

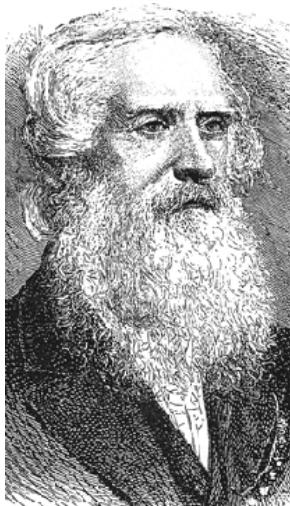
Le Morse, par câbles et ondes

Par Isabelle Desit-Ricard

En 1843, le congrès américain vote un crédit de trente mille dollars pour que soit construite une ligne télégraphique entre Washington et Baltimore. Le 24 mai 1844, un message Morse est transmis pour la première fois sur plusieurs dizaines de kilomètres. Son texte même ne laisse aucun doute sur l'émotion engendrée par cette performance technique : « quelle œuvre Dieu a faite ! » dit en substance le message ... L'enthousiasme est de taille. Mais qui, alors, oserait imaginer que, un demi-siècle plus tard, les signaux Morse n'auraient plus besoin de câble télégraphique pour franchir les distances ? Il faudra attendre 1873 pour que Maxwell imagine les ondes électromagnétiques, et 1887 pour que Hertz parvienne à les produire et à les détecter. Il s'agira alors de recherches fondamentales, dont personne, au début, ne soupçonnera les innombrables conséquences. Pourtant, dès 1894, grâce à l'utilisation des codes Morse et l'intérêt suscité par la télégraphie filaire, la recherche appliquée va prendre son essor pour donner naissance à la TSF.

Le télégraphe filaire

Le peintre américain Samuel Findley Breese Morse (1791-1872), a quarante et un ans quand il répond à un concours visant à trouver « un moyen de communication à distance simple et efficace ». Il propose alors un modèle de télégraphe utilisant un code composé de points, qui sera le précurseur du code Morse-Vail puis du code Morse international (voir l'article sur le code Morse). Morse remporte ce concours et, cinq ans plus tard, parvient à transmettre le premier message Morse sur New-York.



Samuel Morse, 1791-1872

Les premiers télégraphes filaires étaient rudimentaires : chacune des deux stations comportait un interrupteur électrique nommé la « pioche », une batterie, un « sonneur », et deux fils (dont l'un était relié à la Terre). Quand on fermait l'interrupteur dans une station, le courant passait sur la ligne et activait les électroaimants du sonneur de l'autre station. Ces aimants attiraient alors un barreau mobile suspendu à un ressort et couplé à un système de charnière.



La pioche, l'interrupteur électrique des premiers télégraphes

Lorsque le barreau était en bas du dispositif, un claquement sonore se produisait. Lorsque l'impulsion électrique s'arrêtait, le barreau remontait et un nouveau claquement se produisait quand il avait atteint le sommet de sa course. L'intervalle de temps séparant les deux claquements permettait ainsi de mesurer la longueur de l'impulsion électrique reçue et donc de distinguer les points (dots) des traits (dashes).

Cette relative simplicité de mise en œuvre explique l'essor fulgurant du télégraphe Morse qu'on s'employa rapidement à perfectionner. Ainsi, dès 1876, Edison trouva-t-il un moyen de transmettre plusieurs messages sur un même câble grâce à un quadruplex, précurseur des futurs multiplexeurs. Malgré cette amélioration, le prix des infrastructures nécessaires à la télégraphie (poteaux et fils à dresser sur des centaines de kilomètres) restait rédhibitoire quand il s'agissait de câbler les endroits les plus isolés.

Passage au sans fil

Quand en 1887, Heinrich HERTZ parvient à émettre des ondes électromagnétiques grâce à une bobine de Rhumkorff (bobine à induction) et un éclateur, le télégraphe filaire, que certains appelaient déjà « télégraphe Morse », est déjà largement diffusé.

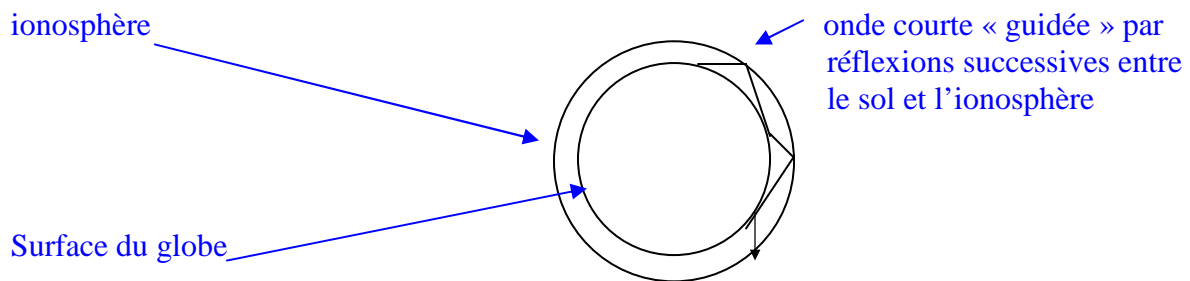


Heinrich Hertz, 1857-1894

Deux ans plus tard, Edouard Branly étudie le passage du courant électrique à travers une couche de limaille de fer et découvre que celle-ci est très mauvaise conductrice, sauf lorsqu'elle a été soumise à un champ électromagnétique alternatif . Il note aussi que, dès que le dispositif subit un léger choc, la conductivité acquise disparaît brutalement. Le tube à limaille, ce « radioconducteur », baptisé « cohéreur » par le britannique Lodge, permet donc d'effectuer des détections successives d'ondes électromagnétiques à condition d'infliger au dispositif un ébranlement mécanique pour lui restituer sa haute résistivité entre deux détections. C'est le russe Alexandre Popov qui, après avoir travaillé sur les antennes, aura l'idée, en 1895, d'utiliser le cohéreur de Branly, pour actionner, via un relais, un frappeur muni d'une sonnerie électrique au sein d'un transcripteur Morse. Le choc mécanique produit

par le frappeur à proximité du tube à limaille est suffisant pour supprimer la conductivité de la limaille et permettre la détection du signal suivant. Le télégraphe Morse sans fil vient de naître ...

