

L'Extension de la Mériidienne

Nous sommes habitués à avoir des quantités mesurées de manière similaire en chaque lieu. Le mètre, le gramme, la seconde sont des unités parfaitement bien définies, avec une précision similaire en tout lieu et à tout moment. La situation était très loin d'être celle-ci à la Révolution. Les unités changeaient d'une région à l'autre, et même d'une corporation à l'autre. Il devenait essentiel de définir une unité ayant une valeur universelle pour chaque quantité physique. La Convention créa un *Comité des poids et mesures*, ayant pour membres de très grands savants de l'époque, comme Lavoisier, Borda, Condorcet et Laplace. Ces savants examinèrent toutes les possibilités qui s'offraient pour définir l'unité de longueur. Les Anglais avec le yard avaient choisi la longueur d'un pendule battant la seconde. Mais l'unité dépendait du lieu, en raison de l'aplatissement de la Terre. Si les Français avaient adopté cette définition, il y aurait eu un yard anglais et un yard français !

La détermination du mètre



Jean-Baptiste Delambre (1749-1822) - Pierre Méchain (1744-1804)

http://fr.wikipedia.org/wiki/Figure_de_la_Terre_et_m%C3%A9ridienne_de_Delambre_et_M%C3%A9chain

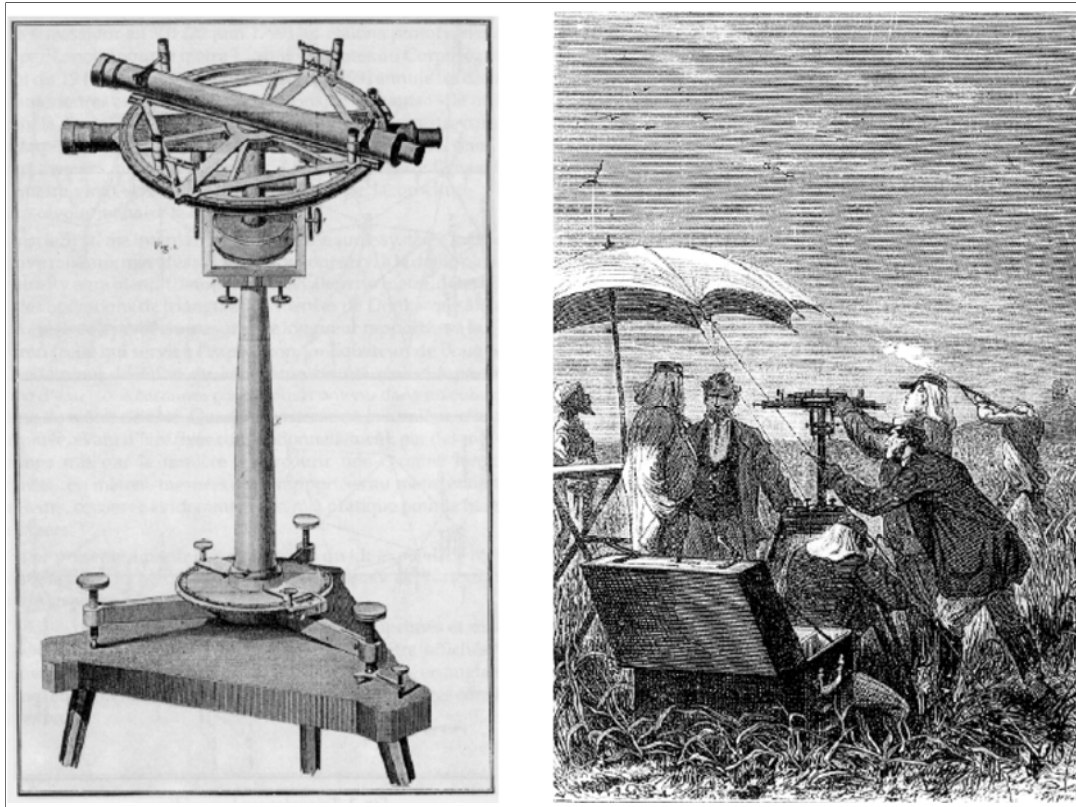
Le comité proposa alors de se référer à la Terre. Partout il était, en principe, possible d'en mesurer le rayon. Il y avait bien l'aplatissement, mais si l'on choisissait un quart de méridien, d'un pôle à l'équateur, les variations d'une longitude à l'autre devaient être très faibles, alors cette mesure devait fournir la mesure universelle, en conformité à l'esprit de la Révolution. Le mètre fut donc défini comme étant le quart du dix millionième du méridien terrestre. Tout le monde apprend cela à l'école. Encore fallait-il mesurer la longueur du méridien!



