

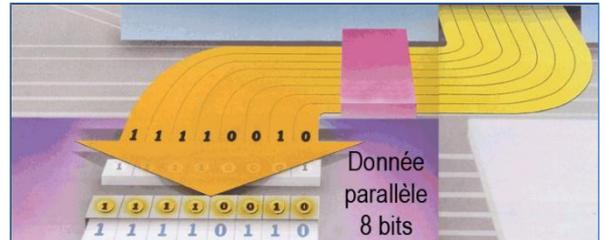
LES MODES DE TRANSMISSION AVEC ET SANS FIL

Préambule: La technicité croissante des matériels technologiques qui nous entourent met en avant un besoin de plus en plus important : **La communication!** En effet, nombre de ces matériels se doivent maintenant de communiquer avec leurs utilisateurs, leurs congénères, voir avec le réseau mondial qu'est Internet. À cette fin, les modes de transmission des informations ont beaucoup évolué. Initialement **filaire**, on parle beaucoup aujourd'hui de **transmission sans fil**.

1. LA TRANSMISSION FILAIRE PARALLÈLE

La transmission filaire en parallèle des informations remonte à l'invention des premiers ordinateurs, dans lesquels l'information numérique transitait (et transite toujours en grande partie) via des bus (groupes) de multiples fils électriques. On peut également citer la fameuse liaison « Centronics » qui a alimenté en données nos imprimantes pendant des décennies, ou encore l'interface IDE dédiée aux disques durs...

Dans ces liaisons, l'information numérique apparaît simultanément sur tous les fils dévolus à sa représentation.



La montée en puissance des microprocesseurs à vu la taille des bus de données exploser, et maintenant il est courant de devoir véhiculer 64 informations binaires en parallèle.

Cette multitude de fils a sonné le glas de la transmission parallèle dès lors que l'on sort du système de traitement.

1.1. Exemples

<p>Schéma d'un microprocesseur</p> <p>Bus de données 8 bits</p>	<p>Sortie imprimante Centronics</p> <p>Interface de disque dur ide</p>
---	--

1.2. Caractéristiques

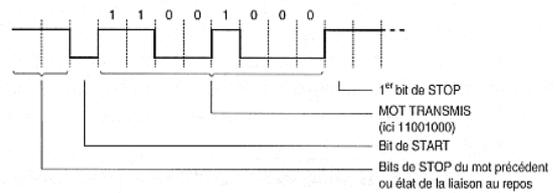
Les liaisons parallèles sont, de par leur nature, des liaisons très rapides, vu l'apparition simultanée des informations sur l'ensemble des fils du bus. En contrepartie, elles doivent être limitées en longueur

(3m maxi) car les informations véhiculées sont au standard 5 volts ou à des tensions plus faibles, et donc très sensibles aux chutes de tension dues à une longueur excessive.

2. LA TRANSMISSION FILAIRE SÉRIÉ

La transmission filaire en série des informations est la plus ancienne qui ait été développée. Son existence remonte à l'invention du télégraphe, pour lequel la transmission des signaux Morse s'effectuait à la queue-leu-leu. La simplicité d'un tel mode de transmission est évidente, et d'ailleurs, c'est celui qui prédomine naturellement notre environnement technologique actuel. Outre le télégraphe, on peut parler de son évolution : le téléphone ; Du réseau des réseaux : Internet ; En

informatique, du port usb, de la souris, de la liaison avec le clavier ; Sans parler de la domotique...



Ci-dessus, exemple de transmission d'un message à 8 bits sur une liaison série.

