



HAL
open science

Lignes de Faye

David Aubin

► **To cite this version:**

| David Aubin. Lignes de Faye. 2013. hal-00839897

HAL Id: hal-00839897

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-00839897v1>

Preprint submitted on 1 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LIGNES DE FAYE : LA JONCTION TELEGRAPHIQUE GREENWICH—BRUXELLES—PARIS, 1853-1854

David Aubin*
Mars 2013

LA CONQUETE DEFINITIVE DE LA TERRE

« Ce que je voudrais établir, ce n'est assurément pas l'importance de l'astronomie, nul ne la conteste : c'est la part que cette science est appelée à prendre dans les affaires grandes ou petites de notre époque, [...] dans le mouvement [qui] tend à la fusion des peuples civilisés et à la conquête définitive de la terre » (Faye 1855, vi).

Dans l'œuvre d'Hervé Faye, le discours qu'il prononce lors de sa réception à l'Académie Stanislas de Nancy, le 31 mai 1855, tient une place singulière. Si ce n'est ni la première ni la dernière fois qu'il s'adresse à un auditoire non spécialisé, l'astronome y présente un plaidoyer pour l'utilité de l'astronomie qui tranche avec le contenu scientifique dense de la plupart de ses autres écrits. Le sujet choisi par Faye pour cette conférence solennelle n'est pas sans intérêt pour comprendre la façon dont il conçoit l'utilité de la science, en ce début de règne de Napoléon III, marqué par la rapide industrialisation de la France. L'astronomie a dans l'esprit de l'auteur une très haute visée, puisqu'il s'agit de régler la marche des horloges et, par-delà, la vie des hommes à l'heure industrielle.

Ce soir-là, Faye évoque la détermination de la différence de longitudes entre Paris et Greenwich auquel il a participé un an plus tôt, pendant le court séjour qu'il fait à l'Observatoire de Paris après la désignation d'Urbain Le Verrier en tant que directeur en février 1854. Dès le mois de mars, Faye est à Greenwich et participe auprès de George Biddell Airy aux délicates opérations de mesure, en même temps que Le Verrier et Edwin Dunkin, assistant d'Airy, à l'autre bout du fil télégraphique. En juin, on répète l'opération, cette fois chacun chez soi. Puis Faye est nommé recteur de l'académie de Nancy, le 22 août 1854, mais rechigne à quitter physiquement l'Observatoire de Paris, ce qu'il ne fera finalement qu'à la toute fin de l'année. La détermination de la différence des longitudes entre Paris et Greenwich est donc l'une des toutes dernières opérations auxquelles il participe avant de s'éloigner quelque temps des pratiques d'observation.

Dans son discours, Faye s'appuie sur la détermination des différences de longitudes pour illustrer les bénéfices que la société industrielle tire de l'astronomie. C'est en quelque sorte une belle utopie technoscientifique qu'il promet à son public qu'on imagine captivé par tant de merveilles et de rhétorique. S'il délaisse, de peur de le lasser, les « détails techniques qui nous ont garanti un degré d'exactitude tout nouveau dans l'histoire des sciences », il cherche à faire comprendre l'esprit et le but de telles opérations. Pour Faye, c'est l'un des premiers pas de la jonction entre les réseaux géodésiques nationaux afin d'obtenir une description géométrique du globe, ce qui le mène à exprimer le souhait que l'heure légale soit unifiée en France.¹

* Sorbonne universités / Pierre et Marie Curie, Institut de mathématiques de Jussieu, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05. david.aubin@upmc.fr. Ce texte est issu d'une présentation pendant la journée d'études « Hervé Faye, l'art de la rupture » à Nantes en septembre 2012. Je remercie les organisateurs et, en particulier, Stéphane Le Gars, pour leurs utiles remarques. Jean-Marie Feurtet m'a fourni des documents relatifs à la télégraphie au Bureau des longitudes. Je me suis servi pour ce travail des bases de données suivante : NASA's Astrophysics Data System, Gallica de la Bibliothèque nationale de France et Google Livres.

¹ Ce thème est abordé dans la contribution de Jacques Gapailard à ce numéro spécial.

Dans cet article, je voudrais suivre la route que Faye n'a pas empruntée ce jour-là. Plutôt que de parler des grandes opérations géodésiques du 19^e siècle (ce que d'autres feront mieux que moi²), je m'attarderai sur les détails techniques que Faye choisit de taire dans son discours. En y prêtant attention, nous serons à même de mieux comprendre la fascination de l'instrument qui s'exerce sur Faye et qu'il cherche à faire partager au Nancéens. L'utopie technologique qu'esquisse Faye se reflète dans son épistémologie. Faye, c'est bien connu, rêve d'abolir l'observateur.³ Dans cet article, je cherche à montrer que l'absence d'observateur n'est qu'un leurre. Alors que les techniciens comme les infrastructures sociales de réseautage sont rendus invisibles, les équations personnelles doivent être prises en compte sans que la manière de le faire avec précision soit claire.

L'historien des sciences privilégie souvent les études de cas où les sources qu'elle peut exploiter sont abondantes. C'est notamment pour cette raison que les études de controverses ont eu tant de succès, non pas que la pratique scientifique est caractérisée par le conflit, mais plutôt parce que ces situations donnent l'occasion aux acteurs étudiés d'exprimer le plus clairement et explicitement possible certains aspects de leur savoir tacite et des hypothèses qui fondent leur jugement. Les mesures de différences de longitudes basées sur l'utilisation du télégraphe nous place dans une situation semblable et offre un moyen privilégié pour pénétrer certains aspects de la pratique scientifique dans les observatoires au milieu du siècle et revenir sur la place ambiguë qu'y occupe l'observateur.

L'ARPEUTEUR DU GLOBE TERRESTRE, C'EST L'ASTRONOME

« La terre nous appartiendra, suivant la promesse sacrée ; un jour elle sera à nous, aussi complètement que le champ labouré du soir au matin appartient à son maître ; mais il faut d'abord que nous l'ayons mesurée en tous sens avec l'exacritude de l'arpenteur qui a toisé le champ. L'arpenteur du globe terrestre, Messieurs, c'est l'astronome » (Faye 1855, x).

Le 6 décembre 1852, les dernières barricades érigées suite au coup d'État de Louis-Napoléon Bonaparte sont tombées et Paris s'éveille sous contrôle militaire. A l'Académie des sciences, imperturbable, Faye commente « le projet grandiose » annoncé par le ministre de l'Intérieur de donner une extension considérable du réseau télégraphique.⁴ Outre son application à la météorologie qui sera bientôt mise en œuvre par Urbain Le Verrier (Locher 2008), la télégraphie ouvre aussi de nouvelles perspectives dans le domaine de la géodésie. Depuis quelques années, Faye a attiré l'attention sur les travaux des Américains Alexander Dallas Bache et Sears Cook Walker qui ont utilisé le télégraphe pour déterminer certaines différences de longitudes sur la côte Est américaine. En fait, cette idée aurait été suggérée d'abord par François Arago lors de la visite de Samuel Morse à Paris en 1838 et la première détermination télégraphique de longitudes avait été faite par Charles Wilkes de la marine états-unienne, à peine quinze jours après l'installation, par Morse, de la première ligne entre Washington et Baltimore en juin 1844 (Stachurski 2009, 89-90).

La situation française est très différente, explique Faye, car c'est le pays qui possède la triangulation géodésique la plus étendue. L'astronome exprime d'ailleurs depuis plusieurs années l'intérêt qu'il pourrait y avoir, pour des raisons d'ordre géologique, de déterminer précisément la direction de la verticale en différents points du pays, ce qu'il envisage de faire non à l'aide des cercles répéteurs utilisés dans les opérations géodésiques depuis la fin du 18^e siècle, mais d'une lunette zénithale inspirée d'Airy et qui pourrait être construite par le constructeur d'instrument Ignazio Porro. Pour Faye, l'établissement d'un réseau télégraphique

² Voir la contribution de Martina Schiavon à ce numéro.

³ Voir la thèse de Francis Beaubois au sujet de l'épistémologie fayienne. Sur l'observation au 19^e siècle, voir (Daston et Lunbeck 2010) et (Aubin 2013).

⁴ Le 22 novembre 1852, le ministre de l'Intérieur, de l'Agriculture et du Commerce invite l'Académie des sciences à évaluer divers systèmes télégraphiques afin de déterminer celui qui concilierait le mieux la rapidité des transmissions et la fidélité de la reproduction des dépêches. Une commission composée d'Arago, Becquerel, Pouillet, Regnault et Seguier est constituée (CRAS 35 [1852], 757).

extensif permet d'envisager la détermination précise des coordonnées géodésiques des 86 chefs-lieux de département, la latitude étant déterminée à l'aide d'une lunette zénithale et la longitude à l'aide du télégraphe. Son principal objectif consiste à accroître la précision des mesures envisagées et à les inscrire dans un réseau plus dense (Faye 1852, 820-821).

