

## **Professeur Charles WHEATSTONE et ses télégraphes**

A-t-il été plus rapide que Morse et Breguet pour établir un réseau télégraphique?

Fons Vanden Berghen

### **Préface**



Dans le passé j'ai écrit des articles sur les travaux de Samuel Morse, de Louis BREGUET et de Werner SIEMENS, leurs activités dans le domaine de la télégraphie, leurs sociétés et leurs instruments. Il est grand temps que je consacre à présent un article à Charles WHEATSTONE.

Je n'ai pas fait de recherches fondamentales sur la vie et le travail du Professeur Ch. Wheatstone. Je ne suis pas en position de le faire et il y a des personnes talentueuses qui l'ont déjà fait en profondeur et avec succès. Cela a abouti à des livres passionnants et plusieurs d'entre eux sont dans ma bibliothèque. Voir [1] et [2] dans la bibliographie à la fin de cet article.

### **Introduction [2]**

Wheatstone commença sa vie de constructeur d'appareils électriques alors que le monde était toujours au stade "d'instruments pédagogiques". Pourtant, après avoir fait des essais pour mesurer la vitesse de l'électricité dans des câbles, il avait une vision des télécommunications qui pouvait livrer des messages imprimés dans le monde entier. Travaillant avec William F. Cooke il développa le premier télégraphe électrique pratique; il apporta aussi des contributions dans les domaines de l'optique et de l'acoustique aussi bien que dans le domaine de l'électricité. Il avait une connaissance encyclopédique de la littérature scientifique dans plusieurs langues et il a fait des rapports qui lui ont profité mais aussi à d'autres. Sa recherche aida le développement du nouveau 'King's College' à Londres vers un centre scientifique de haute renommée. Parmi beaucoup de ses inventions il y avait le concertina et le stéréoscope, deux instruments très populaires au dix-neuvième siècle. Son nom est rappelé usuellement par des électriciens et des ingénieurs pour le "Pont de Wheatstone" qu'il n'a pas inventé, mais dont il a publié les détails lors d'un exposé sur des mesures. Il essaya de mesurer la vitesse de l'électricité, fabriqua des moteurs électriques, initia la base d'un moteur linéaire et beaucoup plus. Oui, Wheatstone était certainement une personne importante dans la science du 19ème siècle.

## 1<sup>re</sup> Partie : HISTORIQUE.

### 1.1. QUELQUES PRÉCURSEURS [1]

Je pense qu'il vaut la peine de décrire dans l'ordre chronologique comment la technologie amène à l'invention du télégraphe. Je ne reviendrai pas sur les détails mais je mettrai seulement en évidence quelques faits et personnes intéressantes du début du 19<sup>e</sup> siècle.

\* Durant l'année 1799 Alessandro **Volta** (1745-1827) note qu'il pouvait produire un courant électrique en mettant deux métaux différents en contact entre eux. Les recherches plus approfondies ont abouti à "la pile voltaïque", qui comprend une pile de disques placés dans l'ordre répété de cuivre, de feutre et de zinc, le feutre étant imbibé d'acide sulfurique. C'est le début du développement de recherches plus approfondies pour des sources actuelles continues: les batteries.

\* En 1816 Francis **Ronalds** (1788-1873) construit dans son jardin (juste au-dessus du Pont de Hammersmith à Londres) une structure en bois complexe qui porte presque 15 km de fil métallique. En appliquant une charge électrique à une extrémité de ce long fil, une étincelle jaillit à l'autre bout. Il montre ainsi que l'électricité circule sur une longue distance dans un délai imperceptible et sans affaiblissement. Il utilise alors la ligne pour effectuer quelques expériences simples de signalisation.

\* En 1820, le physicien danois Hans Christian **Ørsted** (1777-1851) publie un document dans lequel il montre qu'une aiguille magnétique pouvait dévier par un fil portant un courant électrique et que la direction de la déviation dépend de la direction du courant et aussi selon si le fil est au-dessus ou au-dessous de l'aiguille.

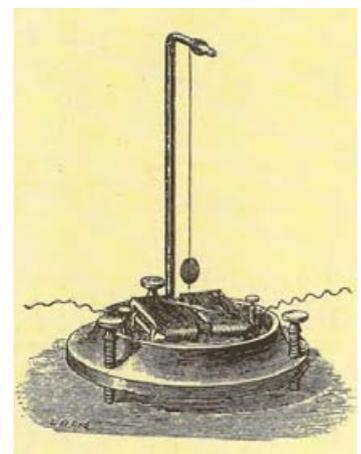
\* Moins de deux mois plus tard, André-Marie **Ampère** (1775-1836) publia son explication théorique de l'effet et c'était le début de l'électromagnétisme.

\* A la même période, Johann **Schweigger** (1779-1857) de Halle (en Allemagne, et non la ville où j'habite en Belgique) annonça l'invention qui est connue comme le 'multiplicateur de Schweigger', une invention très importante dans l'histoire du télégraphe. Il concluait des expériences de Ørsted qu'un courant circulant dans une bobine, à l'intérieur de laquelle une aiguille est placée, éprouve une force multipliée dans la proportion du nombre des tours de fil.

\* L'idée de Schweigger est appliquée avec succès en 1832 par les scientifiques Karl F. **Gauss** (1777-1855) et Wilhelm E. **Weber** (1804-1891) de Göttingen (Allemagne) dans un système de ligne télégraphique à une aiguille (2.5 km) entre l'observatoire de Gauss et le laboratoire de Weber. Leur système peut être considéré comme la première liaison télégraphique privée effective au monde. Il était principalement utilisé pour transmettre les résultats de leurs mesures liées à la loi d'Ohm et au champ magnétique de la terre.

\* Vers le milieu de 1830, le système est remis au professeur Carl A. **Steinheil** (1801-1870) de Munich. Il améliore la partie électromagnétique pour produire le courant (par une magnéto) et conçoit aussi un récepteur simple mais ingénieux. Il publie une description en 1838, mais ne la développe pas davantage. Steinheil découvre au milieu des années 1830, pendant ses expériences concernant l'utilisation comme conducteurs les rails de chemins de fer, qu'il pouvait utiliser la terre comme un fil.

\* Au même moment, un diplomate russe en Allemagne, le Baron **Schilling** von Canstatt (1786-1837), avec l'aide du professeur Georg W. **Muncke** (1772-1847) de Heidelberg (Allemagne), travaillait sur un télégraphe basé sur cinq circuits électriques contrôlant cinq aiguilles. Chaque aiguille magnétique était suspendue par un fil en soie et accrochée horizontalement dans une bobine de fil électrique. Un disque vertical de carton portant une ligne noire horizontale sur un côté et une ligne verticale sur l'autre était en suspension sur un fil. Au-dessous de l'aiguille et la bobine il y avait une tige horizontale qui se déplaçait dans une petite coupe de mercure pour limiter la fluctuation de l'aiguille. Chaque disque pouvait prendre deux positions selon le sens du courant électrique envoyé par l'émetteur. Il y avait 32 positions possibles.