2.1. Exemples

Le télégraphe	Internet
	
Liaison clavier / ordinateur	Bus de terrain pour machine automatisée
	

2.2. Caractéristiques

Les liaisons série sont nécessairement moins rapides que les liaisons parallèles, bien que l'on constate de nos jours des vitesses de transmissions très élevées. Les informations étant transmises les unes à la suite des autres, on parlera alors de débit de données par unité de temps, dont l'unité de base sera le bit par seconde ou bps. Les multiples seront aussi de mise pour des débits plus élevés, comme le kilobit par seconde (kbps), le mégabit par seconde (Mbps), le gigabit par seconde (Gbps). Pour réduire aussi la valeur indi-

quée, on peut regrouper les informations en octet (8 bits) et définir le débit en kilo octet par seconde (ko/s), ainsi que ses multiples. *Attention à ne pas confondre le bit (variable élémentaire binaire) et le byte (octet en anglais).*

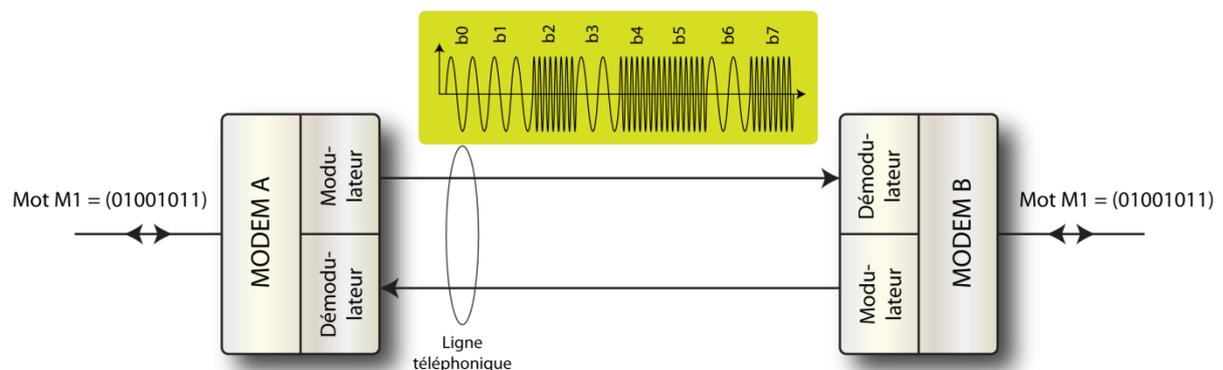
Une liaison série peut être véhiculée par divers supports, mais on constate généralement des distances de transmission très importantes (jusqu'à plusieurs centaines de mètres). Nous verrons par la suite le lien existant entre distance et débit.

2.3. La transmission individuelle de données numériques

2.3.1 Le modem analogique

Le modem (acronyme de MODulateur DEModulateur) est une interface particulière qui permet de convertir des données binaires en signaux électriques compatibles avec le réseau téléphonique RTC (réseau téléphonique commuté). Pour ce faire on affecte au niveau 1 logique une certaine fréquence du spectre vocal et pour le 0 logique une

autre fréquence du spectre vocal. Le message binaire à émettre est donc converti en un signal de fréquence modulée qui peut être transportée sur le réseau téléphonique. À la réception, l'opération inverse (démodulation) est réalisée et on retrouve le message binaire d'origine.



En réalité, l'émission et la réception se font sur le même fil par une liaison bifilaire (masse + signal). Pour différencier le signal d'émission du signal de réception, on réalise un multiplexage fréquentiel.

Exemple, le minitel :

En émission, la fréquence porteuse de 420 Hz.

- Un bit égal à 0 logique est codé par une fréquence de 390 Hz ;
- Un bit égal à 1 logique est codé par une fréquence de 450 Hz.

En réception, la fréquence porteuse est de 1 700 Hz.

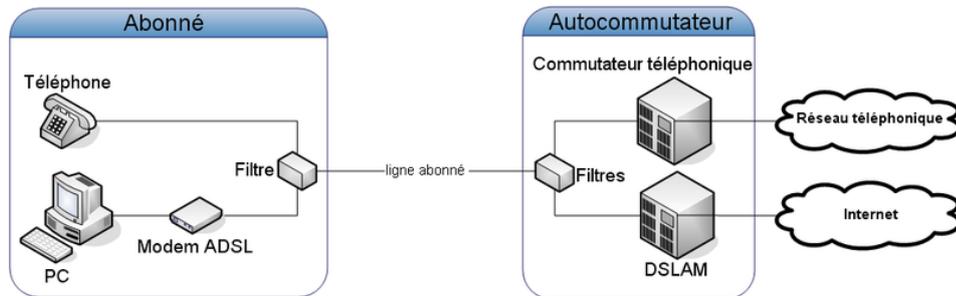
- Un bit égal à 0 logique est codé par une fréquence de 2 100 Hz ;
- Un bit égal à 1 logique est codé par une fréquence de 1 300 Hz.