On note que le couplage entre le télégraphe et l'appareil photographique lui offre de grands espoirs : « Ici, l'artifice consiste à supprimer l'observateur ; ailleurs il suffit de réduire son intervention au point où l'expérience nous enseigne qu'elle devient irréprochable » (Faye 1852, 821). Cette conviction qu'a Faye de pouvoir éliminer toute erreur de mesure par des moyens techniques fait de lui le modèle même de partisan de l'« objectivité mécanique » (Daston et Galison, *Objectivity* 2007). Dans sa thèse de doctorat, Francis Beaubois examine la manière dont Faye imagine dès 1849 que les procédés photographiques inventés par Daguerre permettront d'éliminer l'« équation personnelle » des astronomes.⁵ Faye considère que la technique peut résoudre ce problème qui empêche la détermination du temps absolu.

« On sait, depuis le commencement de ce siècle, que cette détermination est complètement illusoire [...] et cela tient à une imperfection inhérente à la nature intime, à l'individualité même des observateurs. Par exemple, à Paris, si on demande l'heure astronomique à M. Goujon et à moi, on trouvera une différence constante de près d'une seconde entre nos indications » (Faye 1849, 243).

Faye rêve avec la technologie d'éliminer l'observateur trop peu fiable. Il imagine un système de prise de vue daguerréotypiques qui préfigure la chronophotographie et le revolver photographique de Jules Janssen : « En couvrant la plaque ou l'objectif à l'aide d'un écran mobile qu'on puisse faire jouer subitement par une détente, au signal donné par les battements de la pendule, on obtiendra instantanément sur la plaque une image du soleil avec celle des fils du réticule, et on pourra mesurer, puis transformer en temps, la quantité dont le bord aura dépassé le milieu du fil » (Faye 1849, 243-244).

Dans le climat délétère qui suit le coup d'État, Arago cherche la polémique avec Faye, qui, rappelons-le, a démissionné de l'Observatoire en juin 1852, à cause d'un conflit qui l'oppose au directeur. En janvier 1853, le directeur du Dépôt de la Guerre Lucien-Antoine Blondel ayant écrit à l'Académie pour annoncer qu'il mettrait volontiers des officiers d'état-major à disposition du programme de détermination télégraphique des longitudes suggéré par Faye, Arago tance l'astronome d'avoir eu la témérité de s'occuper d'une question dans laquelle il s'était lui-même déjà largement investi :

« Puisque le mot d'*initiative* vient d'être prononcé par le préopinant, je regarde comme un devoir de donner à l'Académie quelques explications relativement aux projets qui ont été formés ou déjà réalisés, de faire concourir les télégraphes électriques à la détermination des positions relatives de divers lieux. Cette idée était si naturelle, qu'elle est née presque aussitôt après l'installation des premiers télégraphes, et qu'on ne saurait dire où elle prit naissance. Je puis seulement assurer que le Bureau des Longitudes s'en occupa dès les origines avec persévérance, et qu'en outre, il avisa aux moyens d'établir une communication directe entre l'observatoire de Paris et celui de Greenwich, dès qu'il fut question de l'établissement du câble sous-marin entre Douvres et Calais » (CRAS 36 [1853], 30).

Une ligne télégraphique entre l'Angleterre et la France en passant Douvres et Calais n'est en fait ouverte que depuis deux mois, le 2 novembre 1852. Arago attribue le retard dans l'exécution de cette expérience aux difficultés qu'a eues Airy à établir une liaison directe entre son observatoire et Douvres.

⁵ Outre la thèse de Francis Beaubois qui analyse en détail l'épistémologie de Faye, plusieurs travaux ont abordé l'histoire de l'équation personnelle sans porter attention aux idées de l'astronome (Schaffer, *Astronomers* Mark Time 1988, Canales 2001, Schmidgen 2003).

Mais c'est jusqu'à la connexion entre l'Observatoire et l'Administration centrale des Télégraphes, rue de Grenelle, qui ne va pas sans poser problème. Alors que celle-ci est planifiée dès 1850, permettant d'envisager l'envoi de signaux horaires dans les ports (Sauzereau 2012) et la détermination télégraphique de la différence de longitudes entre Paris et Greenwich, les choses traînent en longueur. La différence de longitudes entre Paris et Greenwich est une donnée de très grande importance, puisque les principaux almanachs nautiques publiés à l'époque (le *Nautical Almanac* et la *Connaissance des temps*) ont pris chacun de ces méridiens comme référence. Au cours du siècle précédent le développement de nouvelles techniques donnent rapidement lieu à des déterminations de cette différence. En 1763, James Short utilise les passages de Mercure pour effectuer cette détermination et en 1777 Wargentin se sert des satellites de Jupiter. Puis, les techniques purement astronomiques (limitées par les questions d'équation personnelle) cèdent le pas à des procédés mettant plus ou moins directement en contact les observatoires. En 1787, Cassini de Thury, Legendre et Méchain effectue une triangulation géodésique, qui sera reprise entre 1821 et 1823 par Arago, Mathieu et le Lieutenant-colonel Colby. En 1825, John Herschel et le colonel Sabine s'associent au colonel Bonne, ingénieur-géographe pour effectuer une mesure en observant des fusées lancées le long d'une chaîne de stations. En 1838, E. J. Dent effectue une mesure en transportant des chronomètres d'un observatoire à l'autre.⁶

La polémique entre Faye et Arago se poursuit à l'Académie des sciences pendant plusieurs mois.⁷ Elle concerne davantage les méthodes de mesure des latitudes (cercle répétiteur vs. Lunette zénithale) que le télégraphe. Arago souligne cependant l'importance de l'équation personnelle dans l'analyse des causes d'erreur. Dans une note insérée au *Comptes rendus*, il rappelle les expériences faites à l'Observatoire de Paris en 1843 qui concluaient que l'utilisation d'un chronomètre à détente permettait d'éliminer en grande partie l'influence des erreurs personnelles sur l'observation astronomique (Arago 1853).

Comprendre tous les enjeux de la polémique entre Faye et Arago en 1852-1853, on le voit, implique de revenir sur plusieurs aspects qui ne paraissent pas de prime abord devoir être liés entre eux. Si l'élément personnel est important dans cette dispute, les tensions d'ordre politiques y affleurent aussi sans être totalement explicitées. D'un point de vue scientifique, il faudrait revenir en détails sur l'histoire de la géodésie en ce qu'elle concerne aussi bien l'établissement des réseaux trigonométriques couvrant l'ensemble du territoire français que les multiples opérations entreprises en vue de mesurer la différence de longitudes entre Greenwich et Paris. L'histoire de la perception des erreurs dans les sciences de l'observatoire intervient, aussi bien au niveau de l'équation personnelle que des solutions techniques et sociales qui y sont apportées. Enfin, l'histoire de l'établissement de réseaux télégraphiques électriques s'y ajoute.

LA VAGUE ELECTRIQUE LANCEE DANS DES FILS AERIENS

« Bien que la vague électrique, lancée dans les fils aériens, marche assez vite pour faire quatre ou cinq fois le tour de terre, rien ne garantit que cette vitesse se conserve inaltérée dans le trajet sous-marin » (Faye 1855, xiii-xiv) .

La télégraphie fait partie de ces techniques développées au 19^e siècle pour lesquels les savants de l'observatoire ont joué un rôle de premier plan. En 1851, François Moigno dédicace en effet son ouvrage à Arago, non seulement que l'astronome soit, aux yeux de l'abbé, un modèle du vulgarisateur, mais surtout parce qu'il s'aperçoit avec joie « que les deux faits qui dominent et vivifient cette branche nouvelle et déjà si vaste de la physique appliquée » ont été découverts par Arago (Moigno 1852, v). Il s'agit de l'aimantation que produit le passage du courant électrique dans les métaux ferreux et l'influence qu'exerce un disque en mouvement sur l'aimant et qui contient en germe la théorie de l'induction de Faraday. Non content d'être un acteur scientifique de premier plan, Arago agit comme expert technique à l'interface entre savants, inventeurs et la puissance publique. En septembre 1838, Arago permet à l'Américain Samuel Morse de présenter son système

⁶ Voir les références suivantes : (Short 1763, Wargentin 1777, Dalby 1791, Kater 1828, Dent 1838).

⁷ Voir CRAS 36 (1853), p. 125-129 ; 205-206 ; 214-215 ; 215-216 ; 269-276 ; 276-284 ; 309-317 & 359-366.

télégraphique à l'Académie (Morse 1914, 2:107). Ami de Wheatstone, qu'il fait élire comme correspondant à l'Académie des sciences, Arago encourage la mise en service de lignes française suivant son système. Quand le 2 juin 1842, le gouvernement demande à la Chambre des députés de voter un nouveau crédit pour l'essai de télégraphie nocturne (basée sur le système optique de Chappe), Arago qui est député s'oppose vivement à l'avis de son collègue physicien Charles Pouillet : « Nous sommes à la veille de voir disparaître, déclara Arago, non-seulement les télégraphes de nuit, mais encore les télégraphes de jour actuels. Tout cela sera remplacé par la télégraphie électrique » (Du Camp 1867, 474).