"La Mesure de la Terre", Paris, 1671.

http://www.obspm.fr/spip.php?page=article&id_article=2412

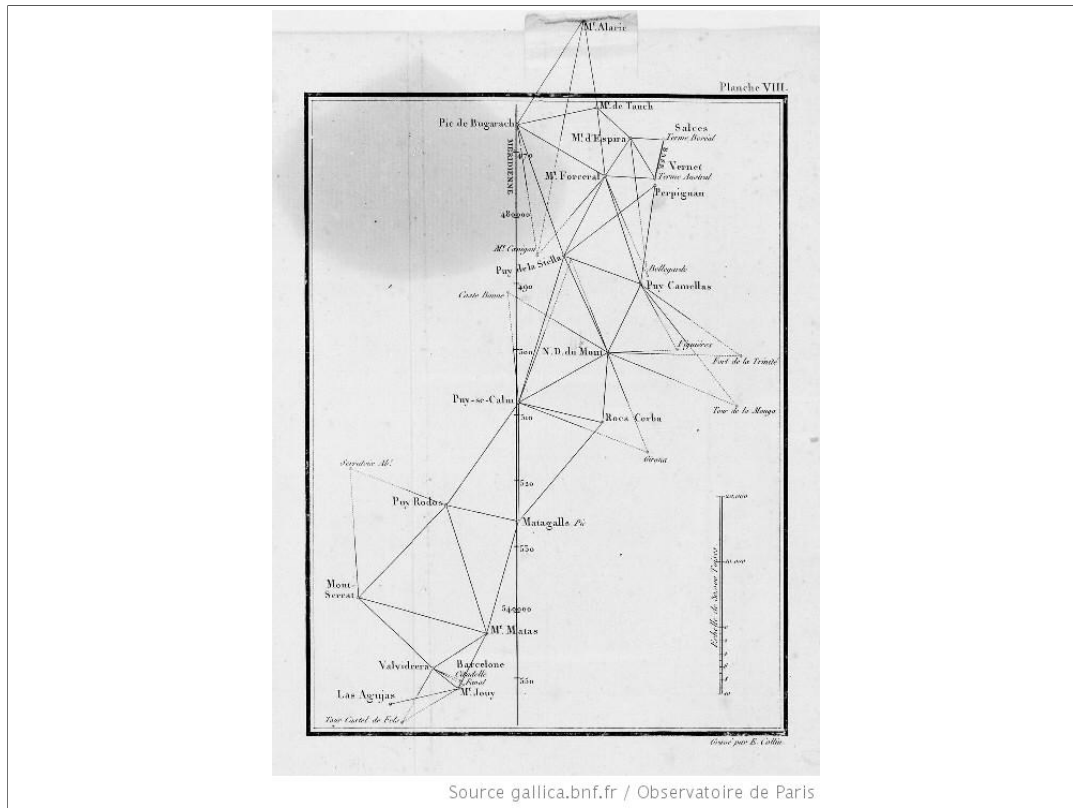
L'Histoire nous apprend que c'est le grec Eratosthène qui effectua la première mesure d'un arc de méridien entre Alexandrie et Thèbes, mesurant ainsi la taille de la Terre trois siècles avant JC avec une bonne précision. Il détermina aussi la distance de la Lune et du Soleil. La mesure du méridien de Paris fut effectuée sous Louis XIV en 1669 par l'abbé Picard, considéré comme le père de la géodésie moderne. Il fallait bien que le roi Soleil puisse connaître la dimension exacte de son royaume terrestre, bien sûr. La précision obtenue était de quelques millièmes. À la révolution, la dernière mesure remontait en 1739 par Cassini III de Thury, le troisième de la dynastie des Cassini à l'observatoire de Paris, et La Caille. Fallait-il refaire les mesures ? Pour donner plus de solennité à l'établissement du système métrique une nouvelle mesure, de Dunkerque à Barcelone, fut décidée. Rappelons que la France était en guerre, les monarchies voisines s'étaient liguées pour abattre la République, et pour éviter ainsi toute contamination. La bataille faisait rage dans les Flandres ; dans le Sud nous avons vu que les Espagnols cherchaient à pénétrer dans le Roussillon français. C'était donc une mission périlleuse qui fut confiée aux astronomes Jean-Baptiste Delambre et Pierre, André Méchain. Le premier fut chargé du méridien nord, à partir de Nevers, alors que le second devait faire la partie sud.