Donc sur la même ligne circulent simultanément 4 signaux de 4 fréquences différentes. Des filtres permettent au minitel de sélectionner les fréquences qui le concernent et de déterminer si le bit transmis est à 0 ou à 1.

2.3.2 Cas particulier de l'ADSL

L'**Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)** est une technique de communication qui permet d'utiliser une ligne téléphonique pour transmettre et recevoir des données numériques de manière indépendante du service téléphonique proprement

dit (contrairement aux modems dits *analogiques*). Cette technologie est massivement mise en œuvre par les fournisseurs d'accès à Internet pour le support des accès dits « haut-débit ».



Les signaux utilisés pour la téléphonie classique (sonnerie, numérotation multifréquences, voix) occupent une bande de fréquences qui s'étend entre 25 et 3 400 Hz environ. Le principe de l'ADSL consiste à exploiter une autre bande de fréquence, située au-dessus de celle utilisée pour la téléphonie, pour échanger des données numériques en parallèle avec une éventuelle conversation télé-

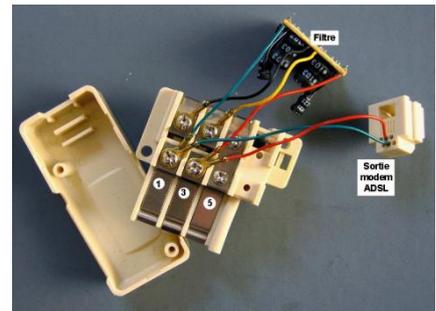
phonique. Grâce à cette séparation dans le domaine fréquentiel, les signaux ADSL qui transportent les données et les signaux téléphoniques qui transportent la voix circulent donc simultanément sur la même ligne d'abonné sans interférer les uns avec les autres. On utilise des filtres afin d'aiguiller les signaux vers le bon récepteur.



Un DSLAM



Filtre ADSL



2.4. Comment naviguer dans la jungle des protocoles

Lorsque l'on parle d'une transmission de données série, quel qu'en soit le type, il est des confusions souvent faites qu'il convient d'éviter. Pour ce faire, l'ISO (organisations internationale de normalisation) a défini le **modèle OSI** (de l'anglais Open Systems Interconnection) d'interconnexion en ré-

seau des systèmes ouverts. C'est un modèle de communications entre ordinateurs qui décrit les fonctionnalités nécessaires à la communication et l'organisation de ces fonctions. Ce modèle est exhaustif et toutes les couches ne sont pas néces-

sairement utilisées par tous les fabricants de matériel.

Chaque couche dialogue avec la couche juste **au-dessus** et celle juste **au-dessous** : Elle **fournit des services** à la couche au-dessus, et **utilise les services** de la couche en-dessous.

Chaque couche encapsule les données venant de la couche du dessus en y ajoutant ses propres informations avant de le passer à la couche du dessous (et opération inverse dans l'autre sens).