Au-delà du rôle particulier joué par Arago, les savants qui gravitent autour de l'observatoire sont donc appelés à intervenir dans les débats qui sous-tendent l'installation des premières lignes télégraphiques en France. Suite à l'intervention d'Arago, l'administration des télégraphes dirigée par Alphonse Foy invite le constructeur d'instrument Louis Breguet à faire partie d'une commission chargée d'étudier la question. Ce dernier est à Rouen, le 11 juin 1845, quand s'établit la première communication avec Paris (Moigno 1852, 534). A partir de 1844, Breguet est aussi membre du Bureau des longitudes et, en cette qualité, sera appelé à intervenir souvent dans les débats liés à l'usage du télégraphe pour les opérations de géodésie. Les débuts du télégraphe électrique en France, quand Breguet propose de transmettre les mouvements d'un télégraphe de Chappe en modèle réduit, sont cependant controversés (Figuier 1849, 618).

Avec le développement des réseaux télégraphiques, l'Etat sera appelé à investir dans de nouvelles lignes ; on se posera la question de savoir comment et à quelles conditions l'usage de ces lignes sera rendu accessible aux particuliers. Remarquons qu'ici encore les savants de l'observatoire seront sollicités pour leur avis d'experts. Alors qu'en France Le Verrier produit, entre janvier 1850 et juillet 1851, cinq longs rapports en tant que député à l'Assemblée nationale, Quetelet préside la commission belge des télégraphes établie le 31 décembre 1849 (Quetelet, Cabry et De Vaux 1850-1851).⁸ Ce sont ces mêmes savants qui saisissent immédiatement l'intérêt scientifique du télégraphe. S'il admet, dans le rapport sur l'organisation de l'Observatoire impérial en 1854, que l'usage de la télégraphie électrique n'était pas naturelle pour lui puisque cela « a été la source d'embarras qu'il a fallu accepter et surmonter moi-même, pour mener à bonne fin les premières applications de l'électricité » (Le Verrier 1855, 52), l'astronome propose un programme ambitieux d'études météorologiques basé sur l'utilisation du télégraphe (Locher 2008). Le Verrier souligne également le succès des opérations géodésiques réalisées entre Paris, Greenwich et Bruxelles à l'aide du télégraphe dans lesquelles Faye a été très actif.

Le succès est relatif, pourtant et Le Verrier lui-même est entré bien tardivement dans cette histoire. En ce qui concerne les opérations de liaison télégraphiques entre Greenwich, Paris et Bruxelles, la chronologie est délicate à établir avec précision, car plusieurs lignes de développement s'entrechoquent. La connexion des

⁸ Les rapports rédigés par Le Verrier pour l'Assemblée nationale sont les suivants : « Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi relatif à une demande de crédit sur l'exercice 1850, pour l'établissement de nouvelles lignes de télégraphie électrique, séance du 23 janvier 1850 », in Assemblée législative, *Impressions*, tome 8 (1850), n° 746 ; « Rapport sur le projet de loi tendant à autoriser le Ministre des Travaux publics à prélever, sur les fonds mis à sa disposition pour les travaux de chemins de fer, une somme de 40.000 fr., applicable au service du chemin de fer de Paris à Sceaux, séance du 7 mars 1850 », Assemblée législative, *Impressions*, t. 8 (1850), n° 850 ; « Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi portant demande d'une allocation de 4.810.000 fr. pour l'exécution de la partie du chemin de fer de Paris à Strasbourg, comprise entre Strasbourg et Hommarting, séance du 25 avril 1850 », Assemblée législative, *Impressions*, t. 10 (1850), n° 976 ; « Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur la correspondance télégraphique privée, séance du 18 juin 1850 », Assemblée législative, *Impressions*, t. 18 (1850), n° 1110 ; « Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner : 1° le projet relatif à une demande de crédits pour l'établissement de sept nouvelles lignes de télégraphie électrique ; 2° la proposition de M. Collas sur l'établissement de nouveaux télégraphes électriques, séance du 22 juillet 1851 », Assemblée nationale législative, *Impressions*, t. 37 (1851), n° 2095.

différents observatoires nationaux au réseau télégraphique suit des dynamiques propres à chacune des situations. De nombreuses péripéties perturbent l'établissement d'une ligne sous la Manche et des connexions ininterrompues entre les différents observatoires. Les archives du Bureau des longitudes et de l'observatoire de Greenwich, de même que les papiers d'Adolphe Quetelet, directeur de l'observatoire de Bruxelles, permettent de préciser l'enchaînement des faits.⁹

Au Bureau des longitudes, Arago ne semble pas avoir mentionné la connexion télégraphique de l'Observatoire avec pour objectif de distribuer l'heure aux ports avant la séance du 16 janvier 1850. Deux commissions télégraphiques sont mises en place le 5 mars 1851 avec respectivement pour objectif d'étudier la question de distribution de l'heure et de la détermination de la différence de longitudes avec Greenwich. L'idée de faire passer une ligne télégraphique sous la Manche avait d'abord été émise par Charles Wheatstone dès 1840. En août 1850, une compagnie franco-anglaise dirigée par Jacob Brett pose un fil qui sera bientôt coupé par un pêcheur. Après la banqueroute de Brett, la Submarine Telegraph Company obtient le monopole de la communication électrique transmanche. La première ligne de télégraphie électrique en France, notons-le, relie Paris à Rouen en 1845. A l'automne 1851, la ligne entre la France et l'Angleterre semble sur le point d'être ouverte après bien des péripéties.¹⁰

A l'Observatoire, les choses s'accroissent. Le 22 septembre, Arago annonce à l'Académie qu'il envisage de profiter de ce mode de communication pour déterminer la différence de longitudes des observatoires de Paris et Greenwich. « Il est inutile, ajoute-t-il, de dire combien ce procédé direct l'emporte en exactitude sur tous ceux qui ont été employés jusqu'ici » (*CRAS* 33 [1851], p. 322). Cette annonce est répercutée avec enthousiasme dans la presse. Une copie d'une lettre du physicien au représentant parisien de la Submarine Telegraph Company datée du 23 septembre 1851 témoigne de cet enthousiasme général :

M. Arago received with alacrity your letter, and communicated its content immediately to the Academy of Sciences, engaging himself in honor to unite the Observatory with the Calais Electric Telegraph: — he thanks Professor Airy sincerely for his prompt concurrence, and felicitates you on your success. The Abbé Moigno saw him this morning; he was full of ardour and joy; he said that, if M. Breguet was not in London, the wires should be placed this very day to the Observatory: he will write tomorrow to the minister of Interior to press upon him the immediate execution of the work. [...] It has been decided [...] that a solemn correspondence between Professor Airy and Professor Arago shall be transmitted to posterity in remembrance of the admirable union of the two Observatories (RGO 6/610/1).

Le 25 septembre, débutent les opérations de pose d'un énorme câble d'un poids de 180 tonnes et qui a coûté 300 000 francs à fabriquer. Malheureusement, le fil s'avère trop court ! On l'abandonne sur une bouée à un kilomètre de la côte française et fabrique à la hâte un nouveau tronçon. On retrouvera heureusement la bouée et le 13 novembre est la ligne Douvres-Calais inaugurée. La liaison ininterrompue entre Londres et Paris n'est quant à elle accomplie qu'un an plus tard le 2 novembre 1852.

Pendant ce temps, on s'active dans les deux observatoires. A deux reprises, l'administrateur en chef des télégraphes, l'ingénieur Foy, participe en compagnie des opérateurs du télégraphe aux réunions du Bureau des longitudes. Mais suite à la coupure du câble le ministère de l'Intérieur rechigne à prendre à sa charge la

⁹ Les renseignements en provenance des archives du Bureau des longitudes m'ont été fournis par Jean-Marie Feurtet que je remercie chaleureusement ; voir aussi sa thèse (Feurtet 2005, 404-410). Les papiers d'Airy et de l'observatoire de Greenwich sous sa direction se trouvent à la Cambridge University Library, Manuscript Division, RGO 6. Les papiers de Quetelet sont consultables à l'Académie royale des sciences de Belgique, Bruxelles, cote ARB. Je profite de l'occasion pour remercier Mr. Perkins (Cambridge) et Olivier Damme (Bruxelles) pour leur assistance.

¹⁰ Sur l'histoire du télégraphe électrique, voir entre autres (Moigno 1852, Du Moncel 1864, Mangin 1893).

connexion entre l'Observatoire et le réseau télégraphique qui passe par la barrière d'Enfer (future place Denfert-Rochereau). Le 26 octobre 1851, Ernest Laugier écrit officiellement à Airy pour annoncer que les fils ont été tirés et lui demander sa coopération pour entamer les opérations (RGO 6/335, 79).