Cercle de Borda

<http://www.mysciencework.com/fr/MyScienceNews/6008/mesure-du-1er-metre-une-erreur-qui-changea-le-monde>

La mesure de la Méridienne consistait dans la mesure de plusieurs triangles adjacents le long du méridien de Paris. Il était facile de déterminer les angles sous lesquels on pouvait voir deux points éloignés sur le terrain. L'ensemble des mesures d'angle permettait d'obtenir un chaînage correct des triangles. Il suffisait ensuite de mesurer avec un étalon un côté pour que l'ensemble de la géométrie fût complètement défini. Une seule mesure de longueur permettait donc d'avoir l'ensemble des mesures des triangles sur la sphère terrestre. Il fallait ensuite positionner le méridien par rapport aux triangles sphériques. Ceci nécessitait des mesures de latitudes et de longitudes. Par des pointés astronomiques, il était possible d'obtenir les latitudes de manière précise. Pour les longitudes, les éphémérides de la Lune et des satellites de Jupiter pouvaient y pourvoir. L'astronome possédait toujours un chronomètre permettant de recouper ses mesures. Les géomètres obtenaient donc deux triangulations, l'une astronomique permettant de fixer les coordonnées géographiques classiques, latitudes et longitudes, l'autre géométrique beaucoup plus précise, et permettant d'obtenir les triangles sphériques. Il suffisait ensuite de raccorder les mesures les unes avec les autres pour obtenir une mesure précise de la Méridienne, donc du mètre.



Les triangles de Méchain

<http://images.math.cnrs.fr/Un-homme-a-la-mesure-du-metre-I.html>

Les astronomes devaient donc assurer des mesures astronomiques (latitude, longitude), et des mesures d'angle sur le terrain. Pour cela, il fallait se placer sur un lieu élevé, y faire un feu pour être repéré la nuit par son assistant. Situé sur une autre butte aussi éloignée que possible, lui-même devait avoir allumé son propre feu. Par déplacements successifs, la triangulation voulue était ainsi obtenue. Il fallait donc être en hauteur, pour être visible le plus loin possible, disposer de lunettes, faire des signaux la nuit. N'était-ce pas un comportement possible pour des espions. Le manège de Delambre d'abord, puis de Méchain quand il s'approcha de la frontière, parurent des plus douteux pour les populations et pour les autorités locales. Les savants eurent ainsi bien du mal, dans un climat d'espionnite aiguë et de justice sommaire, d'assurer leur mission. C'est au cours de ses premières observations en 1796 que Méchain fit connaissance avec François Bonaventure Arago, qui l'accueillit à Perpignan.