Quelques années plus tard, Schilling simplifia son télégraphe pour utiliser seulement une aiguille. En 1837, à la demande du Tsar russe, il installa la première ligne entre Kronstadt et Peterhof. Il mourra avant que le projet ne soit achevé. C'est dommage, car il aurait pu être le père de la télégraphie.

\* Le professeur Muncke montre un système à aiguille dans ses cours. Nous étions en mars 1836 quand un jeune homme dans son public, William Fothergill **Cooke**, qui était extrêmement captivé par ce télégraphe voit immédiatement son potentiel lucratif. Il demande bientôt à Wheatstone de l'aider (voir dans les chapitres suivants). Tout était prêt; le télégraphe électrique était sur le point de faire son rentrée et c'est en 1837 qu'il apparut. Si Cooke et Wheatstone ne l'avaient pas réalisé, il aurait été fait par quelqu'un d'autre. Il pourrait être ajouté ici que le brevet des États-Unis de Samuel Morse a été daté le 20 juin 1840. Les propriétaires du brevet de Morse n'ont jamais mis en cause la priorité de Cooke et Wheatstone[3]

## 1.2. Professeur Charles WHEATSTONE (1802-1875) [1] & [2]

Charles Wheatstone est né le 6 février 1802 à Barnwood (Gloucester). Son père était musicien. Au début des années 1820 nous constatons que Charles s'engagea dans la fabrication et la vente d'instruments de musique à Londres. Il n'est pas évident de savoir comment et pourquoi le jeune fabricant d'instruments de musique s'orienta vers la science. Son travail était directement orienté vers l'amélioration des instruments construits par sa société. Mais au lieu d'essayer simplement des changements il choisit de conduire des expériences systématiques sur la nature du son. Il s'intéressa aussi particulièrement aux publications des scientifiques continentaux. Il commença alors sa participation définitive dans le domaine de l'électricité. Alors que le monde était toujours à l'étape "d'instruments pédagogiques", il avait déjà une vision des télécommunications qui pouvait délivrer des messages imprimés dans le monde entier.

Il obtint son premier brevet en 1829 pour un instrument de musique spécial, le 'symphonium'. En 1833 il publia deux importants articles. L'un portait comme titre « On acoustic figures » et l'autre « An account of some experiments to measure the velocity of electricity and the duration of electric light ». Cette dernière étude sur l'électricité marqua un point de départ du travail qu'il avait précédemment fait sur l'acoustique. Cette expérience est connue comme celle du "miroir tournant". Le résultat était de 460.000 km par seconde (des expériences plus précises dans les années 1860 avaient montré que ceci était manifestement plus élevé que la vitesse de la lumière). Aussi du fait que ces deux articles ont amélioré sa réputation scientifique en 1834 il fut nommé au poste de 'Professor of Experimental Philosophy' au 'King's College' à Londres. Ses premières tentatives (1833 – 1834) pour mesurer la vitesse du courant électrique utilisant de longues lignes étaient peu concluantes, mais ces expériences lui ont donné l'idée de transmettre des signaux sur de grandes distances. Autrement dit, il pensait déjà comment il pouvait convertir son appareil vers un télégraphe. Ses études postérieures sur les signaux dans des câbles sous-marins ont contribué à la compréhension des effets de capacité et d'inductance dans des conducteurs sous-marins. Par la suite il s'est consacré dans les années suivantes (particulièrement en 1836 et 1837) à la fabrication d'un télégraphe. Au début de 1837 il inventa plusieurs versions, en vue de leur apporter une utilisation pratique. Il est important de noter que ces partenariats avaient une influence considérable sur son travail, ce qui l'aidait beaucoup dans cette période. Parmi eux figurent son ami Joseph Daniell (1790-1845), qui était aussi un Professeur au King's College, et le Professeur Joseph Henry (1797-1878), Professeur de Mathématiques et de Sciences Naturelles à l'Académie d'Albany, New-York, une autorité dans le domaine de l'électromagnétisme. Le fait que seul Wheatstone avait la compréhension nécessaire de la théorie des circuits électriques pour concevoir un système télégraphique qui fonctionnerait au travers de plusieurs miles de fil l'a mis en position de force pour continuer. Ensemble avec William F. Cooke, qui frappa à sa porte le 27 février 1837, il développa cette année-là le premier télégraphe électrique pratique. Mais leurs approches étaient tout à fait différentes: Wheatstone poursuivait une partie des recherches scientifiques tandis que Cooke s'engageait dans les affaires. Cooke disait à Wheatstone que son intention était d'obtenir un brevet; Wheatstone répondait alors à Cooke que sa propre intention était l'avancement de la théorie scientifique et qu'il n'avait aucun plan pour exploiter commercialement le télégraphe lui-même. Il y a plus d'informations sur ce sujet dans les pages suivantes. Pour les lecteurs belges je peux ajouter ici que le scientifique belge (et le directeur de l'Observatoire Royal) Adolphe Quetelet et Wheatstone étaient de très bons amis.

En 1840 Quetelet écrivait à propos du télégraphe de Wheatstone dans le Bulletin de l'Académie Royale de Bruxelles et la Belgique était le seul pays européen (en dehors du Royaume-Uni) à avoir installé des télégraphes à aiguille de Cooke et de Wheatstone (1845/1846). Leur amitié a sûrement beaucoup influencé la réussite de leurs travaux. Parmi d'autres, Quetelet aida Wheatstone à obtenir un brevet en Belgique.

### Quelques mots sur le pont de Wheatstone

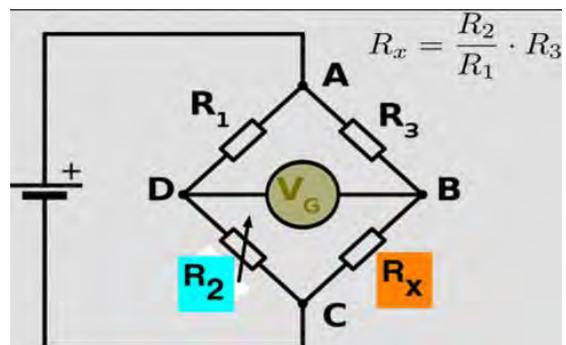
Le nom du professeur Wheatstone est rappelé habituellement par les électriciens et les ingénieurs pour "le Pont de Wheatstone". Il n'a pas inventé cet instrument, mais en a publié les détails lors d'un cours en 1843 sur des mesures électriques.

C'était en réalité un dispositif avancé par un de ses assistants, M. Samuel Hunter Christie. Wheatstone était en fait toujours scrupuleux dans la reconnaissance des contributions apportées par d'autres dans ses publications et n'a pas omis de donner crédit à M. Christie. Malgré tout cela, la disposition de résistances était connue depuis comme étant le "Pont de Wheatstone".