L'astronome royal anglais avait commencé à s'intéresser activement à la question du télégraphe au mois de mai 1849. Il suggère de diffuser le temps à la compagnie ferroviaire qui construit une ligne qui passe par Greenwich (la North Western Railways), mais cette dernière se montre peu enthousiaste. Au cours de l'exposition universelle de 1851 à Londres, exposition marquée par le succès des bulletins météorologiques télégraphiques, Airy entame une correspondance avec les télégraphistes comme Wheatstone et Charles V. Walker où il est question de synchroniser les horloges de la capitale à l'aide d'un signal électrique émis par l'observatoire. Le 8 octobre 1851, Wheatstone écrit à Airy, pour chercher à assurer sa priorité :

« I rejoice in the probable accomplishment, under your auspices, of uniting all the Astronomical Observatories of Europe by means of an electric circuit. [...] The first idea of this application [determination of longitude differences], which I communicated to you and several other Astronomers, was published as communicated by me in [...] 1840; [...] all the material means of its accomplishment, the sympathetic clocks for showing the same time in different parts of the circuit, and the Electro-Magnetic Chronoscope for indicating the smallest [difference] of time therein [...] were previously invented by me » (RGO 6/610/5, 330-331).

En novembre 1851, Airy bien qu'il se soit maintenant assuré de la coopération de deux sociétés privées (Electric Telegraph Company et South Eastern Railways) n'a toujours pas obtenu les fonds lui permettant de relier son observatoire au réseau télégraphique. En écrivant à son ministre de tutelle, F. Y. Baring, First Lord of the Admiralty, le 26 novembre, il expose son projet de réguler les horloges du parlement au moyen d'un signal électrique émis par l'observatoire, mais il se saisit de l'initiative française pour faire passer une requête urgente pour £350 :

« Had the use of the communication been confined to the first mentioned local purposes, I should have been content to wait for the Annual Estimates. But the steps taken by the French Authorities have put the matter in a totally different state; and I think that it now concerns our honours deeply to answer to M. Arago that the forms of or official proceedings prevented us from taking any step before April next » (RGO 6/610/1, 6-17).

Bien que la connexion de l'observatoire de Greenwich au réseau télégraphique ait été pensée dans l'urgence d'établir une communication transmanche, Airy s'occupe d'abord de la distribution du temps pour actionner à la « time-ball » de l'Electric Telegraph Company pour leur bureau londonien et la synchronisation des horloges de la London Bridge Station (Airy, *On the Determination of the Longitude of the Observatory of Greenwich by means of Galvanic Signals* 1853, 249). Pendant la mise en place de ces connexions, Airy procède à des essais dans le but d'établir un protocole d'expérience aussi précis que possible. Les 17 et 18 mai 1853, la différence de longitudes est mesurée entre Greenwich et l'observatoire de Cambridge, qui est alors dirigé par le successeur d'Airy Challis. L'astronome royal décrit un protocole précis qui occupe trois personnes à chaque bout du fil. Un astronome, appelé « signal-giver », ferme le circuit électrique au moment où une étoile passe devant le collimateur du cercle méridien, tandis que dans une autre pièce de préférence un autre technicien (« signal-observer ») observe les signaux reçus. La troisième personne dans cet arrangement n'est employée que pour annoncer par un signal convenu à l'avance (une succession de signaux rapides) que l'observation des transits commence ou s'arrête.

En décrivant les opérations entre Greenwich et Cambridge, Airy note une autre précaution importante prise pour assurer une meilleure fiabilité des résultats : l'échange des observateurs. Alors que le premier soir, l'assistant d'Airy Edwin Dunkin se charge des observations télescopiques à Greenwich tandis que M. Todd s'occupe de celle faite à l'observatoire de Cambridge, ils font le voyage dans la journée du lendemain pour

changer de place. Airy place une grande confiance dans son résultat (la moyenne se situe à 22''936), alors que le transport de chronomètres en 1829 avait donné une différence de 23''54 : « This is probably one of the most accurate determination of difference of longitude hitherto made » (Airy, On the Determination of the Longitude of the Observatory of Greenwich by means of Galvanic Signals 1853, 252).

DE VASTES ASSOCIATIONS QUI ENGLOBENT LA TERRE ENTIERE

« Regardez en effet autour de vous et voyez comme elle marche, non plus comme autrefois par des travaux isolés, sur un théâtre restreint, avec les faibles ressources de quelques hommes d'élite dispersés çà et là, au hasard du génie, dans quelques pays favorisés comme le vôtre, mais par de vaste associations qui englobent la terre entière. [...] Vous trouverez une chaîne ininterrompue d'observateurs depuis Cadix jusqu'à Paris, de Paris à Berlin, de Berlin à Moscou, et, ne soyez pas incroyables, de Moscou à Pékin » (Faye 1855, ix).

Dans la citation précédente consacrée à la météorologie, Faye omet de placer Bruxelles entre Paris et Berlin. Sans doute est-ce délibéré puisqu'il fait de même dix lignes plus bas quand il s'émerveille que la « marche de boussole » soit étudiée partout sur le globe au même moment, alors que dans les deux cas l'observatoire de Bruxelles et son directeur Adolphe Quetelet ont été très actifs. De là à penser qu'il cherche à éviter de rappeler que dans cette histoire de détermination des différences de longitudes, Bruxelles a grillé la politesse à Paris, il n'y a qu'un pas...

Dès le 1^{er} février 1852, Laugier avait écrit à Airy :

« nous sommes fort avancés. Les appareils électriques sont installés prêt de nos cabinets d'observation, et nous pourrions, sous peu de jours, communiquer avec l'administration des lignes télégraphiques. La pendule destinée à transmettre le temps moyen de Paris aux différents ports de France port un mécanisme particulier de l'invention de M^f Breguet et qui permet d'établir entre cette horloge et la pendule astronomique temps moyen, une différence d'une fraction déterminée de la seconde » (RGO 6/635/3, 83).

Mais Laugier avait certainement été trop vite en besogne. Non seulement Airy n'était pas prêt — son observatoire n'étant finalement relié au réseau qu'en juin 1852 —, la connexion directe par une ligne électrique non interrompue entre Paris et Londres, et, de là, Greenwich ne sera pas établie avant le 2 novembre 1852 (Mangin 1893, 44). C'est à cette époque, rappelons-le qu'Arago, dans ses joutes oratoires contre Faye, fait remarquer à l'Académie des sciences que le Bureau des longitudes s'occupent depuis longtemps de la différence de longitudes avec Greenwich. Ceci est d'ailleurs confirmé par les archives du Bureau qui indique, comme les CRAS que les travaux du côté d'Airy ne sont pas achevés. Le 27 avril 1853, Arago indique que si les arrangements pour établir une communication directe entre Greenwich et Paris sont enfin terminés, il subsiste encore des difficultés quant à la transmission en une seule fois du courant à travers le câble sous-marin. Pendant l'été, le Bureau des longitudes à Paris se tient au courant des développements anglais (voir discussion du 1^{er} juin 1853).

Pourquoi Airy se tourne-t-il alors vers Bruxelles ? Peut-être l'ouverture d'une deuxième ligne sous-marine, entre Douvres et Ostende, en mai 1853, joue-t-elle un rôle dans cette décision. Toujours est-il que dans le récit qu'il livre des événements, Airy reste vague :

« Pendant l'été et l'automne de 1853, des négociations furent entamées à ce sujet avec le bureau des longitudes. Elles furent interrompues par la maladie de M. Arago et par d'autres causes. Je me considérai alors comme libre de commencer par la longitude de Bruxelles ; et ayant communiqué mon projet à M. Quetelet, je le trouvai très-désireux d'exécuter l'entreprise » (Airy 1857, 6).

Les archives de l'observatoire de Greenwich ne semble cependant conserver aucune trace d'une tentative d'Airy de reprendre contact avec le bureau des longitudes et l'observatoire de Paris avant le 3 octobre 1853, annonçant à Laugier qu'il est « anxious to proceed » (RGO 6/635/3, p. 86). Mais le 21 octobre 1853, ce dernier répond à Airy : « nous venons de perdre notre illustre maître » (ibid, p. 89). Arago, il est vrai, est mort le 2 octobre 1853, laissant l'observatoire de Paris dans un indéniable état de désorganisation. Si la réponse de Laugier a dû décevoir l'astronome de Greenwich, cela n'explique pas que les pourparlers avec Quetelet aient débuté dès le 18 août précédent (RGO 6/634/2, 79). L'astronome de Bruxelles avait rapidement communiqué son enthousiasme à Greenwich (dans une lettre daté du 20 août 1853, RGO 6/634/2, 81). Dès le 21 septembre, Airy lui annonce que tout est prêt de son côté de la Manche.

A Bruxelles, Quetelet qui, on l'a vu, s'était déjà occupé de télégraphie pour le Royaume de Belgique, contacte directement les ministres qu'il connaît personnellement en vue de faire connecter son observatoire au réseau. A cette époque, Quetelet reçoit la visite de Matthew Fountaine Maury, directeur de l'US Naval Observatory, qui a voulu organiser une conférence internationale d'océanographie à Bruxelles (Collectif s.d.). Au cours de cette conférence, Quetelet a la vision d'une planète entièrement enserrée dans les mailles d'un gigantesque réseau d'observation qui en couvrirait toute la surface :

« Le succès de cette première réunion, écrira-t-il plus tard, a prouvé qu'on peut tenter un pas de plus et arriver au plus vaste système d'observations que l'esprit humain ait jamais conçu : celui de couvrir le globe entier, dans toutes ses parties accessibles, d'un vaste réseau d'observateurs, espacés de manière qu'aucun phénomène naturel de quelque importance ne puisse se manifester sans avoir été vu et observé avec soin, sans qu'on ait le moyen de le suivre et de l'étudier dans sa marche ; en quelque sorte que l'œil de la science reste pour ainsi dire incessamment ouvert sur tout ce qui se passe à la surface de notre planète » (A. Quetelet 1867, 23).