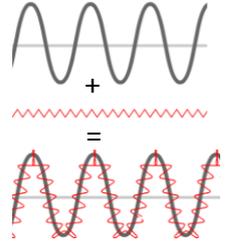
Couche 7 Application	C'est à ce niveau que sont les logiciels : navigateur, logiciel d'email, FTP, chat... <i>Exemples : FTP, SMTP, Pop3...</i>
Couche 6 Présentation	Elle est en charge de la représentation des données (de telle sorte qu'elle soit indépendante du type de microprocesseur ou du système d'exploitation par exemple) et - éventuellement - du chiffrement. <i>Exemples : ASCII, Videotex, Unicode...</i>
Couche 5 Session	En charge d'établir et maintenir des sessions (c'est à dire débiter le dialogue entre 2 machines : vérifier que l'autre machine est prête à communiquer, s'identifier, etc.) <i>Exemples : Telnet, AppleTalk, NetBios...</i>
Couche 4 Transport	En charge de la liaison d'un bout à l'autre. S'occupe de la fragmentation des données en petits paquets et vérifie éventuellement qu'elles ont été transmises correctement. <i>Exemples : TCP, UDP...</i>
Couche 3 Réseau	En charge du transport, de l'adressage et du routage des paquets. <i>Exemples : NetBEUI, IPv4, IPv6...</i>
Couche 2 Liaison de données	En charge d'encoder (ou moduler) les données pour qu'elles soient transportables par la couche physique, et fournit également la détection d'erreur de transmission et la synchronisation. <i>Exemples : Ethernet, CAN, Token ring...</i>
Couche 1 Physique	C'est le support de transmissions lui-même : un fil de cuivre, une fibre optique, les ondes hertziennes... <i>Exemples : paire torsadée, ADSL, USB, Bluetooth, wifi, 10base-T...</i>

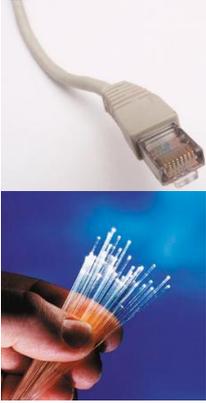
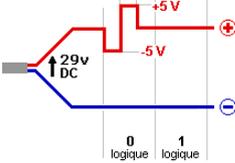
En appliquant cette méthode de description à la communication sur Internet, on arrive sur un modèle TCP/IP ne comportant que quatre couches :

- Couche Application
- Couche Transport
- Couche Internet
- Couche Accès Réseau

2.5. Liaisons et protocoles usuels (non exhaustif)

Liaison / Protocole	Principales utilisations	Support	Caractéristiques électriques	Débit	Longueur
RS 232	Liaison série standard des ordinateurs jusque dans les années 2000.	 Prise DB9 et au minimum 3 fils	Un niveau logique 0 est représenté par une tension de +3V à +25V et un niveau logique 1 par une tension de -3V à -25V. Ordinairement, des niveaux de +12V et -12V sont utilisés.	En bps : 19200 9600 4800 2400	En mètre : 15 150 300 900