N ^{os} .	NOMS des stations.	Pages.	ANGLES observés.	EXCÈS sphérique.	ANGLES sphériques.	ANGLES des cordes.	ANGLES moyens.
34	Jonquières ... Dammartin ... St.-Martin ...	1	36° 15' 48" 57	— 0" 66	36° 15' 48" 57	15' 47" 91	15' 47" 77
		102	81° 18' 52" 89	— 1" 03	81° 18' 52" 89	18' 51" 86	18' 52" 09
		*	62° 25' 20" 94	— 0" 71	62° 25' 20" 94	25' 20" 23	25' 20" 14
			180° 0' 2" 40	— 2" 40	180° 0' 2" 40	0' 0" 0	0' 0" 0
35	St.-Martin ... Dammartin ... Panthéon ...	97	76° 2' 30" 83	— 0" 72	76° 2' 31" 25	2' 30" 53	2' 30" 66
		103	57° 20' 17" 99	— 0" 57	57° 20' 18" 42	20' 17" 85	20' 17" 82
		106	46° 37' 11" 69	— 0" 50	46° 37' 12" 12	37' 11" 62	37' 11" 52
			180° 0' 0" 51	— 1" 79	180° 0' 1" 79	0' 0" 0	0' 0" 0
	Somme des erreurs . . .		— 1" 28				

Tableau d'angles tiré de la Base du système métrique décimal, tome premier
<http://images.math.cnrs.fr/Un-homme-a-la-mesure-du-metre-I.html>

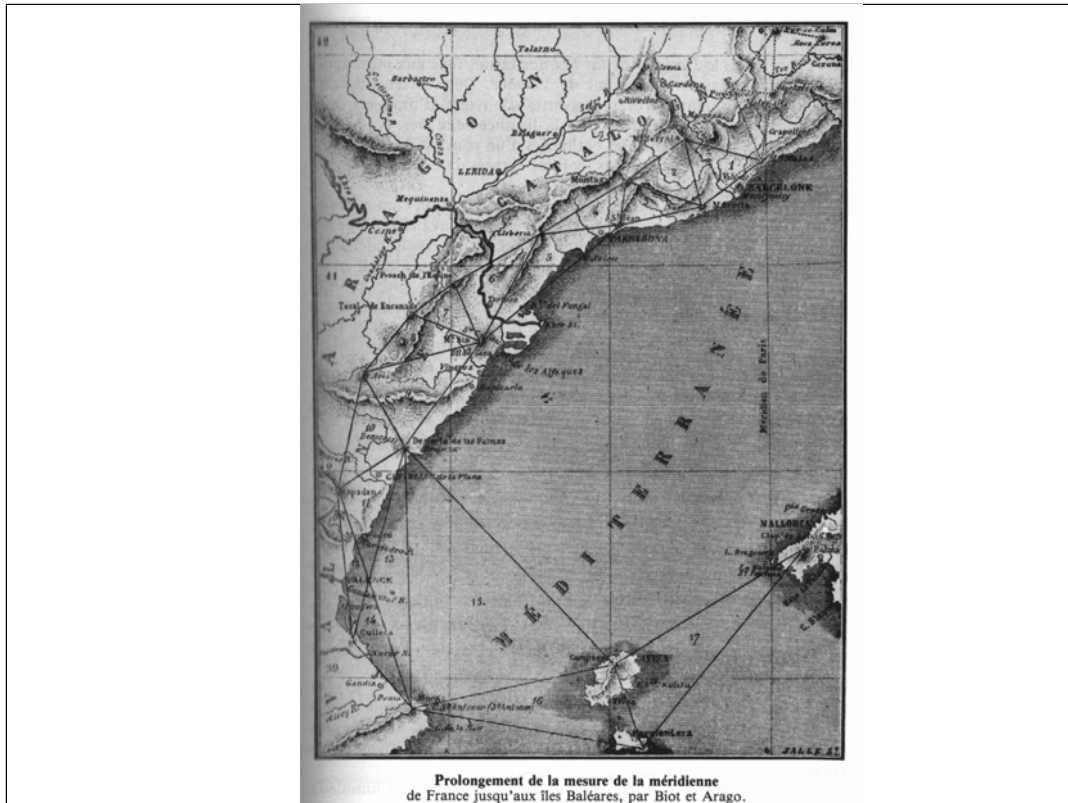
La triangulation assurée par les deux savants a conduit au mètre étalon en 1798. La partie mesurée par Méchain n'a été complétée en fait qu'un peu plus tard. D'après D.Guedj cet astronome fut très profondément préoccupé par une mesure anormale de latitude faite, par acquis de conscience, à la citadelle de Barcelone. De honte d'avoir pu fausser la détermination du mètre il ne voulut plus revenir à Paris. Il proposa alors d'étendre la mesure jusqu'aux îles Baléares. En vagabondant en Catalogne pendant sa triangulation, il s'était rendu compte de la possibilité de voir ces îles de la côte catalane. La mesure d'un arc plus grand apportait bien sûr une amélioration de la précision sur la valeur du mètre, mais aussi elle conduisait à réduire l'erreur due à l'aplatissement de la Terre. En effet, Laplace avait montré que la longueur d'un arc centré sur la latitude 45° (Bordeaux) était insensible à l'aplatissement. C'était pourquoi la mesure aux Baléares était essentielle.