Cette conception grandiose, que Faye évoque aussi dans son discours de Nancy, Quetelet l'a bien en tête lorsqu'il écrit à Airy, le 26 novembre 1853, « s'il était possible de lier les observatoires sédentaires aux observatoires flottants qui vont sillonner toutes les mers, combien nous pourrions nous promettre d'heureux résultats » (RGO 6/634, 88). La vision d'une organisation des observateurs en un vaste réseau planétaire est donc contemporaine de la mise en place d'un réseau électrique qui se matérialise non seulement par des fils, des commutateurs et des batteries, mais aussi par une expertise technique. En note dans la traduction de l'article d'Airy, Quetelet en témoigne :

« Par les soins obligeant de M. Vinchent, ingénieur des télégraphes de l'État, et de M. Gibbs, inspecteur des mêmes télégraphes, en moins de deux à trois jours, une tranchée fut ouverte à partir du bureau de la station du Nord [...] et de là, en ligne droite, le long du boulevard jusqu'à l'Observatoire. Dans cette tranchée profonde de trois pieds environ, furent placés deux fils de cuivre enveloppés de Gutta Percha. [...] Je dois de vifs remerciements à MM. Vinchent et Gibbs, pour l'obligeance qu'ils m'ont témoignée et le secours qu'ils m'ont prêté, non-seulement dans le placement des fils, mais encore pendant toute la durée des opérations » (Airy 1857, 6).

D'une manière imagée qui met en évidence les aspects techniques qui sous-tendent la mise en réseaux de ces différents lieux, Airy décrit la petite boîte de fer sur le mur du parc de Greenwich :

« Un commutateur fut placé alors dans la boîte de fer, contenant trois pièces de cuivre auxquelles se rattachent respectivement le segment de fil télégraphique aboutissant à Paris et le fil de l'Observatoire. Sur ces pièces sont gravés les mots : *Londres, Paris, Greenwich*. [...] Afin donc d'établir une communication entre l'Observatoire royal et Bruxelles, il était nécessaire, au moyen du commutateur, d'assurer la relation Greenwich-Londres, et de s'en rapporte ensuite à l'obligeance des employés du bureau télégraphique de Cornhill, pour établir une connexion temporaire entre le segment du fil de Paris qui est à Londres et le fil va à Bruxelles. [...] Je dois ajouter que la clef de la

boîte de fer est placée sous ma surveillance, marque de confiance à laquelle je ne suis pas insensible » (Airy 1857, 5).

Airy avait donc le pouvoir d'interrompre les communications télégraphiques entre Londres et Paris. Comme les aiguilles de la montre du bureau central des télégraphes, rue de Grenelle, qui sont réglées à distance par l'observatoire de Paris (Le Verrier 1855, 46), cette marque de confiance est le signe de l'interdépendance profonde qui s'établit alors entre l'industrie du télégraphe et les sciences de l'observatoire.

TRANSPORTEZ-VOUS UN INSTANT AVEC MOI DANS L'OBSERVATOIRE ANGLAIS

« Transportez-vous un instant avec moi à l'observatoire anglais, au moment où s'accomplissaient ces opérations singulières. L'astronome a observé longuement les étoiles ; il a réglé son horloge et, pendant quelques heures, un coup-d'œil au cadran suffit pour lui faire connaître l'heure à un centième de seconde près. Mêmes préparatifs à Paris. Le problème serait résolu, si quelque génie des Mille et une Nuits se chargeait de porter, sans secousses, les deux pendules l'une vers l'autre ; mais voici ce génie des temps modernes qui se met en œuvre et qui fait encore mieux. D'un tour de clef, les fils du télégraphe maritime mettent en communication les deux observatoires. Les deux astronomes se placent devant de petites aiguilles aimantées, que le moindre courant électrique incline tout d'un coup à droite ou à gauche, et à l'aide de ces aiguilles mystérieuses ils entament l'opération. Les signaux d'appel sont échangés. Londres dit à Paris que la nuit a été sereine, que les étoiles convenues ont été observées, que l'heure locale est parfaitement déterminée ; puis il envoie par télégraphe, à travers l'air et les eaux de la mer, les battements de sa pendule. En voyant osciller l'aiguille de Paris, c'est comme si vous voyez osciller le pendule de l'horloge de Londres. Les oscillations sont comptées, les pendules comparées, et la différence des heures s'obtient ainsi avec une étonnante précision » (Faye 1855, xiii).

Dans l'observatoire de Greenwich, Faye répète les opérations effectuées 6 mois auparavant par l'astronome belge Victor Bouvy selon un protocole mis au point par Airy. Au même moment, l'assistant de Greenwich Edwin Dunkin fait les mêmes gestes sous le regard de Le Verrier qui guette les signaux envoyés par Greenwich. La conception de telles opérations illustre de manière frappante la mise en œuvre sociotechnique qui rend possible l'uniformisation du système d'observation que Maury et Quetelet appellent de leurs vœux pendant le congrès maritime de 1853 (Collectif s.d., 5).

Pour bien comprendre ces enjeux sociotechniques, considérons les opérations réellement effectuées. Notons qu'à l'instar de l'analyse des controverses scientifiques, l'étude des opérations de mesures ont ici généré des sources historiques abondantes qui sont exceptionnelles. Plutôt que de présenter un récit chronologique, je soulignerai deux aspects de l'abondante correspondance alors produite, qui me paraissent particulièrement importants : la mise en place de protocoles et la précision des mesures en regard des problèmes d'équation personnelle.

LA MISE EN PLACE DES PROTOCOLES

Le 16 novembre 1853, alors que Dunkin part pour Bruxelles, Quetelet écrit à Greenwich :

« Voici comment j'avais compris la chose. Votre aide viendrait à Bruxelles et se comparerait à nous, puis il irait à Paris et se comparerait aussi aux astronomes de l'Observatoire. L'un de nous pourrait l'accompagner alors dans cette ville et se comparer également aux astronomes français. Nous pourrions ainsi déterminer les différences de longitudes Greenwich-Bruxelles, Greenwich-Paris et Paris-Bruxelles » (RGO 6/634, 99).

La détermination des différences de longitude entre les trois observatoires s'accompagne donc de celle des équations personnelles des trois observateurs. Mais les choses ne se passent pas ainsi : « Je pense qu'à Paris on

n'est pas encore en mesure de correspondre », écrit Quetelet le 21 novembre (RGO 6/634, 103). On fera sans Paris dans un premier temps. Bouvy, aide de l'observatoire de Bruxelles, arrive à Greenwich le 24 novembre à peu près au même moment où Edwin Dunkin parvient à Bruxelles (Airy 1857, 10). Les opérations débutent le 25 novembre, mais sans succès. A la fin de cette première journée d'observation, Airy et Quetelet se rendent l'un l'autre compte de leur impressions. L'astronome belge est perplexe de n'avoir pas reçu les signaux escomptés :

« La journée et la soirée d'hier ont été superbes. Tout s'annonçait au mieux pour nos observations. On nous avait prévenus qu'un signal serait donné de Greenwich à 1 heure après midi. Le signal a été vu un peu plus tôt que l'heure convenue et pas aussi longtemps qu'il avait été dit. Nous nous tenions très satisfaits de cette première épreuve, quoiqu'on n'eût pas répondu à quelques appels.

A 10 heures, les observations astronomiques avaient été faites et nous attendions les premiers signaux de Greenwich. L'aiguille ne reçut qu'un seul choc, assez bien marqué, un peu après l'heure convenue. Nous avons alors témoigné à notre tour que nous étions présents, bien que Greenwich n'ait pas donné les 4 signaux convenus, mais un seul. A 10 heures 15, ont été donnés successivement plusieurs séries de signaux ; puis nous avons attendu, mais inutilement des séries de Greenwich. A 10^h45, nous avons recommencé encore une nouvelle série de signaux, comme si de votre côté tout se trouvait en parfait ordre. A 11 heures quatre battements de l'aiguille, à une seconde d'intervalle, nous ont appris ou que nous n'étions pas bien compris ou que nous devons considérer les choses comme finies pour la soirée.

Le choc observé à 10 heures, et les quatre chocs successifs observés à 11 heures provenaient bien d'Angleterre, disaient les télégraphistes, parce qu'ils étaient accompagnés d'un petit choc en retour qui paraît caractéristiques par les fils sous-marins. Mais qui a donné des signaux incomplets ? Venaient-ils de Londres, de Greenwich, ou d'une autre place ? Nous n'avons cependant pas perdu l'espoir que nos signaux ont été vus, bien que nous ayons la triste certitude que ceux de Greenwich ont manqué. J'espère que ce soir nous serons plus heureux. [...]