Lui-même l'appela 'the differential résistance measurer'. Et maintenant, pour les techniciens parmi nous, pourquoi s'appelle-t-il "un pont" ? Je pense que Brian Bowers a raison quand il avance son idée dans son livre sur Wheatstone [1]. Ce terme ne se rapporte pas au circuit entier, mais au détecteur qui fait le 'pont' entre deux points dans le circuit ayant le même potentiel (voltage). Un dernier et triste commentaire: Charles Wheatstone est mort il y a environ cent cinquante ans. Alors qu'il a réalisé pas mal d'inventions il est seulement rappelé, le cas échéant (voire pas du tout), pour ce 'pont' qu'il n'a pas inventé...

Le but est de calculer la valeur de résistance ( $R_x$ ) d'un conducteur inconnu (par exemple la résistance d'un long fil).

L'équation dans la figure devient valable quand il n'y a aucun courant dans le galvanomètre (à régler par  $R_2$  qui est une résistance variable).



### 1.3. William Fothergill COOKE (1806-1879). [2]

William Cooke était né à Ealing en 1806. Son père était un chirurgien, qui était nommé plus tard au poste de Professeur d'Anatomie à l'Université Durham. William était étudiant à l'Université d'Édimbourg, mais cet enseignement n'a pas continué au-delà de l'âge de dix-neuf, quand il rejoignit l'Armée. Il démissionna en 1833 pour des raisons de santé. Durant cette année il commença à modéliser des sections anatomiques dans la cire. En 1834 il accompagna ses parents en Suisse et en Allemagne. À Heidelberg il rencontra le directeur de l'institut anatomique et, en novembre 1834, il y retourna pour étudier l'anatomie. Un jour, en 1836 il alla suivre un cours donné par le Professeur Muncke qui fit la démonstration de sa copie du télégraphe à une aiguille de Schilling (voir 1.1.). Les fils courraient à travers la pièce et l'aiguille se déplaçait de l'autre côté. Plus tard William dit qu'il pensait à ce moment: « si cela pouvait fonctionner à travers une pièce, pourquoi pas à travers un continent ». Pendant qu'il était en Allemagne il fabriqua, durant le mois de mars 1836, son premier instrument qui correspondait à celui de Muncke. En avril 1836 il retourna à Londres, où il s'appliqua avec son énergie coutumière au développement du télégraphe. Une question importante se présenta: « le télégraphe pourrait-il fonctionner sur une longue ligne ? ». Il posa

cette question, par l'intermédiaire d'un ami, au grand scientifique Michael Faraday. Cependant, Faraday, qui était bien connu pour ses découvertes dans l'induction électromagnétique (faites en 1831) n'avait pas de réponse définie à ce moment-là, bien qu'il ait parlé positivement sur les aspects généraux des plans de son interlocuteur. C'était en novembre 1836. Cooke, demanda à Peter Mark Roget, Secrétaire de la Royal Society, de le mettre en contact avec le Professeur Wheatstone. Il appela Wheatstone le 27 février 1837 et Wheatstone, à la grande satisfaction de Cooke, lui dit qu'il avait quatre miles (6,4 km) de fil de disponible. Cooke apprit alors que Wheatstone avait été employé pendant des mois dans la construction d'un télégraphe et avait en réalité inventé plusieurs prototypes en vue de leur apporter une utilisation pratique. Le résultat positif de la réunion fut que Cooke soit invité à revenir le jour suivant pour discuter sur la proposition d'unir leurs plans et de les réaliser ensemble.

#### 1.4. VERS UN PARTENARIAT POUR UN TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE. [2]&[3]&[4]



En mars 1837 le partenariat était en principe accepté entre le scientifique et l'entrepreneur et les idées des deux inventeurs pouvaient être unies. Le brevet qu'ils avaient préparé ensemble 'Improvements in Giving Signals and Sounding Alarums in Distant Place by means of Electric Current transmitted through metallic Circuits' fut accepté le 12 juin 1837. En décembre ils soumettent le cahier de charges qu'ils étaient obligés à délivrer (sous six mois conformément à la loi des brevets). Le contenu du texte avait beaucoup changé et l'ensemble était beaucoup plus étendu vis-



vis des dix-huit pages et de ses trois feuilles de dessins du mois de mars. Il se concentra sur un télégraphe à cinq aiguilles. Ce brevet refléta plus les idées de Wheatstone et seulement quelques-unes de Cooke. C'était une période pendant laquelle surtout Cooke orientait des expériences vers les affaires pratiques. Ensemble ils faisaient construire des lignes télégraphiques et concédaient des licences à d'autres pour utiliser leurs télégraphes. Le brevet de 1837 était suivi par d'autres; certains déposés individuellement, d'autres ensemble. Les affaires avaient un début très lent surtout parce que le capital de départ utilisé pour construire les lignes était emprunté auprès de particuliers et des banques. En effet, les partenaires n'avaient que des moyens limités. Le premier essai "public" se tint le 25 juillet 1837 sur une distance de 2,4 km entre 'Euston Square' et 'Camden Town' (nord de Londres) pour le 'London and Birmingham Railway'. Pour cet essai, Wheatstone avait construit des instruments télégraphiques avec quatre aiguilles suspendues verticalement (permettant d'envoyer douze caractères) et la ligne a été posée à leurs frais. En septembre deux autres démonstrations étaient faites, à présent avec des instruments à cinq aiguilles (vingt caractères). Hélas, cela n'amena pas à la signature d'un contrat. La première ligne permanente de télégraphie électrique en Angleterre était opérationnelle le 9 juillet 1839 entre les stations de Paddington et de West Drayton, appartenant au 'Great Western Railway' (faisant partie de la ligne de Londres à Bristol), sur une distance de 21 km, la réalisation ayant pris une année. Elle fut construite pour l'utilisation expérimentale par la compagnie ferroviaire et n'était pas accessible au public. Elle utilisait un autre modèle d'appareil à quatre aiguilles qui permettait la transmission de vingt caractères. Le 6 juillet 1840 un autre système télégraphique était ouvert sur une ligne du 'London and Blackwall Railway'. On peut dire que c'était la vraie première application commerciale réussie de télégraphie électrique dans le monde. En 1838, Morse était en Angleterre cherchant un brevet anglais, mais cette demande était opposée avec succès par Cooke et Wheatstone.-Ceci parce que Morse cherchait à faire breveter des idées qui avaient déjà été publiées par eux. En 1840 Wheatstone écrivait à Morse lui suggérant qu'ils s'unissent, mais, après consultation de certains amis, Morse rejeta la proposition. [2] L'achat et l'installation des lignes pour tous les projets à venir étaient très coûteux. Le télégraphe avait besoin de beaucoup plus de capital que Cooke et Wheatstone ne pouvaient offrir. La seule façon d'augmenter le capital nécessaire pour la nouvelle

