoire des 79 fréquences de la bande ISM. Le modèle de saut de fréquences peut être modifié de sorte que les fréquences utilisées par d'autres périphériques et générant des interférences soient exclues.

La modulation

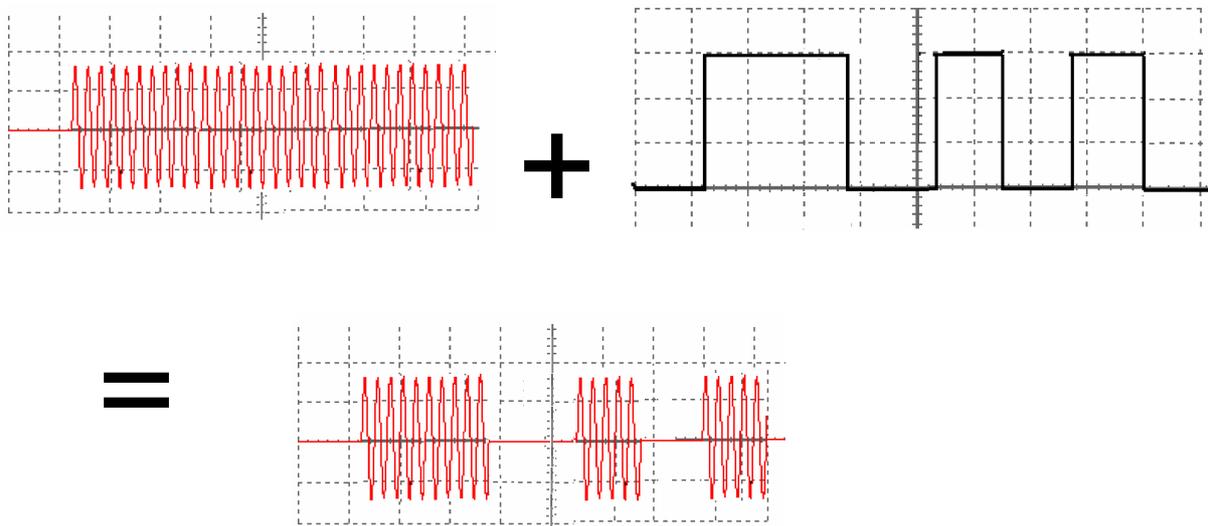
Le but de la modulation est de transporter de l'information sur une onde.

La modulation est un processus par lequel le signal, 'modulant', est transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission, par exemple en faisant varier les paramètres d'amplitude d'une onde sinusoïdale appelée 'porteuse'.

Le dispositif qui effectue cette modulation est un modulateur. L'opération inverse permettant d'extraire le signal de la porteuse est la démodulation.

Prenons l'exemple de la modulation OOK (On-Off Keying, modulation tout ou rien) par laquelle nous réussissons à transmettre un signal numérique dans l'air par le biais d'un faisceau lumineux.

La porteuse est sinusoïdale, elle a une longueur d'onde électromagnétique de 650 nm (couleur rouge dans le spectre du visible) soit une fréquence d'environ 460 THz. Le signal modulant est un signal numérique, binaire. Il module ou fait varier l'amplitude de la porteuse suivant sa valeur : 0 ou 1.



On – Off Keying : Un « 0 » numérique est interprété par une non-émission de la porteuse. Le laser est Off.

Un « 1 » numérique est interprété par une émission de la porteuse. Le laser est On. Le canal de transmission est l'air, aussi exploité par le signal radio, Bluetooth, Zigbee, infrarouge,...

Principale référence : <http://fr.wikipedia.org>