<p>RS 485</p>	<p>Norme de liaison très utilisée dans le domaine industriel. Les protocoles qui utilisent cette liaison sont : Modbus, profibus, SCSI...</p>	 <p>2 fils au minimum (ex : profibus)</p>	<p>pour émettre un bit 0, il faut envoyer une tension sur le fil "B" qui soit supérieur au potentiel sur le fil "A". Et pour émettre un bit 1, la tension sur le fil "A" doit être supérieure à celle du fil "B". Tout cela avec une tension comprise entre -7 et +12V, sans référence à la masse puisque l'on fonctionne en différentiel.</p>	<p>35 Mbps 100 kbps</p>	<p>En mètre : 12 1 200</p>
<p>USB</p>	<p>Bus informatique en transmission série, apparu dans les années 1990 afin de remplacer les nombreux ports externes des ordinateurs.</p>	 <p>4 fils (2 données, +5V, 0V)</p>	<p>Signal différentiel comme en RS485. Un fil D+ et un fil D-, pour lesquels, lorsque D+ possède un potentiel supérieur à D-, nous avons un niveau logique 1. Et inversement, si D- possède un potentiel supérieur à D+ nous avons un niveau logique 0.</p>	<p>USB 1.0 / 1.1 1,5 Mbps (basse vitesse) 12 Mbps (haute vitesse) USB 2.0 480 Mbps USB 3.0 4,8 Gbps</p>	<p>Généralement 5m maximum</p>
<p>ASI</p>	<p>Bus de terrain (en anglais <i>Actuators Sensors Interface</i>, interface actionneurs capteurs), destiné à simplifier le câblage électrique des machines disposant d'un grand nombre de capteurs et de préactionneurs. ces derniers sont reliés directement ou par l'intermédiaire d'une embase à l'automate central via un seul câble. Chaque embase permet de connecter jusqu'à 4 capteurs ou préactionneurs au bus.</p>	 <p>2 fils en câble électrique souple, isolés en matériau auto-cicatrisant (ex : caoutchouc)</p>	<p>Le fil ASI jaune, véhicule simultanément les informations série et l'alimentation 24V destinée aux capteurs. Pour alimenter des préactionneurs nécessitant un courant plus important, on ajoute parfois un câble identique noir pour véhiculer du 24V auxiliaire. Dans sa seconde déclinaison (ASI V2), on peut raccorder sur le bus 62 embases, soit 248 capteurs, et même transmettre des signaux analogiques.</p>	<p>167 kpps</p>	<p>Maximum 100m. Si l'on utilise des répéteurs, on peut atteindre 300m mais avec une alimentation 24V par segment de 100m</p>
<p>CPL</p>	<p>Le <u>Courant Porteur de Ligne</u> est une méthode novatrice de transmission des informations dans le milieu du bâtiment ou dans la gestion du réseau électrique. Très utilisé pour la domotique, il commence à s'imposer comme une alternative au Wifi.</p>	 <p>Câblage électrique de l'habitation</p>	 <p>Le principe des CPL consiste à superposer au courant électrique alternatif de 50 Hz un signal à plus haute fréquence et de faible énergie.</p>	<p>CPL bas débit : (utilisés dans la gestion du réseau de transport et de distribution électrique ou encore de télérelève des compteurs électriques) 2,4 à 20 kbps CPL haut débit : (utilisés en extension de réseau ou transmission Internet) 14 à 500 Mbps</p>	<p>Le signal étant porté par des câbles non blindés, il faut mettre en place un contrôle important de l'intégrité des données. De plus, la majeure partie de l'énergie envoyée est rayonnée autour du câble sous forme de signal radio.</p>

<p>Ethernet</p>	<p>Ce protocole mis au point dans les années 1970 s'est imposé comme LE protocole à haut débit destiné au grand public dans les années 1990.</p>	 <p>Paire torsadée, fibre optique, câble coaxial</p>	<p>Difficile de parler de signal électrique alors qu'on utilise la transmission par la lumière, mais lorsqu'on utilise des tensions, elles sont basses (par exemple, +0,7V et -0,7V à 10 Mbps)</p>	<table border="0"> <tr> <td>10 Mbps</td> <td></td> </tr> <tr> <td>coaxial,</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>paire torsadée</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>100 Mbps</td> <td></td> </tr> <tr> <td>double paire torsadée,</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>fibre optique</td> <td>2 000</td> </tr> <tr> <td>1 Gbps</td> <td></td> </tr> <tr> <td>double paire torsadée,</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>fibre optique</td> <td>10 000</td> </tr> <tr> <td>10 Gbps</td> <td></td> </tr> <tr> <td>fibre optique</td> <td>500</td> </tr> </table>	10 Mbps		coaxial,	500	paire torsadée	100	100 Mbps		double paire torsadée,	100	fibre optique	2 000	1 Gbps		double paire torsadée,	100	fibre optique	10 000	10 Gbps		fibre optique	500	<p>En mètre :</p>
10 Mbps																											
coaxial,	500																										
paire torsadée	100																										
100 Mbps																											
double paire torsadée,	100																										
fibre optique	2 000																										
1 Gbps																											
double paire torsadée,	100																										
fibre optique	10 000																										
10 Gbps																											
fibre optique	500																										
<p>KNX</p>	<p>KNX est un protocole multi supports, né en 1999 de l'association de plusieurs acteurs du milieu des automatismes pour le bâtiment. On retrouve ce protocole dans les solutions de Gestion Technique du Bâtiment, et plus généralement dans la domotique.</p>	 <p>Double paire torsadée, 2 conducteurs, radio...</p>	<p>Le bus filaire est alimenté sous 29V, tension nécessaire à tous les composants pour leur propre fonctionnement.</p>  <p>Le 0 logique est un signal alternatif d'amplitude 5 V, superposé au 29 V. Le 1 logique correspond à l'absence de signal.</p>	<p>Par CPL :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 200 bps 2 400 bps <p>Filaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> 4 800 bps 9 600 bps <p>Radio :</p> <ul style="list-style-type: none"> 38,8 kbps <p>Ethernet : (voir débits ci-dessus)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distance maximale entre 2 participants : 700 m - Distance maximale entre un participant et une alimentation : 350 m - Longueur maximale d'un segment ou d'une ligne : 1000 m - Distance entre 2 alimentations : 200 m minimum 																						