Si vous aviez comme nous un appareil Wheatstone à une aiguille, nous pourrions au moins avoir la faculté d'échanger quelques mots. Le silence absolu nous apprendrait qu'il n'y a pas de continuité dans le courant. Ce qui me fait croire que le peu de signaux observés venaient d'une station télégraphique, c'est que l'aiguille battait alternativement à droite et à gauche » (RGO 6/634/3, 112-113).

Dans la lettre qu'il rédige à la fin de cette même soirée, Airy explique la raison de son silence :

« On commencing observations last night, we found that there was something wrong in our apparatus, but I ascribed the error to a certain special cause (a suffered want of insulation between the two rings of our Transit-touch-apparatus) and I imagined that all would be right by sending the signal by means of the battery-turn plate. [...] It appears from your telegraph-message received this morning that these four signals were the only successful ones. We have examined the apparatus and found that the failure was apparently due to a most ridiculous cause. A brass label which was suspended to one of the Transit-touch-springs hung in such a manner as to touch a piece of bras fixed in the pier. We have removed this, and all appears to be right now. Your signals were excellent » (RGO 6/634/3, 110-111).

Le 27 novembre, Dunkin écrit qu'il est très déçu du résultat de cette première nuit d'observation. Ne recevant aucun signal, ce qui apparaît comme étant très mystérieux, il témoigne :

« all sorts of opinions were given in endeavouring to find the cause of failure. I found it necessary to suggest several alterations in the manner of giving and receiving the signals, so as to make the method agree as closely as possible with that previously adopted. [...] The only fault was that the galvanometer

was too sensitive, and remained in a state of vibration for nearly ten seconds after each signal » (RGO 6/634/2, 61).

Après cette première soirée ratée, les observations se poursuivent sans trop d'anicroches les jours suivants jusqu'au 4 décembre. Chaque soir une centaine de signaux sont échangés et, lorsque le temps le permet, des observations de passage sont réalisées. Des incidents cependant se produisent. Le lundi 28 novembre le gouvernement belge réquisitionne la ligne au moment où le duc de Brabant traverse la Manche. Deux jours plus tard, le 30 novembre, Quetelet semble satisfait des résultats déjà obtenus, mais des petits problèmes techniques ayant perturbé les opérations, Airy explique, le vendredi 2 décembre, pourquoi il désire accumuler plus de données :

« On Tuesday afternoon, the telegraph company (who have been most kind and liberal) sent a message to me, which none of us entirely understood. We could not tell whether the message came from you or from the Agents of the Company, or whether the message purported that we should have no signals on that evening, or no messages on any evening. So we looked to the needle for about $\frac{1}{4}$ of an hour till we were sure that nothing was coming.

Yesterday (Thursday) the telegraph office sent me a message to say that they had on Wednesday been joining on some wires, at Canterbury, and had not finished till near 10 o'clock (Greenwich Mean Time). This explained the interruption on Wednesday. I had on that evening continued to repeat the call-signals (the first four...) till I received an answer from you.

I inferred from your signals last night that on Wednesday you had 5 transits after the signals, and on Thursday you had 15 transits before signals. M. Bouvy had 21 transits before signals on Thursday (last evening) and 8 after signals. These are the first transits that we have had. I think therefore it is most desirable that we should continue to observe tonight (Friday) and also on Saturday, so that, if possible, we may have three trustworthy days » (RGO 6/634/3, 123).

Puis, les assistants rentrent chacun chez soi. Pour la seconde série de mesures, réalisée entre le 19 et le 30 décembre 1853, Airy esquisse un protocole encore plus précis :

Code for the Galvanic Longitude-signals between Brussels and Greenwich, for the observations to commence on 1853 Dec. 19

1. The transits and signals at Brussels are to be observed by M. Bouvy, and those at Greenwich by M. Dunkin.
2. The observations are to be continued, if possible, till three satisfactory days are obtained.
3. The apparatus and the mode of observing are to be generally the same as in the preceding series.
4. At $10^h 0^m 0^s$ Brussels Mean Solar Time, Brussels will give 4 signals at intervals of 3^s . After waiting 10^s , Greenwich will reply by 4 similar signals.
5. If no transit were observed on the last night after signals, Brussels will after waiting 15^s proceed with batches; If transits were observed, Brussels will after waiting 15^s give 2 warning signals at 3^s interval, then wait 10^s , then give as many warning signals at 3^s interval as the number of transits observed. And then, waiting 15^s , proceed with batches.
6. The Brussels batches will close at $10^h 14^m 30^s$.
7. Greenwich will commence at $10^h 15^m 30^s$; either with batches if no transits were observed last night after signals or with warning signals and signals of transits: exactly as Brussels in N°5.
8. The Greenwich batches will close at $10^h 29^m 30^s$.
9. Brussels will commence at $10^h 30^m 30^s$, with four signals of acknowledgement, and with batches if no transits were observed on the same day, or with warning signals and signals of transits observed in the same day as in N°5.

10. If Brussels thinks that the operation may be terminated, Brussels will finish with 15 signals at 3s interval.

11. Brussels is to finish about 10^h 44^m 30^s.

12. Greenwich will commence at 10^h 45^m 30^s, under the same regulation as Brussels in the last quarter; and will terminate if necessary with 15 signals » (RGO 6/634, 134).

Le 20 décembre, les signaux ne sont pas transmis correctement par les télégraphistes bruxellois. Plus tard, c'est le temps qui est exécration en cette saison qui n'est guère favorable à l'astronomie. « Nous sommes décidément dans une mauvaise veine », écrit Quetelet le 23 décembre alors qu'il n'a reçu aucun signal de Greenwich la veille.¹¹

« Le fait le plus fâcheux, c'est que nous n'avons pas reçu de signaux et qu'on nous a un beau nombre d'étoiles (seize). Aujourd'hui, il neige et le ciel ne promet rien de bon. Nous allons avoir ensuite la fête de Noël, pendant laquelle je présume que nous serons inactifs. Il résulte donc de cela qu'il nous restera fort peu de chose des fatigues de la semaine. Ces idées ont troublé tristement mon sommeil, mais enfin [...] les observateurs doivent se faire à l'idée de ces désappointements » (RGO 6/634, 140).

Le 30 décembre, après avoir obtenu quelques soirées de résultats exploitables, Quetelet écrit que le temps vient de se dégrader à nouveau :

« il tombe de la neige et il fait un vent affreux. J'ai rarement vu une aussi mauvaise journée. Nous avons de nombreux malades ; je me trouve moi-même atteint d'une grippe naissante. M. Bouvy ne se trouve guère mieux. Je serais donc d'avis de terminer nos opérations, du moins provisoirement. [...] Nous ne ferions qu'augmenter le nombre de nos malades sans profit pour la science » (RGO 6/634, 145-146).

UN AUTRE TYPE D'ÉQUATION PERSONNELLE ?

Le temps de l'analyse des résultats est venu et l'analyse des erreurs se complique soudain. Quetelet s'aperçoit que la seconde série de résultats s'écartent « très sensiblement » de ceux de la première série. Le 11 février 1854, il écrit à Airy : « les effets des équations personnelles peuvent ne pas être étrangers à cette différence. J'ai en effet la conviction qu'ils ne sont pas les mêmes pour l'observation des étoiles et pour celle des signaux ; c'est au moins ce que j'ai constaté ici pour M. Bouvy et pour moi : la différence est très notable » (RGO 6/634, 158).

Voilà qui est nouveau : l'équation personnelle dont on croyait pouvoir contrôler l'effet par la prise en compte d'un facteur constant dans l'exploitation des données dépendrait du type d'observation effectuée. Dans une note au mémoire d'Airy, Quetelet ajoute : « les équations personnelles ne sont probablement pas les mêmes pour les signaux et les passages d'étoiles. Il y a plus : les équations personnelles peuvent varier [...] dans le cours d'une soirée, par suite de lassitude ou d'autres causes » (Airy 1857, 12-13n). Il semble même qu'il y ait dans un cas une différence selon que le courant allait à Greenwich ou revenait de cette ville !

Le 13 décembre 1853, Lucie Laugier écrit à Mme Quetelet : « rien ne peut aller vite en ce moment dans notre Observatoire ; le bureau des longitudes n'avait pas eu le pouvoir de faire mettre le fil de nos cabinets en relation avec les grandes lignes ; il a dû s'adresser au ministère qui a pris trois grandes semaines pour réfléchir ; enfin on vient d'autoriser Mr. Breguet à terminer les travaux, mais il n'a pas encore l'époque précise où les

¹¹ La météo semble aussi avoir un effet sur la transmission des signaux par le télégraphe. Le 5 juin 1854, Dunkin qui est à Paris commente l'effet qu'il a observé pendant l'orage : the needle « was always in a state of oscillation [...] ; it seemed affected by atmospheric electricity, for during a portion of the time that rain was falling in torrents, the oscillations were doubly great » (RGO 6/335, 43).

choses seront prêtes. Mon père [Louis Mathieu, beau-frère d'Arago] & mon mari [Ernest Laugier] sont vivement contrariés de n'avoir pas commencé plutôt les intéressantes expériences ; ils n'ont plus qualité pour rien ordonner dans cet établissement dont le gouvernement s'occupe, dit-on, en ce moment, et qui va sans doute être grandement modifié » (Fonds Quetelet, 2956).