Une paix précaire s'était installée entre la France et l'Espagne, et le BdL accepta la proposition de Méchain et lui finança sa mission. Mais cet astronome avait trop souffert lors de ses premières mesures. Il avait été accidenté auparavant et il était resté longtemps dans un état comateux. Ce travail était au-dessus de ses capacités physiques. En 1803 Méchain mourut en Catalogne, sans avoir achevé sa mission. Il avait été hébergé à nouveau par le père d'Arago. Voyant partir François passer le concours d'admission à L'École Polytechnique, Méchain avec franchise ne lui recommanda pas la carrière des sciences, l'estimant trop difficile et pleine de déceptions. L'extension de la Méridienne restait donc à faire. Le fils de Méchain était le secrétaire-bibliothécaire de l'Observatoire, mais il n'avait pas reçu en héritage les goûts de son père pour l'astronomie. Il démissionna peu de temps après la mort de son père. Et c'est cet emploi qui fut proposé à Arago.

Départ pour l'Espagne

Laplace accueillit donc avec ardeur le projet et fit obtenir rapidement les fonds nécessaires. Le temps de réunir toutes les autorisations indispensables, voilà les jeunes gens partis pour la Catalogne, française pour commencer. Ainsi François Arago en profita pour embrasser sa famille qu'il n'avait pas vue depuis de nombreuses années.

Dix-sept triangles devaient être mesurés par Biot et Arago. Certains étaient communs à la triangulation réalisée par Méchain. La partie sud était totalement nouvelle, elle se situait complètement en Espagne. Les astronomes étaient accompagnés par deux commissaires espagnols, Rodriguez et Chaix. Arago, de son origine, parlait parfaitement catalan, ce qui lui permit de circuler sans trop de difficultés dans cette région.



L'extension de la méridienne de Paris

Œuvres complètes

En octobre 1806, le Consul de France de Valence leur annonça la nouvelle de la guerre entre la France et l'Espagne. La nouvelle était fautive, néanmoins la situation des Français était très difficile, dans un milieu hostile. La situation était compliquée par les animosités entre les Valenciens, les Aragonais et les Catalans. Dans son autobiographie, Arago raconte qu'il pactisa avec le chef des bandits du coin, en l'abritant un soir d'orage, ce qui l'aïda à survivre isolé sur la montagne.

Finalement fin 1807, Biot revint à Paris en laissant Arago terminer les mesures aux îles Baléares. Au printemps 1808 L'entrée des troupes françaises en Espagne rendit la situation d'Arago encore plus précaire.