expansion était de créer une entreprise. Et ainsi fut fondée en 1846 'The Electric Telegraph Company'. Peu après, Wheatstone quitta Cooke. Il garda des contacts comme 'conseiller scientifique' et comme 'assistant'. L'établissement de ce partenariat était la partie finale des travaux de Cooke et Wheatstone. Cooke était directeur de la compagnie jusqu'à la fin de sa vie, bien qu'il n'ait plus fait d'inventions en relation avec le télégraphe. La Belgique était le seul client étranger (à partir de 1845). Le contrat était signé entre notre gouvernement et la "Compagnie du Télégraphe Électrique »; le nom anglais traduit en français. En 1850 le gouvernement belge reprit les opérations. Wheatstone avait beaucoup de succès avec son télégraphe ABC, breveté en 1858 (voir la 2<sup>me</sup> Partie). Pour renforcer le succès il établit 'the Universal Private Telegraph Company' en juin 1861. Elle prouva sa rentabilité et quand les télégraphes furent mis sous contrôle par les Postes et Télégraphes (GPO) en 1869 les actionnaires et Wheatstone (aussi pour ses brevets) obtenaient une compensation très importante. Cette année-là, la compagnie avait plus de 2.500 miles (4.000 km) de lignes et 1.700 instruments en service. Wheatstone avait aussi établi sa propre société industrielle, 'the British Telegraph Manufactory', vers 1858. Elle devint une société anonyme en janvier 1874 jusqu'à sa fermeture en 1882. Sans entrer dans les complications embrouillées de l'histoire de Samuel Morse et d'Alfred Vail en Amérique, on peut dire que Wheatstone et Cooke étaient les premiers dans le domaine, avec une marge de plusieurs années en leur faveur (désolés pour les amis américains). À partir de ce moment, lentement mais inexorablement, le télégraphe s'est développé.

### 1.5. VERS LA RUPTURE [1] [2]

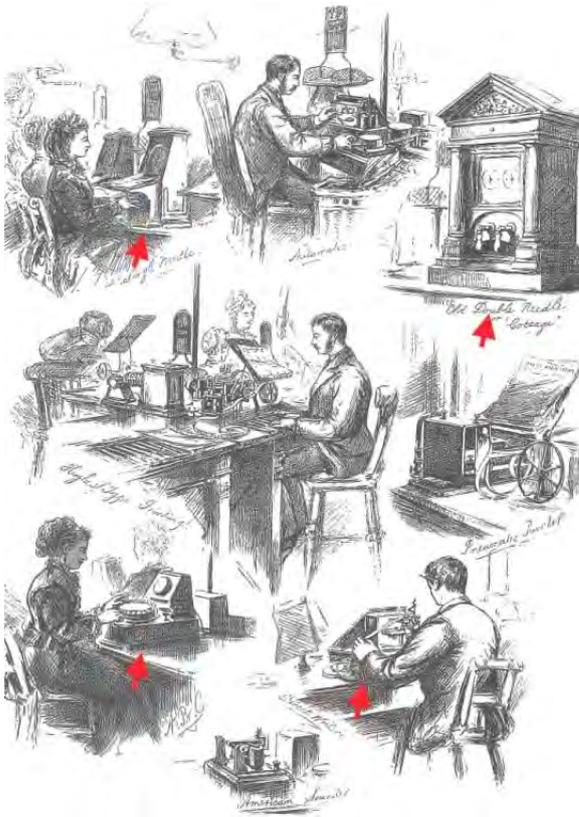
Vers la fin de 1840 il y avait une perspective qui inquiéta Cooke: l'état de sa relation avec Wheatstone qui n'avait jamais été un partenariat facile. La cause de la difficulté était leur différence fondamentale d'approche. Wheatstone voulait la gloire scientifique, avec, si possible, la récompense monétaire. Cooke voulait un succès commercial avec, naturellement, une part juste de la gloire scientifique. Il aurait été tellement plus facile si Wheatstone avait été moins attiré par l'argent et Cooke moins attiré par sa réputation. La tension devint plus aiguë avec le temps pendant lequel ils avaient travaillé ensemble. (Nous savons que, plus tard, cela a aussi été le cas entre Samuel Morse et Alfred Vail...). La divergence continua. Cooke s'engageait dans la construction de lignes courtes pour la signalisation et donc dans l'utilisation d'instruments à une aiguille, tandis que Wheatstone développait de nouvelles applications. Son activité principale dans la science durant l'année suivante était d'établir une bonne base théorique pour les mesures des propriétés dans les circuits électriques (comme la tension, le courant et la résistance). Wheatstone continua donc aussi avec son travail scientifique et ceci aboutit sur beaucoup d'inventions, d'écrits, de publications sur les instruments, de théories et de technologies. Il est certain qu'une part importante de ce travail se réalisait dans le domaine de la télégraphie.

Dans la partie 2.1. je donnerai, entre autre, quelques détails de son télégraphe ABC de 1840, des différents télégraphes à aiguille, du télégraphe ABC du brevet de 1858 et de son système télégraphique 'à grande vitesse' sorti en 1867 (pour lequel il avait déjà reçu, aussi en 1858, un premier brevet). Il n'a jamais pris sa retraite, mais a continué à travailler quelques jours avant sa mort à l'âge de 73 ans. Il assistait aux réunions de l'Académie des Sciences à Paris quand il tomba malade avec une bronchite. Il mourra à Paris le 19 octobre 1875.



Cooke gagna beaucoup d'argent avec le télégraphe, quoiqu'il finît ses jours dans la pauvreté. Il investissait son argent dans une carrière au nord du Pays de Galles et en 1865 il obtint un brevet pour des machines coupant l'ardoise... Mais l'affaire échoua et il perdit tout son argent. Il reçut son 'Knighthood' en 1869 (l'année de la nationalisation des compagnies télégraphiques) et il mourut en 1879.

## 2<sup>ème</sup> Partie : LES TÉLÉGRAPHES.



Ici nous aurons un regard plus précis, par de courtes descriptions et des photographies, des télégraphes les plus importants qui étaient d'abord construits par Cooke et Wheatstone dans une première période et ensuite ceux fabriqués par Wheatstone dans la période postérieure. Toutes les images sont des photos de ma collection avec quelques exceptions, qui seront mentionnées quand cela s'applique. Pour une description détaillée je renvoie le lecteur à la bibliographie de la fin de cette 2<sup>ème</sup> partie.

La gravure à gauche vient de 'The Illustrated London News', en date du 29 novembre 1874. Les quatre télégraphes avec une flèche rouge font partie des télégraphes qui sont décrits ci-dessous.

