

Document préparatoire au TP

Modulation et démodulation

Expliquer l'intérêt et la nécessité de la modulation pour les transmissions hertziennes.

Document 1 : Modulation d'amplitude et modulation de fréquence

Adaptation d'un article de J.-M. Courty et E. Kierlik, Pour la Science n°363, Janvier 2008

La voix ou la musique sont des ondes sonores, associées à des variations de pression de l'air. Elles s'atténuent rapidement en se propageant. Pour les transmettre au loin, une première solution a été trouvée par l'orthophoniste américain Graham Bell en 1876. Grâce à un microphone, les variations de pression sont converties en signal électrique transmis par des fils de cuivre. C'est le principe du premier téléphone. Mais ce procédé a ses limites : il nécessite une liaison matérielle entre la source et l'auditeur, cette liaison ne peut transmettre qu'une seule conversation à la fois et la qualité de la transmission est rarement au rendez-vous, le signal étant très sensible aux parasites électriques. Et surtout, cette méthode est mal adaptée à la diffusion d'un même message à de nombreux destinataires. Comment faire mieux ?

On peut pour cela utiliser des ondes radio. Ces ondes électromagnétiques, dont la gamme de fréquence va du kilohertz au gigahertz, traversent certains obstacles et en contournent d'autres grâce au phénomène de la diffraction.

Comment coder du son avec une onde électromagnétique ? La méthode la plus simple consiste à moduler l'amplitude d'une onde monochromatique (de fréquence unique) dite porteuse, c'est-à-dire à multiplier l'amplitude de cette onde par l'amplitude du signal à transmettre. L'onde électromagnétique résultante n'est alors plus monochromatique : on montre que c'est une superposition d'ondes, dont les fréquences sont voisines de celle de l'onde porteuse.

Considérons par exemple la transmission du *la* du diapason, une onde sonore de 440 hertz, au moyen d'une onde radio de 220 kilohertz. L'onde modulée en amplitude (ou AM pour l'anglais *amplitude modulation*) produite par l'émetteur radio est la superposition de deux autres ondes, nommées raies latérales, dont les fréquences sont à 440 hertz de distance de part et d'autre de la fréquence porteuse (soit 219,56 kilohertz et 220,44 kilohertz).

Lorsque le son à transmettre n'est pas purement sinusoïdal, le résultat est similaire, mais toutes les fréquences composant le son interviennent. C'est pourquoi, pour transmettre le signal dans de bonnes conditions, on doit attribuer une bande de fréquence à chaque porteuse.

Si l'on veut transmettre la voix humaine, la gamme acoustique allant de 0,3 à 3,4 kilohertz suffit, ce qui nécessite une bande électromagnétique large de 7 kilohertz. La transmission de la musique nécessitera plutôt une largeur de 40 kilohertz.

Les ondes radio émises occupent ainsi une portion du spectre centrée sur la fréquence porteuse. Toutes les fréquences de cette région sont utilisées et ne sont donc pas disponibles pour d'autres transmissions. Pour cette raison, et afin que les multiples communications ne se brouillent pas, le spectre électromagnétique a été découpé en canaux de fréquences et de largeur bien déterminées, répartis entre utilisateurs potentiels par des conventions nationales ou internationales (figure 1).

Cependant, la modulation d'amplitude n'évite pas les affreux grésillements de certaines retransmissions. Comment éviter de telles perturbations et transmettre un signal de bonne qualité ? En utilisant la modulation de fréquence (FM), proposée par l'américain Edwin Armstrong en 1935. Le principe revient à émettre un signal de fréquence variable, dont la valeur est la somme d'une fréquence de référence (la porteuse) et d'un terme proportionnel à l'amplitude instantanée du signal à transmettre. La valeur maximale du changement de fréquence de l'onde est « l'excursion en fréquence » : c'est l'écart en fréquence qui correspond à l'amplitude maximale qu'on veut transmettre.

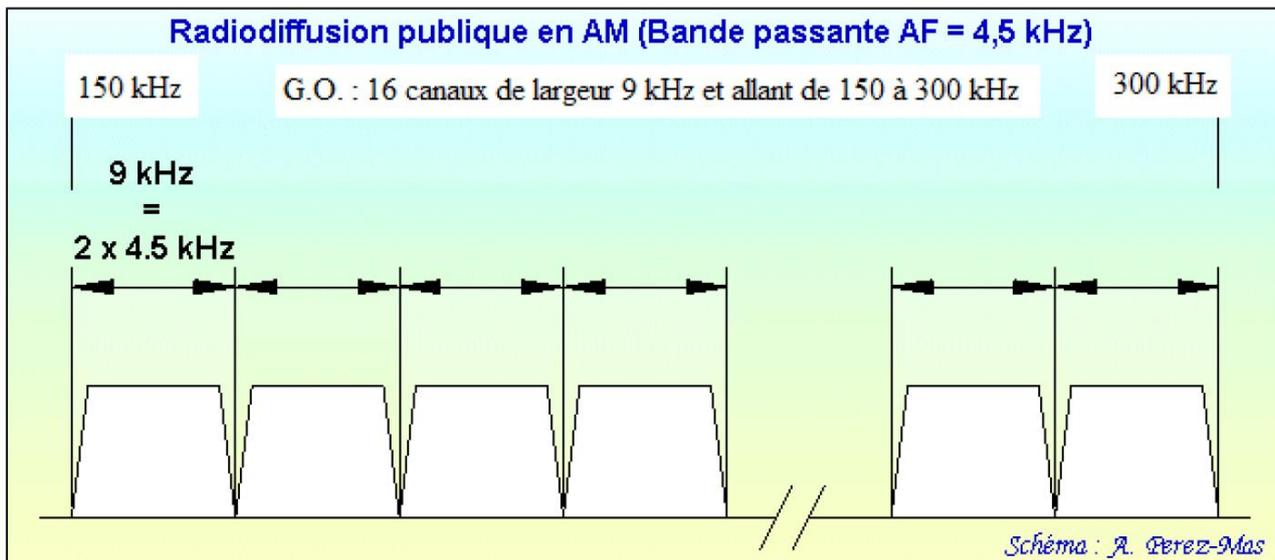


Figure 1 : Canaux de radiodiffusion Grandes Ondes (modulation d'amplitude).

Comme pour la modulation d'amplitude, le signal émis n'est pas une onde monochromatique, mais équivaut à une superposition d'ondes de fréquences différentes. Dans le cas de la transmission en FM du *la* du diapason, l'onde modulée est ainsi composée de toute une famille d'ondes sinusoïdales aux fréquences espacées deux à deux de 440 hertz.

Pour la modulation de fréquence de haute fidélité, la fréquence porteuse est comprise entre 88 et 108 mégahertz, et l'excursion en fréquence est de 75 kilohertz. Ainsi, un *la* du diapason d'amplitude maximale fait intervenir dans sa transmission plus de 100 raies différentes. Par conséquent, si l'une des ces raies est perturbée, le signal global est peu affecté. C'est aussi cela qui permet de se verrouiller sur une station de radio donnée lorsque sa fréquence est proche d'une autre. Autre avantage, la puissance en FM est indépendante du signal à transmettre. Inconvénient de la FM : leurs fréquences étant élevées, les ondes FM diffractent peu, ce qui limite la portée des émetteurs de radiodiffusion.