Maison d'Arago à Formentera où il fit les dernières mesures de triangulation

<http://www.meridiennedefrance.com/>

« Les feux qu'il allumait sur la montagne étaient pris pour des signaux aux bateaux impériaux. Le bruit se répandit dans la population que je m'étais établi là pour favoriser l'arrivée de l'armée française, et que tous les soirs je lui faisais des signaux. » Au début juin 1808, Arago ne dut sa survie qu'en courant se porter prisonnier à la prison de Palma : *« .. la populace m'aperçut, se mit à ma poursuite, et ce n'est qu'avec beaucoup de peine que j'atteignis Belver sain et sauf. Je n'avais, en effet, reçu qu'un léger coup de poignard à la cuisse. On a vu souvent des prisonniers s'éloigner à toutes jambes de leur cachot ; je suis le premier, peut-être, à qui il ait été donné de faire l'inverse. »* Il y rejoignait un officier français, Berthémie, avec lequel il allait partager une année d'odyssée dans cette région de la Méditerranée.

L'Odyssée d'Arago



De Majorque à Alger

La presse locale diffusa un récit du supplice de MM. Arago et Berthémie, ce qui n'était guère encourageant. Mais Rodriguez alla chez le capitaine général et le persuada de faire évader les deux hommes. Le 28 juillet, l'opération fut exécutée. Un petit bateau les attendit et mit le cap sur Alger.



<http://fr.wikipedia.org/wiki/Alger>

Tableau d'Alger du temps de la régence

Il y arriva le 3 août. La ville était alors placée sous la responsabilité d'un dey, assurant la régence du sultan de Turquie. Après un débarquement mouvementé, en raison de l'opposition d'un ingénieur espagnol, Arago et Berthémie furent reçus par le consul de France, qui leur procura des passeports hongrois, on ne savait jamais, car il valait mieux être d'une nationalité hors de l'Empire français. Ils repartirent le 13 août en direction de Marseille, en compagnie très hétéroclite : un capitaine grec, une famille juive, des marchands marocains et un capitaine norvégien. En outre, le bateau transportait deux lions et quelques singes, présents du dey à l'empereur Napoléon.

Nouvelle Captivité en Espagne



Le 16 août, alors qu'ils étaient dans le golfe de Lyon, pas loin de Marseille, le navire fut intercepté par un corsaire espagnol de Palamos, qui les fit prisonniers et ramenèrent l'ensemble dans la ville de Rosas, en quarantaine dans un moulin. Les Espagnols, interrogeant Arago, soupçonnèrent sa nationalité française, mais le savant répondirent dans de nombreuses langues. Il essaya, sans succès, d'utiliser un sauf-conduit anglais auprès d'un capitaine anglais. De leur prison il pouvait apercevoir la frontière française *« et je me disais : si je me déplaçais de quelques centaines de mètres, je serais entouré de camarades, d'amis, de citoyens, qui me serreraient affectueusement les mains ; ici, sans qu'on puisse m'imputer aucun crime, je vais, à vingt-deux ans, recevoir la mort. »*