Bien entendu, ce tableau ne donne qu'une vue très partielle de la multitude de liaisons et de protocoles aptes à véhiculer des informations en série.

3. LA TRANSMISSION SANS FIL

La transmission filaire des informations en « série » est universelle, mais elle souffre d'une contrainte parfois rédhibitoire : La présence des câbles de liaison ! Leur pose peut nécessiter des travaux

parfois lourds, et il est alors heureux de pouvoir faire appel à des solutions « sans fil », beaucoup plus souples d'utilisation.

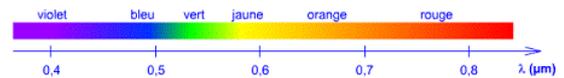
3.1. Transmission infrarouge



Nous sommes ici dans le domaine réservé des télécommandes de tous poils ! Télécommandes d'appareils audiovisuels grand public en premier lieu (télévision, chaîne hifi, DVD...), on peut aussi y trouver des télécommandes à usage domotique (porte de garage, éclairage...), ou encore pour véhiculer un son dans les casques infrarouges. L'infrarouge « fabriqué » est émis par une diode infrarouge, composant électronique acceptant une tension d'environ 1,5 V à ses bornes, et qui transforme un signal électrique en une lumière



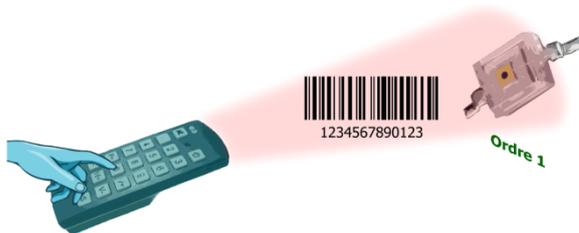
ayant un spectre de longueur d'onde invisible à l'œil nu et se situant au-dessus du rouge, dit infrarouge (800 – 1 000 nm).



L'inconvénient de l'infrarouge est sa propagation : si en intérieur le rayon peut se réfléchir sur les murs, en extérieur il faut viser le récepteur pour ne pas avoir d'erreur de transmission de l'ordre. Bien que modulé entre 30 et 40 kHz, celui-ci peut être perturbé par les néons, les lampes à économie d'énergie ou les rayons du soleil, et ne fonctionne que sur quelques mètres (une dizaine tout au plus). Aucun obstacle ne doit figurer alors sur le trajet.

3.1.1 Fonctionnement

Lorsque l'on appuie sur une touche de la télécommande du téléviseur, l'ordre est donné comme un code Morse, sauf qu'il ne s'agit pas de tiret-point mais de 1 (la diode s'allume) et de 0 (la diode s'éteint). Cela permet de produire des messages de structure différente selon la commande sur laquelle on désire agir.



La télécommande envoie un véritable « code barre » infrarouge

Le clavier constitue l'intermédiaire entre l'utilisateur et le système électronique de l'émetteur. Par exemple, en appuyant sur « off », la télécommande envoie « 10110101 », sous forme d'une série de signaux électriques, à la diode. Celle-ci se met alors à clignoter, et c'est ce clignotement qui est capté par un récepteur, ici le téléviseur. Il comporte un élément sensible non seulement à la lumière infrarouge émise par la diode, mais en plus capable de comprendre son langage codé.