Le 7 mai 1895, Popov transmet sur 250 mètres le nom de « Heinrich Hertz » codé en Morse. Quatre ans plus tard, en mars 1899, un premier télégramme Morse traverse la Manche. L'expéditeur est Guglielmo Marconi, le destinataire Edouard Branly, et le message codé en Morse est le suivant : « M. Marconi envoie à M. Branly ses respectueux compliments par le télégraphe sans fil à travers la Manche. Ce beau résultat étant dû en partie aux remarquables travaux de M. Branly. ». La dernière étape dans la conquête des distances a lieu au début du vingtième siècle quand l'américain Kenelly et le britannique Heaviside annoncent l'existence d'une couche de gaz ionisée dans la haute atmosphère. Dès les années vingt, des radioamateurs s'aperçoivent en effet que les ondes courtes ($10\text{m} < \lambda < 200\text{m}$) se réfléchissent sur cette ionosphère et peuvent ainsi être guidées d'un côté à l'autre du globe terrestre.



Les ondes courtes de réfléchissent sur la ionosphère

Lire à l'oreille

Il semble que, dès 1845, certains opérateurs furent capables d'écouter le son émis par les transpositeurs Morse et de comprendre le sens des messages ainsi reçus. La « lecture au son » était surtout utile lorsque les enrouleurs des enregistreurs papiers des télégraphes étaient défectueux. Mais la lecture à l'oreille et l'émission manuelle de code Morse retrouvèrent tout leur intérêt lors du deuxième conflit mondial : les agents secrets britanniques n'émettaient pas tous « leur » code de la même façon. Ainsi, tel agent allongeait-il légèrement la longueur de l'un des traits codant une lettre donnée : cette « signature » était bien connue des opérateurs qui, en réception, devaient authentifier son message. Si elle faisait défaut, la centrale de Londres en déduisait que son agent avait été capturé et que le message reçu avait été émis par l'ennemi.

La fin du code Morse

Le réseau télégraphique Morse tissa les « routes de l'information » du dix-neuvième siècle. Pourtant, dès mars 1876, Alexander Graham Bell inventait le téléphone, et dès 1927, Marconi réalisait la première transmission radiotéléphonique transatlantique. A partir de là, la phonie se mit à concurrencer la télégraphie. La Poste britannique abandonna officiellement le morse en 1932. Depuis le 31 décembre 1999, les paquebots de plus de 300 tonnes ne sont plus tenus de posséder l'équipement nécessaire pour émettre des SOS avec l'alphabet Morse. Le GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) mis en place en 1979, a désormais totalement remplacé la télégraphie Morse : il fonctionne via les satellites. Au vingt et unième siècle, les radio-amateurs sont devenus les gardiens de la tradition Morse. D'un côté à l'autre de notre planète, les abréviations qu'ils utilisent sont toujours universelles.

Les radio-amateurs et le Morse

Pour transmettre du son ($20 \text{ Hz} < f < 15000 \text{ Hz}$) en modulant en amplitude une porteuse de fréquence F , on occupe deux bandes de fréquences [$F-15000 \text{ Hz}$, $F-20\text{Hz}$] et [$F+20\text{Hz}$, $F+15000\text{Hz}$]. En BLU (bande latérale unique), une bande passante d'au moins 15 kHz sera nécessaire pour transmettre un tel signal. Par ailleurs, les signaux modulés en amplitude ont l'inconvénient d'être particulièrement sensibles aux divers parasites. Si l'on travaille en modulation de fréquence, la largeur de bande nécessaire sera encore plus importante (le spectre comporte même en théorie une infinité de raies latérales, dont l'amplitude s'atténue quand on s'éloigne de la fréquence porteuse). La grande largeur de spectre exigera donc que l'on travaille avec des fréquences élevées (au voisinage de 100 MHz).

La production de signaux Morse est une forme extrême de modulation d'amplitude puisqu'il s'agit d'interrompre et de rétablir l'émission de l'onde. Mais si l'on ne prend pas de précaution particulière, le spectre fréquentiel est extrêmement étendu. Pour y remédier, il faut ralentir le plus possible la montée et la descente des signaux. Dans de telles conditions, on parvient à transmettre des signaux Morse occupant des bandes passantes de quelques dizaines de Hz. Ainsi dispose-t-on, dans un domaine de fréquence donné, d'un grand nombre de canaux susceptibles d'être utilisés simultanément pour diverses communications. De plus, la réception de tels signaux reste possible avec un rapport signal/bruit et une puissance d'émission très faibles.

Ainsi, avec un émetteur de 1 Watt, un radioamateur peut-il, s'il travaille en ondes courtes, communiquer en Morse avec quelqu'un situé à plusieurs milliers de kilomètres de chez lui.



Valise de radiocommunication utilisée pendant la deuxième guerre mondiale par des résistants



Edouard Branly