### 2.1. LE TOUT PREMIER TELEGRAPHE À CADRAN



Ici les trois photos montrent un instrument original au 'Science Museum' à Londres : au-dessus le récepteur et à gauche l'émetteur (photos extraites de la photothèque de la librairie du 'Science Museum', avec leur aimable autorisation). C'est le plus ancien télégraphe à cadran (ABC) construit par les inventeurs, mais il a eu seulement une courte durée de vie parce que les inventeurs se concentraient plus sur leurs télégraphes à aiguille (voir plus loin).



Il est décrit dans le Brevet de Cooke et Wheatstone numéro 8345 de 1840. Il est évidemment extrêmement rare. Le principe de fonctionnement est plutôt simple et est quelque peu basé sur celui d'une horloge. Les lettres de l'alphabet sont disposées sur la circonférence du cadran du récepteur comme les secondes sur une montre. Ici, dans ce modèle ancien, le cadran est fait en carton. Il tourne, pas à pas, afin de montrer les caractères l'un après l'autre par la petite fenêtre de devant qui peut être vue sur la photo. Par l'action

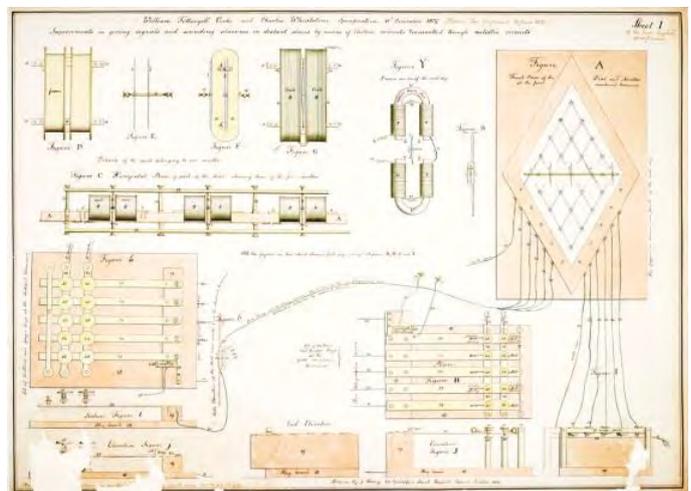
d'un électro-aimant, un caractère apparaît chaque fois qu'une impulsion électrique est reçue. L'émetteur envoie des impulsions électriques; une impulsion à chaque action de son manipulateur. Supposons qu'au début d'un mot le cadran de l'expéditeur est placé sur la lettre « A ». et que la petite fenêtre devant le récepteur montre la lettre A. Supposons ensuite que la lettre suivante à transmettre est « F ». Cela signifie que l'expéditeur doit tourner son manipulateur de 5 pas. Le cadran au récepteur fera les mêmes mouvements et avancera à la lettre « F ». La personne recevant le message note les lettres qu'il voit dans la petite fenêtre. Il est intéressant de dire que dans le même brevet, une autre forme de télégraphe a été conçue, probablement par Cooke. Ici le cadran du récepteur était fixe et c'est une aiguille qui indiquait les caractères respectifs (voir la photo à droite). C'est ce principe qui a été retenu plus tard par des inventeurs comme Werner Siemens, Louis Breguet et beaucoup d'autres.



## 2.2. LE TÉLÉGRAPHE À CINQ AIGUILLES.

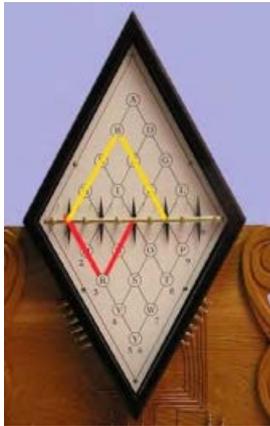


Je me réfère à la première partie qui explique comment William Cooke est entré en contact avec le professeur Wheatstone et leur coopération qui a mené à leur brevet 7390 en juin 1837. Il y a aussi la description qui explique comment une aiguille réagit sur un courant électrique dans



son voisinage (principe d'Ørsted). La photo à gauche montre une réplique que j'ai fait réaliser et qui aidera à comprendre comment ce télégraphe fonctionnait. Sur la face arrière il y a cinq bobines montées derrière les aiguilles. Le courant électrique passe à travers ces bobines, créant un champ magnétique qui fait alors dévier les aiguilles. L'émetteur est évidemment le clavier avec deux rangées de six clés. L'image à droite est une page du brevet. Notez déjà le "grand" panneau rectangulaire en haut à droite; j'y reviendrai dans la suite.

La position des cinq touches (de gauche à droite) correspond aux positions des cinq aiguilles. En appuyant sur une touche de la rangée supérieure l'aiguille correspondante dévie à gauche; en poussant une touche de la rangée inférieure l'aiguille dévie à droite. Les touches sur la rangée supérieure connectent la batterie aux bobines du + au - tandis que les touches inférieures le font du - au +. Les deux touches doivent être poussées en même temps pour fermer le circuit électrique. La déviation d'une aiguille, à



gauche ou à droite, selon le courant reçu par la bobine, est limitée ici par une butée d'arrêt sur chaque côté, qui arrête l'aiguille quand elle atteint une ligne diagonale sur le panneau. Supposons maintenant que nous poussons la touche supérieure 1 (action vers la gauche) et la touche inférieure 3 (action vers la droite); les lignes diagonales se croisent à la lettre R; voir les lignes rouges dans l'image à gauche. Si nous poussons la touche 1 inférieure (droite) et la touche supérieure 4 (gauche), alors nous pointons la lettre B, comme indiqué par les lignes jaunes. Un autre exemple: 2 à gauche et 5 à droite nous donne un W. Ceci est un codage "visuel" et donc facile à apprendre. Un des inconvénients est que seulement vingt lettres pouvaient être utilisées; les lettres C, J, Q, U, X et Z n'ont pas été utilisées (et quand c'est nécessaire elles ont été remplacées par d'autres: un V pour un J, K pour Q, etc.). Pour avoir les 26 lettres il faudrait une 6ème aiguille, donc un 6ème fil, amenant à un coût trop élevé des lignes. Jusqu'à récemment il était admis que de tels télégraphes à cinq aiguilles étaient utilisés sur 'The Great Western Railway' à Londres. Trois instruments identiques sont connus aujourd'hui, dont l'un est au 'Science Museum' à Londres, un autre au 'Powerhouse Museum' de Sydney (Australie) et un autre au 'Deutsches Technikmuseum' à Berlin. En novembre 2005, à la Conférence des Télécommunications sur 'l'Histoire des Télécommunications' (à laquelle j'étais présent) le Conservateur d'alors (maintenant Conservateur Émérite) du 'London Science Museum' Mr. John Liffen, après plusieurs années de recherche approfondie, a présenté une étude stupéfiante. Dans cette étude il a prouvé qu'il y avait beaucoup de malentendus dans la vieille littérature du 19ème et du 20ème siècle sur les télégraphes à cinq aiguilles de Cooke et Wheatstone (ainsi que dans mon livre 'Télégraphie, une histoire branchée' de 1999). Voici un résumé des découvertes que John m'a envoyées à ce moment-là. Ici-bas la traduction:

*«Ma recherche concerne les tous premiers télégraphes électriques britanniques et tente une ré-identification des télégraphes à plusieurs aiguilles se trouvant dans les musées au Royaume-Uni. Je dois vous dire que je suis arrivé à quelques conclusions plutôt surprenantes quant à la date de fabrication de ce télégraphe à cinq aiguilles de Cooke et Wheatstone dont vous avez fait une copie. Je dois souligner que ce qui est apparu récemment est le résultat de recherches détaillées de la correspondance de Cooke et des divers rapports d'affaires de contrefaçon de brevets d'invention apportées par 'the Electric Telegraph Company' entre 1846 et 1850. En conséquence, je crois que le télégraphe à cinq aiguilles que nous avons ici en présentation (qui est identique à ceux de Berlin et de Sydney) n'est pas un instrument original de 1837, mais une copie réalisée à la moitié des dimensions par la société E.T.C. en 1849 pour la démonstration de ce télégraphe. Je crois aussi que les instruments originaux de 1837 (qui sont beaucoup plus grands) survivent toujours et sont les deux appareils appartenant au 'King's College London', dont l'un est montré en forme modifiée dans le 'Royal Museum of Scotland', et l'autre, étant en prêt dans les réserves du 'Science Museum' depuis 1963. Je suis aussi convaincu que des instruments à cinq aiguilles n'ont pas fait partie de l'équipement fourni par Cooke dans le contrat sur 'the Great Western Railway' en 1839, mais des télégraphes à quatre aiguilles. Ainsi les deux instruments à cinq aiguilles en service étaient exceptionnellement de grandes versions avec un cadran en forme de losange d'environ vingt-quatre pouces de largeur (64 cm) et quarante-deux pouces (107 cm) de haut, sur un cadre en acajou d'environ trente pouces (76 cm) par quarante-huit pouces (122 cm), avec la rangée de bobines électromagnétiques pour les cinq aiguilles protégées par une boîte sur l'arrière.»*



L'émetteur était un clavier en *laiton* et un *tableau en acajou* 'permutateur' pour la commande des aiguilles sur le cadran. Plus tard, l'étude de John Liffen se compléta et revenait sous le titre "The Introduction of the Electric Telegraph in Britain, a Reappraisal of the Work of Cooke and Wheatstone". Cela pourrait être suffisant pour la plupart des lecteurs d'avoir lu la citation de John ci-dessus. Mais pour ceux qui veulent en effet lire le rapport complet (31 pages) je vous renvoie aux détails dans ma 'Bibliographie' [4] à la fin de cette 2<sup>ème</sup> partie. Voici deux images intéressantes du "grand" récepteur, montrant (à droite) la partie arrière (avec les bobines qui commandent les aiguilles) du modèle original de



l'instrument à cinq aiguilles. Ce grand tableau s'accrochait au mur. Les claviers étaient à part et se trouvaient sur un bureau. (Photos avec l'aimable autorisation du 'Science Museum', de Londres > voir .)

### 2.3. LE TÉLÉGRAPHE À DEUX AIGUILLES



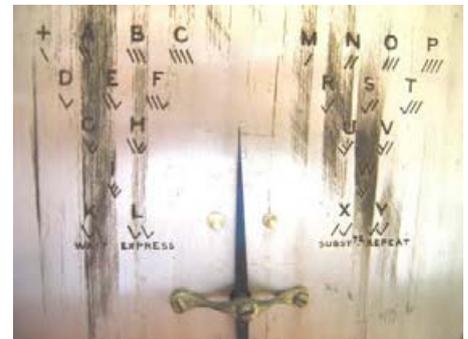
Pour éviter le coût élevé des lignes, des instruments à deux aiguilles, utilisant des signaux codés, remplaçaient ceux existants. Ceci amène à apprendre à manipuler la commande côté émission, aussi bien pour le décodage à la réception (et qui est beaucoup plus difficile). Voici deux modèles de ma collection. Tous les deux étaient probablement utilisés en Belgique dès le début. Le télégraphe de gauche est le plus ancien des deux. L'émetteur est formé par les deux manettes, dont chacune agit sur une aiguille. L'opérateur commande les aiguilles à distance mais les signaux passent aussi par les aiguilles de son propre instrument, permettant le contrôle. Chaque caractère est défini par une combinaison du déplacement de la manette gauche à gauche ou à droite et de même pour la manette de droite. Quelques exemples: la lettre A est codée par deux déviations à gauche de l'aiguille de gauche, L par une déviation simultanée des deux aiguilles à gauche suivi par une déviation des deux aiguilles à droite. En Belgique le premier réseau de télégraphe était donné en concession (le 23 décembre 1845) à la compagnie de télégraphe privée de Cooke et Wheatstone, 'the Electric Telegraph C<sup>o</sup>'. La première ligne (publique), reliant Bruxelles à Anvers via Malines, était opérationnelle le 9 septembre 1846. Les instruments étaient des télégraphes à deux aiguilles.

## 2.4. LE TÉLÉGRAPHE À UNE AIGUILLE.[5]



Après 1845, quand Cooke et Wheatstone ont senti la concurrence avec le système de Morse, la plupart des télégraphes au Royaume-Uni sont devenus des télégraphes à une aiguille. En Belgique ils sont entrés en service en 1850. Jusque-là il y avait seulement la ligne Bruxelles-Malines-Anvers, mais le gouvernement a pris la relève cette année-là et le réseau s'est étendu rapidement. Cependant, le télégraphe Morse avait le grand avantage qu'il délivrait un message écrit (des points et des traits sur une bande de papier) tandis que les signaux des télégraphes à aiguille étaient volatils. Le code à une aiguille était beaucoup plus simple vis à vis de l'instrument à deux aiguilles. La photo de droite montre en détail le cadran avec le code. Avec une aiguille vous pouvez faire des combinaisons de déviation à gauche et à droite. Vous pouvez voir qu'un A est marqué comme deux barres obliques inversées (\\), B comme trois, C comme quatre, le M comme une barre oblique normale (/), N

comme deux, D comme une barre inversée suivie par une barre oblique normale (\\ /), etc. Une barre oblique inversée signifie que vous devez faire dévier l'aiguille avec la poignée à gauche, une barre oblique normale signifie que vous devez le faire à droite. Le mouvement de la poignée envoie à gauche un courant 'positif' à travers la bobine située derrière l'aiguille et un mouvement à gauche un courant 'négatif'. (Le positif signifie l'envoi du courant à travers la bobine dans un sens et le négatif signifie l'envoi du courant dans l'autre sens). L'aiguille réagit, selon le principe d'Ørsted, se déplaçant vers la gauche ou vers la droite. Sur l'autre photo (à gauche) vous pouvez voir au fond (en bas)