Les signaux de commande émis par l'émetteur sont captés par le récepteur monté sur le téléviseur, puis sont amplifiés et décodés. A la sortie de ce decodeur, on obtient les différents signaux nécessaires aux réglages du téléviseur (volume, luminosité, contraste et saturation), ainsi que les impulsions permettant d'arrêter le téléviseur.

3.2. Transmission par ondes radio



La transmission par ondes radio ne diffère guère de la transmission infrarouge, à ce détail près que ce n'est plus un clignotement de lumière qui est

émis, mais la modulation d'une onde dite « porteuse » par le signal à émettre. Ce mode de transmission permet de s'affranchir de la directivité de l'émission infrarouge : Il n'est plus nécessaire de « viser » le récepteur ;

De même, les distances couvertes sont nettement plus grandes avec une transmission radio (parfois plusieurs centaines de mètres), et les obstacles, s'ils atténuent le signal plus ou moins selon leur nature, ne le suppriment pas totalement !

Chaque utilisation des ondes radio dans un domaine donné est soumise à une réglementation très stricte. En France, c'est l'ARCEP qui distribue les autorisations, et octroie les fréquences en fonction des besoins.

Cela permet de conserver un « paysage radio » à peu près ordonné.

3.2.1 Exemples de transmissions par radio

Transmission du son en FM	Transmission Internet en Wifi	Transmission du son en Bluetooth
		
Radiocommande domotique	Radiocommande d'engins	Radiocommande de jouets
		
Transmission GSM	Capteurs communicants sans fil	
		

3.3. Exemples d'utilisation

Liaison	Support	Principales utilisations	Fréquences utilisées	Débit	Distance en champ libre
GSM	 <p>Centrale domotique GSM</p>	Outre la téléphonie et l'Internet mobile, on utilise aussi cette technologie pour le pilotage d'installations domotique, en émettant des sms de commande à distance pour le chauffage, la sécurité... Il est nécessaire de souscrire un forfait auprès d'un opérateur pour bénéficier de cette technologie.	900 Mhz 1 800 Mhz 2 100 Mhz	En GSM : 9,6 kbps En 3G : 384 kbps En 3G+ : 3,6 Mbps	Elle dépend de la couverture du réseau et du maillage des réémetteurs.
Wifi	 <p>Modem Wifi industriel (taux de transfert configurable, puissance d'émission réglable)</p>	Le wifi n'a pas sa place que dans le cadre de la transmission Internet domestique. On le trouve aussi dans le monde industriel, pour raccorder des machines à un réseau Ethernet sans avoir de raccordement filaire contraignant à réaliser. Les appareils dévolus au monde industriel sont identiques à ceux destinés au grand public, si ce n'est des possibilités de raccordement et de configuration plus poussées.	Autour de 2,4 Ghz 5 Ghz, selon le canal d'émission choisi. En France, 14 canaux cohabitent sur la bande des 2,4 Ghz.	Norme 802.11b 11 Mbps Norme 802.11g 54 Mbps	100 m 100 m
Bluetooth	 <p>Adaptateur USB / Bluetooth</p>	Le Bluetooth est une liaison radio à courte distance, destinée à supprimer les connexions filaires autour des appareils informatiques / électroniques.	Autour de : 2,4 Ghz	V 1.0 1Mbps V2.0 100 Mbps	Selon la classe de puissance d'émission : Cl. puiss. Dist. 1 100 mW 100 m 2 2,5 mW 20 m 3 1 mW qqes m
Zigbee	 <p>Module Zigbee</p>  <p>Interrupteur sans fil Zigbee</p>	Zigbee a pour but la communication de courte distance telle que le propose déjà la technologie Bluetooth, tout en étant moins chère et plus simple à implémenter. La consommation des composants utilisant ce protocole est généralement réduite, ce qui permet une alimentation par pile sur des années. Cette technologie a sa place tout particulièrement dans les capteurs industriels ou domotique communicants.	16 canaux dans la bande de fréquence de 2.4 à 2.4835 GHz 10 canaux dans la bande de fréquence de 902 à 928 MHz 1 canal dans la bande de fréquence de 868 à 868.6 MHz.	256 kbps	100 m