Pendant ce temps, à Paris, les astronomes ne restent pas inactifs. Le 14 janvier 1854, Laugier écrit à Airy qu'il est prêt à commencer les opérations aussi tôt que possible et à se rendre lui-même à Greenwich. Le 21, Airy répond qu'il préfère attendre une dizaine de jours que sa femme revienne de la champagne. Puis, le 2 février, les deux astronomes échangent des lettres au contenu contradictoire. Alors qu'Airy envoie sept pages manuscrites d'instructions, Laugier écrit que suite à un « grand changement » à l'observatoire de Paris, c'est le nouveau directeur Le Verrier qui devra s'en charger (RGO/6/335/3).

Le 9 février, Lucie Laugier écrit à nouveau à Mme Quetelet à propos de la situation de l'Observatoire : « la perte des positions, les carrières brisées, ne sont rien auprès des calomnies infâmes avec lesquelles on cherche à ternir les réputations scientifiques de mon oncle, de mon père, et des jeunes savants qui les secondaient dans leurs travaux. [...] M^r Leverrier a pris possession de son Observatoire en homme que la haine et la passion entraînent jusqu'à des actes stupides. [...] Quant à mon mari, il ne peut pas cesser de travailler et Dieu merci ! de nobles amis vont lui en fournir les moyens. M^{rs} Brunner, Lerebourg & Breguet préparent déjà des lunettes, des cercles qu'ils mettent à la disposition de mon mari & de M^r Mauvais qui a refusé de demeurer astronome sous la domination de M^r Leverrier » (Fonds Quetelet, 2956). Quetelet est prompt à comprendre la portée du changement de direction à l'Observatoire de Paris. « Tout vient de changer à l'observatoire de France, écrit-il à Airy le 11 février 1853 ; les projets de M. Laugier seront sans doute renversés » (RGO 6/634, 158).

L'équation personnelle acquiert donc une nouvelle dimension. A quoi correspondent les préparatifs de plusieurs années quand changent les hommes chargés de les mettre en œuvre ? Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la correspondance entre Le Verrier et Airy qui reprend dès le 10 février (RGO 6/335/4, 131). Soulignons simplement la manière dont Le Verrier en reprenant le projet y imprime sa patte. Tout d'abord, Le Verrier porte une grande attention aux instruments : la détermination des différences de longitude n'est pas, pour lui, une priorité alors qu'il a clairement exprimé son désir de remplacer les instruments de passage, qui restent le cœur de l'activité de l'Observatoire. Le Verrier témoigne des difficultés qu'il rencontre dans ses relations avec les fabricants d'instruments, dont Breguet (ibid., 136 ; voir aussi Quetelet à Airy, 4 mai 1854, RGO 6/634, 161). « Je ne sais si vous parvenez à faire marcher vos ouvriers, écrit Le Verrier le 9 avril. Mais ici, il y a de telles habitudes prises que tout en étant sans cesse à les surveiller rien n'avance qu'avec une déplorable lenteur » (RGO 6/375(2), 395).

L'attention que Le Verrier porte à l'instrumentation dans les protocoles de mesures télégraphiques est cependant remarquable. En constante communication avec Airy, le Verrier examine les différents types de batteries, de relais, et de galvanomètres, les avantages et les inconvénients de prendre les mêmes instruments, la possibilité de les déplacer. Il va jusqu'à imaginer des dispositifs techniques (une cache à aiguille) permettant de réduire l'équation personnelle. Il examine aussi la possibilité d'utiliser des dispositifs électriques pour éliminer l'erreur personnelle, suggestion qui ne fait guère l'enthousiasme d'Airy : « Though this removes the personal equation, it introduces the rich of instrumental equation » (RGO 6/335, 143-144).

En fin de compte, Faye se rendra à Greenwich et Dunkin arrivera à Paris en mai 1854. Si les opérations de mesure semblent se dérouler sans problème, on notera la manière dont l'observateur anglais s'accommode mal des conditions d'observation parisiennes. Dunkin qui « accoutumé au silence » est ainsi obligé d'observer les étoiles basses afin de placer sa tête au plus près de l'horloge afin de bien l'entendre malgré le bruit de la ville :

« the observer's back must be to the clock; this I should not so much mind if the beat of the transit-clock could be decently heard. Mr Le Verrier was quite right in recommending stars sufficiently low to

allow the observer's ear to be as near as possible to the clock face, for I believe even then there will be difficulty in hearing the beat » (Dunkin to Airy, 25 mai 1854, ROGO 6/335, 37-38).

Le 31 mai, Dunkin commente l'état de dépendance où ils se trouvent vis-à-vis des employés du télégraphe:

« I am afraid that the unfavourable weather and the irregularities of the Paris Telegraph Office will prolong the first part of the determination of longitude. [...] I am not very much sanguine in any hopes, as we are so completely at the mercy of the employés of the Telegraph Office. Last night we were again dismayed at not receiving the four warning signals. [...] [A messenger sent to the office rue de Grenelle] found that they had totally forgotten to make the connections between the Observatory and their own wire » (RGO 6/335, 40).

Au même moment, Quetelet s'inquiète de l'interprétation des résultats d'expérience et de la différence entre équations personnelles astronomiques et télégraphiques. Le 4 mai 1854, il explique à Airy, « J'observe les étoiles de trois à quatre dixièmes plus tôt que M. Bouvy et nous observons les signaux absolument de la même manière. [...] Je pense qu'il serait extrêmement utile et instructif que les astronomes puissent être prévenus des écarts auxquels ils sont exposés, même dans la méthode télégraphique » (RGO 6/334, 161) Dans sa réponse du 8 mai, Airy pourtant ne s'en inquiète guère : « We have remarked the large effect of the personal equation. I am not surprised by it. Among our observers there is a very sensible personal equation in the observation of the signals. . . . It is certainly instructive to know by direct experiment what is the difference in the estimation of signal-observation by different observers » (RGO 6/334, 159).

Le 31 août, Quetelet insiste: « Il me paraît surtout curieux que l'équation personnelle peut changer selon qu'on observe des étoiles ou des signaux » (RGO 6/334, 165). Dans sa réponse du 4 septembre, Airy prend enfin la mesure des inquiétudes de Quetelet : « When I was first at the Cambridge Observatory, I used the same method to determine the Error of Collimation which you have employed (see the Cambridge Observation, 1828, page 35), and I gave it up as being in practice radically bad. I look it now with some anxiety: inasmuch as the large difference between our first result and our second result seems almost beyond the probable effect of personal equation. I wish that circumstances had not make it so very difficult to compare immediately the two observers » (RGO 6/334, 167).

Commentant l'écart entre les différences de longitudes obtenues entre Paris et Greenwich lors des deux séries de mesures (d'abord entre 20,40 et 20,59s, puis entre 20,69 et 20,84s), Quetelet conclue, le 8 septembre 1854, sur ce que l'espoir d'une détermination absolument exacte peut avoir d'illusoire :

« Je ne crois pas, je vous l'avoue, à une précision infinie dans ces matières : je regarde cependant notre longitude comme très bonne et comme aussi exactement déterminée que celle que vous venez d'obtenir pour Paris. Je désire vivement pouvoir fermer le triangle et faire le contrôle avec cette dernière ville : c'est un point capital. Je tiendrai surtout à ce que les observateurs fussent comparés et pour les étoiles et pour les signaux. » (RGO 6/335, 169).¹²

UN DEGRE D'EXACTITUDE TOUT NOUVEAU DANS L'HISTOIRE DES SCIENCES

« Mais laissons de côté les détails trop techniques qui nous ont garanti un degré d'exactitude tout nouveau dans l'histoire des sciences ; contentons-nous d'indiquer l'esprit et le but de ces belles opérations » (Faye 1855, xiv).

¹² Aujourd'hui, on estime que cette quantité dépend du système de coordonnées et de l'ellipsoïde choisis pour représenter la terre. Dans le système ETRS89, ellipsoïde IAG GRS 1980, la latitude du méridien de Paris est 2°20'11,4909" E soit une différence en temps de : 9,346101 min soit 9 min 20,76606 sec. Sur Google maps, c'est la valeur choisie est 2,336570, ce qui correspond à 2°20'11,652", soit une différence de 9 mn 20,7768 sec.

Dans son discours de Nancy, Faye a beau affirmer péremptoirement l'exactitude de la méthode dont il a participé à la mise en œuvre, les faits sont coriaces. Dans une histoire populaire de la télégraphie qui paraît quelques années plus tard, on écrit déjà : « Dès l'établissement des nombreux réseaux télégraphiques [...], on eut l'idée de mettre à contribution la télégraphie pour mesurer les différences de longitudes de ces villes. [...] Toutefois, les résultats obtenus ayant laissé quelque chose à désirer, on dut considérer les méthodes employées comme étant insuffisantes » (Du Moncel 1864, 599). Quetelet écrit à Airy le 8 septembre 1854 que ces insuffisances pourraient peut-être s'expliquer entièrement par l'équation personnelle (RGO 6/335, 169). Mais comment les éliminer ? Dans l'article qu'il rédige en son nom et celui d'Airy, Le Verrier fait remarquer que pour déterminer avec précision la différence entre deux quantités, il faut se servir du même appareil : « si l'on considère que toute mesure se résout en une estime où intervient le cerveau de l'observateur, il deviendra évident qu'aucune différence ne saurait être exacte, à moins qu'elle ne soit appréciée par le même individu » (Airy et Le Verrier 1854, 565). Pour le nouveau directeur de l'observatoire de Paris, la solution est donc claire : il faut procéder « pour l'organisme humain comme pour tous les autres appareils dont nous nous servons » (ibid.).