le mécanisme de commutation qui est commandé par la poignée avant, ainsi que la bobine qui crée le champ magnétique quand le courant électrique la traverse. Vous pouvez comparer ce code avec les deux états de l'alphabet morse: associez un point avec la barre oblique inversée et un tiret avec la barre oblique normale. Alors vous verrez sur le cadran de l'instrument que Wheatstone n'a pas suivi le code de Samuel Morse. Par exemple, en code morse un A n'est pas ici "un point et un trait" mais seulement un "point". En effet, le code morse est un code optimisé: les signaux les plus courts pour les lettres les plus fréquentes. Ce n'est que quelques années plus tard, quand Wheatstone n'était plus directement impliqué, que le code morse a été utilisé. À ma connaissance les télégraphes à aiguille de Cooke et Wheatstone ont été seulement installés au Royaume-Uni et en Belgique. Ici en Belgique, comme dans plusieurs pays, nous nous sommes bientôt orientés vers les télégraphes de Morse et d'autres technologies (toutes décrites dans mon deuxième livre [12]) et beaucoup aussi dans mon [www.telegraphy.eu](http://www.telegraphy.eu) [12]. À partir de 1865

'l'Union de Télégraphe International' (plus tard 'l'Union Internationale des Télécommunications', partie de 'l'O.N.U.') a imposé des télégraphes morse (ainsi que des télégraphes du Prof. D. Hughes) pour le trafic

entre les 20 États membres. Les boîtiers des premiers instruments à une aiguille étaient "sophistiqués". La majeure partie d'entre eux ressemblaient à des chapelles, certains d'entre eux avaient même des ornements gothiques (dans la mode du temps). Le télégraphe ici à droite n'est "malheureusement" pas dans ma collection (photo Fondazione



Scienza e Technica, Florence). Les modèles suivants étaient moins chers, mais aussi beaucoup plus solides. Les principaux utilisateurs étaient les chemins de fer et plus tard aussi le 'Post Office'. À gauche il y a une photo d'un télégraphe typique qui était en service au GER, le 'Great Eastern Railway'.

On peut voir, par les symboles \ et / sur le cadran, que cette fois le code morse était utilisé. Par exemple, la lettre A est maintenant \ c'est-à-dire l'équivalent d'un point et d'un trait. En 1887, environ 16.000 de ces instruments étaient en service au Royaume-Uni! Depuis de nombreuses années et bien à travers le 20e siècle, ce type de télégraphe était utilisé par les Chemins de Fer britanniques, plus tard 'British Rail', surtout pour la signalisation. Sur la photo montrant le cadran vous pouvez voir les butées blanches des deux côtés de l'aiguille. Leur but était d'arrêter le mouvement de l'aiguille. C'est peut-être difficile à croire, mais le dernier ensemble entre 'Newark South Cabin' et 'Doncaster Telegraph Office' était en service jusqu'à octobre 1976 (cent ans après l'invention du téléphone). Et le dernier instrument télégraphique sur une ligne de Bureau de Poste était en service jusqu'en 1950. La vitesse usuelle était d'environ 25 mots par minute. Les images suivantes montrent différents instruments basés sur le principe du télégraphe à une aiguille. Sur les compagnies de chemin de fer, certains de ceux-ci étaient utilisés pour transmettre des messages et étaient appelés "télégraphes parlants" La photo 1 montre trois modèles différents; celui à droite un "acoustique" (voir plus loin) et la photo 2 montre l'intérieur de l'appareil.



Les photos 3, 4, 5, 6 et 7 sur la page suivante montrent les appareils de signalisation qui étaient utilisés par les chemins de fer. Le principe de base d'une aiguille activée par le magnétisme créé par un courant électrique dans une bobine est aussi utilisé dans ce qu'on a alors appelé 'galvanomètres' (nous appelons ceux-là maintenant des ampèremètres). En effet, plus le courant est élevé plus l'aiguille dévie. La photo. 8 montre un grand galvanomètre, qui a probablement été d'abord destiné comme un télégraphe en



forme de chapelle à une aiguille. Les appareils des photos 9 et 10 ont le même aspect, mais dans la photo 9 c'est un petit télégraphe à une aiguille avec de petites butées qui limitent la déviation) tandis que dans 10 il est utilisé comme un galvanomètre (voir les graduations). La photo 11 est aussi un petit télégraphe à aiguille.

observer les instruments de réception continuellement pendant qu'un message était reçu. Habituellement, la personne regardant l'appareil dictait le message à un collègue qui le notait. Une petite modification permettait que la déviation de l'aiguille produise un son, étant différent pour la déviation vers la gauche de la déviation vers la droite. L'avantage de ceci était que la personne recevant le message pouvait entendre les signaux, et pouvait donc aussi noter le message reçu. À cette fin, les butées de l'aiguille étaient remplacées par une pièce métallique sur laquelle une petite plaque était fixée. Par exemple, une plaque en étain sur un côté et une de cuivre de l'autre côté. De cette façon l'aiguille faisait un son différent en frappant l'une ou l'autre plaque.



## 2.5 LE TÉLÉGRAPHE ABC DE 1858 (1)

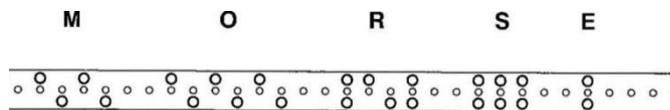


Nous avons vu dans la 1ere partie que les premiers télégraphes ABC s'étaient développés autour de 1840, mais sans succès commercial. C'est seulement en 1858 que Charles Wheatstone a reçu le brevet pour un télégraphe qui avait eu beaucoup de succès durant les années suivantes avec l'obtention d'un autre brevet en 1860. Ce modèle a un générateur intégré, produisant un courant alternatif; c'est-à-dire qu'il produit des impulsions électriques positives et négatives alternées en tournant la manivelle montée devant la base (la base étant l'émetteur). Ceci était un grand avantage car il n'y avait pas besoin d'une batterie et il transformait le curieux télégraphe ABC de 1840 en un télégraphe pratique utilisable par une seule personne qui pouvait lire le message sans avoir à apprendre un code. Le manipulateur ou 'communicator' comme Wheatstone l'appela, a un cadran semblable au récepteur (voir les photos) Le cadran est entouré par des boutons, diamétralement opposés. Les boutons sont reliés par une chaîne de manière qu'un seul bouton peut être appuyé à la fois; quand un deuxième bouton est appuyé le premier se relève. En outre, la conception est telle que les signaux sont seulement transmis quand le pointeur est en mouvement vers le symbole suivant. Cet instrument était très robuste et demandait peu ou pas d'entretien. Parmi ses premières commandes il y en avait une pour les télégraphes ABC qui étaient installés en septembre 1860 entre les commissariats de police de la Ville de Londres. En 1870 le nombre de télégraphes ABC Wheatstone installés était de 1.200 et en 1.880 plus de 5.000 étaient en service (où sont-ils tous partis ?). La vitesse était de 5 à 10 mots par minute.

## 2.6 LE SYSTÈME AUTOMATIQUE. [10]



Celui-ci est aussi appelé le système "à grande vitesse". Il avait été breveté en 1858 mais j'ai appris qu'il a seulement été mis en service en 1867. L'idée de base était de préparer le message "hors ligne" à une vitesse "humaine" et de le transmettre ensuite d'une façon automatique par des moyens mécaniques. Cet appareil comprend trois parties séparées et distinctes. Tout d'abord, la perforatrice, qui est employée pour préparer une bande en perforant le papier qui contiendra ainsi les signaux qui seront envoyés. Deuxièmement, l'émetteur -le lecteur de bande de papier- qui sert pour envoyer les signaux conformément aux perforations. Troisièmement, le récepteur qui est un mécanisme très sensible d'encrage permettant d'écrire à grande vitesse. À propos de la perforatrice: la bande a trois lignes de trous; la ligne centrale sert à guider la bande tandis que les lignes extérieures sont perforées ou pas, selon l'alphabet du code morse. Pour 'un point', il y a une paire de trous des deux côtés du trou central à la même position; pour 'un trait' il y a aussi deux trous mais ils sont décalés. Le dessin montre le détail.



La bande est entraînée par un lecteur de bande de papier en utilisant la ligne centrale de trous, un espacement de trou à la fois. À chaque position deux tiges métalliques légères sont appuyées successivement contre le papier. Les tiges ferment des contacts quand ils passent par un trou, produisant des impulsions positives et négatives respectivement. Quand un point est lu, deux impulsions se suivent en succession rapide. Quand un trait est lu, leur séparation est quelque peu différée. Sur la photo de gauche une des tiges est indiquée par une flèche rouge. Le récepteur est un télégraphe morse sophistiqué. Les signaux de points et de traits sont imprimés à l'encre. Au début, l'émetteur et le récepteur fonctionnaient par un poids, plus tard par un moteur à



ressort et à la fin par un moteur électrique. L'émetteur et le récepteur ont un régulateur de vitesse: voir la photo avec les inscriptions 'Fast' et 'Slow' L'explication du fonctionnement de l'émetteur et du récepteur n'est pas l'objet de cet article.

Voir par exemple "TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE". H. THOMAS, 1894 [11]. La vitesse était importante parce qu'elle permettait d'envoyer plus de messages sur un circuit et le débit des lignes télégraphiques était une part importante dans le coût d'investissement d'un système télégraphique. Plusieurs employés pouvaient maintenant préparer des bandes de messages simultanément et les bandes seraient alors envoyées par un seul émetteur. En 1880 W.H. Preece (plus tard, Sir William Preece), l'ingénieur en chef du Bureau de poste, donna son avis dans un cours donné à l'institution Royale sur le thème des réalisations du télégraphe de Wheatstone. Il mentionna la vitesse de l'appareil automatique de Wheatstone et déclara que lorsqu'il l'avait inventé il fonctionnait seulement à une moyenne de 70 ou 80 mots minute, mais qu'après des améliorations il fonctionnait à une vitesse de 180 ou 190 mots minute. En 1870 il y avait huit systèmes de télégraphes à grande vitesse en service, et en 1880 le nombre était passé à 151. Le principe de base de l'émetteur de Wheatstone était toujours en service jusqu'au milieu du 19e siècle. Des entreprises comme le G.N.T. (Danemark) l'ont utilisé. La photo à droite montre l'un de ses émetteurs populaires.



\*\*\*

### BIBLIOGRAPHIE

J'ai utilisé des informations en provenance des livres suivants:

- [1] "COOKE AND WHEATSTONE and the Invention of the Electric Telegraph". Geoffrey HUBBARD, 1965.
- [2] "Sir Charles WHEATSTONE FRS 1802-1875". Brian BOWERS La première édition est parue en 1975, la seconde en 2001. Elle a été publiée par IEE and © par le 'Science Museum' de Londres.
- [3] "DISTANT WRITING". Steven ROBERTS, 2012 Il n'a jamais été publié comme livre mais les 340 pages peuvent être téléchargées via le lien : <http://distantwriting.co.uk/> .
- [4] "THE INTRODUCTION OF THE ELECTRIC TELEGRAPH IN BRITAIN, A REAPPRAISAL OF THE WORK OF COOKE AND WHEATSTONE". John LIFFEN, 2010. Publié par 'the International Journal for the History of Engineering & Technik', Vol. 80 No. 2, July, 2010, 268–99.
- [5] "THE SINGLE NEEDLE TELEGRAPH". Andrew EMMERSON, Une étude de 1984 qui n'a pas été publié.

En plus, je recommande:

- [6] "THE ELECTRIC TELEGRAPH: WAS IT INVENTED BY PROFESSOR WHEATSTONE?". William Fothergill COOKE, 1854.
- [7] "HISTORY, THEORY AND PRACTICE OF THE ELECTRIC TELEGRAPH". George B. PRESCOTT, 1866.
- [8] "THE VICTORIAN INTERNET". Tom STANDAGE, 1998.
- [9] "HISTORY OF TELEGRAPHY". Ken BEAUCHAMP, 2001.
- [10] "TELEGRAPHY". T.E. HERBERT, 1907 (sec. éd.).
- [11] "TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE". H. THOMAS, 1894.
- [12] "HET INTERNET VAN DE 19-de EEUW". Fons VANDEN BERGHEN, 2012 > 434 pages. Pour l'instant uniquement disponible en Néerlandais, mais contient 650 images! Téléchargeable via : <http://www.telegraphy.eu/pagina/boek/TELEGRAFIE%2025%20APRIL%20Fons.pdf>
- [13] Mes sites [www.telegraphy.eu](http://www.telegraphy.eu) et [www.telegraphsofeurope.net](http://www.telegraphsofeurope.net) .

### REMERCIEMENTS

\*...John Liffen, conservateur (section des télécommunications) du 'Science Museum' Londres), qui m'a été d'une grande aide en différentes occasions maintenant et dans le passé.

\*...‘The Science and Society Picture Library’ (‘Science Museum’ Londres), pour m’avoir donné l’autorisation d’utiliser plusieurs photographies.

\*...Michel Balannec, pour la traduction. Mon bon ami Michel (F6DLQ) est passionné par l’histoire et la technologie des moyens de communication des origines à nos jours. Il a présenté plusieurs expositions sur le thème de la radiomaritime et possède une belle collection d’objets télégraphiques dont il prend soin d’en rechercher l’historique.

© Fons Vanden Berghen, Halle (B)

\*\*\*