Mais pour Airy comme pour Faye, l'histoire des mesures télégraphiques de différences de longitudes vaut surtout pour sa valeur de symbole. Dans un article qu'il rédige pour la presse, Airy insiste sur l'intérêt d'une meilleure coordination entre science et industrie :

« It is one of the characteristics of the present age, that commercial associations of private persons, receiving from the state no assistance except a sanction for their union, and employing their funds only in the ordinary modes of commerce, have been able to execute works which scarcely any power of the state could attempt, and incidentally to give to objects not contemplated in their original enterprise an amount of assistance which no direct action of the state could give. The latter advantage has been experienced in numerous instances affecting our social comforts and our constructive arts: it is now felt with equal force in our more abstract sciences » (RGO 6/335, 25).

Faye, on le sait, insistera lui aussi sur la manière dont « l'industrie moderne [...] rembourse si largement à la science les avances qu'elle en reçoit » (Faye 1855, xii).

Comme le montre la description détaillée des opérations de géodésie télégraphiques entre Bruxelles, Greenwich et Paris, la vision d'une science qui étend son réseau d'observation sur le globe en prenant appui sur les réseaux de navigation intercontinentaux, sur les chemins de fer et les lignes télégraphiques s'accomplit surtout par la mise au pas de l'observateur et, par-delà, de l'homme lui-même. C'est en ce sens que cette description révèle les lignes de faille dans le bloc utopique que présente Faye à l'Académie Stanislas. Dans cette conception « astronomique » d'un monde ordonné par la science et la technique, ce n'est pas tant l'observateur individuel qui est banni par la pure technique pure, comme le voudrait Faye. Mais comme le soulignent les congrès de navigation et de statistique présidés par Quetelet à Bruxelles en cette même année, si on peut avoir l'impression que l'observateur disparaît, ce n'est qu'au prix d'une distribution radicale de l'acte d'observer entre savants et techniciens, entre instruments et dispositifs sociaux de standardisation.

BIBLIOGRAPHIE

- Airy, George Biddell. "On the Determination of the Longitude of the Observatory of Greenwich by means of Galvanic Signals." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 13 (1853): 248-252.
- Airy, George Biddell. "On the Difference of Longitude between the Observatories of Brussels and Greenwich, as determined by Galvanic Signals." *Monthly Notices of the Royal Society* 14 (1854): 246-253.
- Airy, George Biddell. "Sur la différence de longitude des observatoires de Bruxelles et de Greenwich, déterminées par des signaux galvaniques." *Annales de l'observatoire royal de Bruxelles* 12 (1857): 3-33.
- Airy, George Biddell, and Urbain Le Verrier. "Nouvelle détermination de la différence de longitude entre les observatoires de Paris et de Greenwich." *CRAS* 39 (1854): 553-566.
- Arago, François. "Note sur un moyen très simple de s'affranchir des erreurs personnelles dans les observations des passages des astres au méridien." *CRAS* 36 (1853): 276-284.
- Aubin, David. "Observatory Mathematics in the Nineteenth Century: Mathematization and Observation." *Oberwolfach Reports*, 2013.
- Canales, Jimena. "Exit the Frog, Enter the Human: Astronomy, Physiology and Experimental Psychology in the Nineteenth Century." *British Journal for the History of Science* 34 (2001): 173-197.
- Collectif. *Maritime Conference held at Brussels for Devising an Uniform System of Meteorological Observations at Sea, August and September 1853*. n.d.
- Dalby, Isaac. "The Longitudes of Dunkirk and Paris from Greenwich, Deduced from the Triangular Measurement in 1787, 1788, Supposing the Earth to be an Ellipsoid." *Philosophical Transactions* 81 (1791): 236-245.
- Daston, Lorraine J., and Elizabeth Lunbeck. *The History of Scientific Observation*. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- Daston, Lorraine J., and Peter Galison. *Objectivity*. New York: Zone Books, 2007.
- Dent, E. J. "On the Difference of Longitude Between Greenwich and Paris." *Monthly Notices of the Royal Society* 4 (1838): 101-102.
- Du Camp, Maxime. "Le télégraphe et l'administration télégraphique." *Revue des deux mondes* 68 (1867): 457-497.
- Du Moncel, Théodose. *Traité théorique et pratique de télégraphie électrique, à l'usage des employés télégraphistes, des ingénieurs, des constructeurs et des inventeurs*. Paris: Gauthier-Villars, 1864.
- Faye, Hervé. "Mémoire sur le collimateur zénithal et sur la lunette zénithale." *CRAS* 23 (1846): 872-873.
- Faye, Hervé. "Sur la dernière communication de M. le Ministre de l'Intérieur." *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* 35 (1852): 820-821.
- Faye, Hervé. "Sur la différence de longitude entre Paris et Londres." *Mémoires de l'Académie de Stanislas*, 1855: v-xviii.
- Faye, Hervé. "Sur les observations du soleil." *Compte-rendus de l'Académie des sciences* 28 (1849): 241-244.
- Faye, Hervé. "Sur les observations zénithales." *CRAS* 39 (1849): 289-294 & 349-350.

- Feurtet, Jean-Marie. "Le Bureau des longitudes (1795-1854): De Lalande à Le Verrier." *Thèse de doctorat*. École des Chartes, Paris, 2005.
- Figuiet, Louis. "La télégraphie aérienne et la télégraphie électrique." *Revue des deux mondes* 3 (1849): 594-622.
- Kater, Henry. "An Account of Trigonometrical Operations in the Years 1821, 1822 and 1823, for Determining the Difference of Longitude between the Royal Observatories of Paris and Greenwich." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 118 (1828): 153-239.
- Le Verrier, Urbain. "Rapport sur l'observatoire impérial de Paris et projet d'organisation." *Annales de l'observatoire impérial de Paris* 1 (1855): 1-68.
- Locher, Fabien. *Le Savant et la tempête. Étudier l'atmosphère et prévoir le temps au XIXe siècle*. Rennes: Presses universitaires de Rennes,, 2008.
- Mangin, Arthur. *Délassements instructifs: les télégraphes, les feux de guerre*. Tours: Alfred Mame et fils, 1893.
- Moigno, François-Napoléon-Marie. *Traité de télégraphie électrique, comprenant son histoire, sa théorie, ses appareils, sa pratique, son avenir, sa législation; précédé d'un exposé de la télégraphie en général et de la télégraphie ancienne de jour et de nuit*. 2e. Paris: A. Franck, 1852.
- Morse, Samuel. *His Letters and Journals*. Edited by Edzar Lind Morse. 2 vols. Boston & New York: Houghton Mifflin , 1914.
- Quetelet, A., J. Cabry, and A. De Vaux. "Rapport adressé sous la date du 21 mars 1850, à M. Le Ministre des Travaux publics par la commission des télégraphes électriques." *Annales des travaux publics de Belgique* 9 (1850-1851): 69-96.
- Quetelet, Adolphe. *Sciences mathématiques et physiques au commencement du XIXe siècle*. Bruxelles, 1867.
- Quetelet, Adolphe. "Sur la longitude et la latitude de Bruxelles." *Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles* 12 (1857): 34-39.
- Sauzereau, Olivier. "Des observatoires de la Marine à un service chronométrique national. Le cas français, XVIIIe – XXe siècles." *Thèse de doctorat*. Université de Nantes, 2012.
- Schaffer, Simon. "Astronomers Mark Time." *Science in Context* 2 (1988): 115-145.
- Schaffer, Simon. "Where experiments end: tabletop trials in Victorian astronomy. In , dir. Jed Z. BUCHWALD. Chicago: Univ. of Chicago Press. ." In *Scientific practice: theories and stories of doing physics*, by Jed Z. Buchwald, 257-299. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- Schmidgen, Henning. "Time and Noise: The Stable Surroundings of Reaction Experiments, 1860–1890." *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 34 (2003): 237–275.
- Short, James M. "The Difference of Longitude between the Royal Observatories of Greenwich and Paris, Determined by the Observations of the Transits of Mercury over the Sun in the Years 1723, 1736, 1743, and 1753." *Philosophical Transaction* 53 (1763): 158-169.
- Stachurski, Richard. *Longitude by Wire: Finding North America*. Columbia, S.C.: University of South Carolina, 2009.

Wargentín, Peter. "A Letter from Mr. Peter Wargentín, FRS Secretary to the Royal Academy of Sciences at Stockholm, to the Rev. Nevil Maskelyne, Astronomer Royal; Concerning the Difference of Longitude of the Royal Observatories at Paris and Greenwich [...]." *Philosophical Transactions* 67 (1777): 162-186.