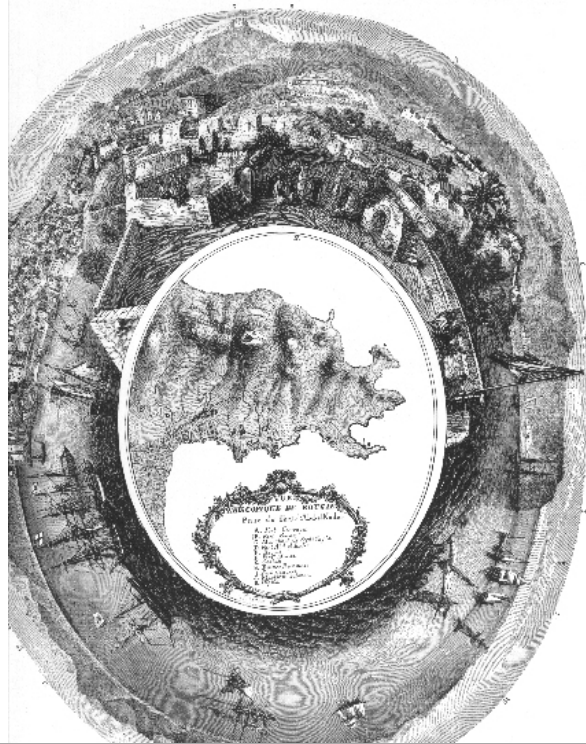


Plage, Port, l'Église de Santa Maria de Palamós

<http://blog.costabravas.fr/plage-grande-de-palamos/>

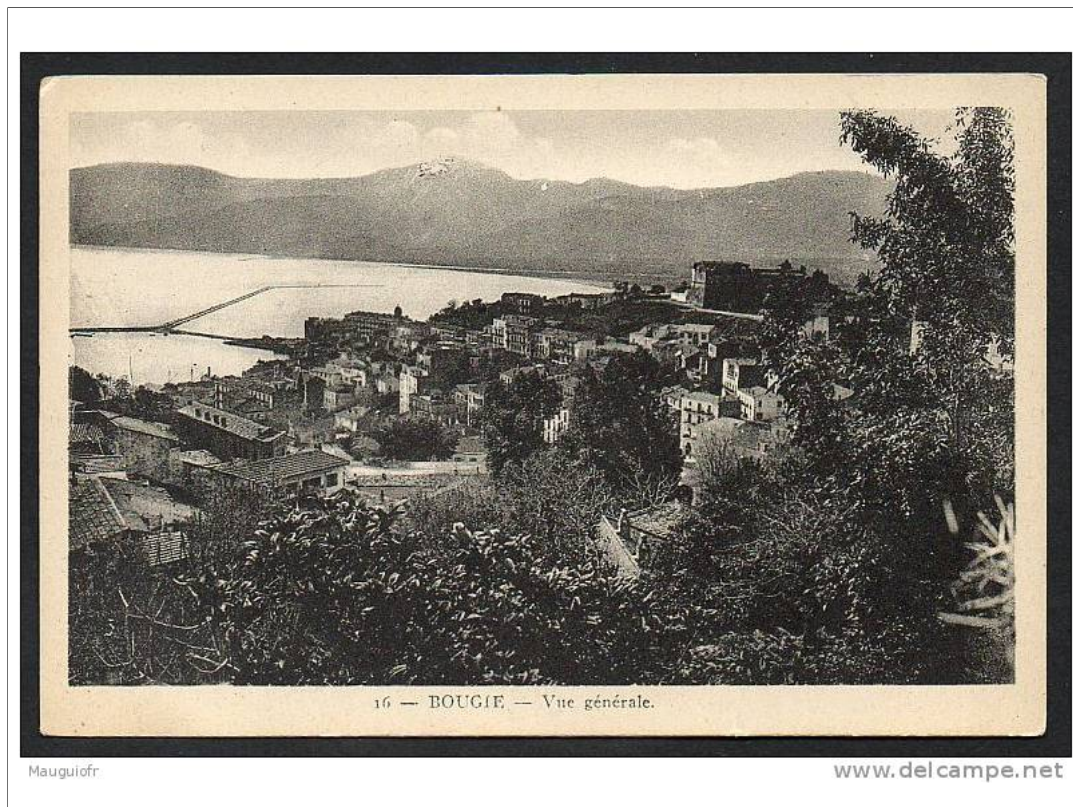
Au milieu des autres captifs originaires de la régence, la situation des deux français fut de plus en plus difficile. Manquant d'argent, Arago vendit la montre que son père lui avait donnée. Passant de main en main, elle finit par être aperçue, quelques temps après, par son père visitant des prisonniers espagnols, pour avoir des nouvelles de son fils : « *Mon bon père vit dans ce fait la preuve de ma mort et tomba évanoui.* » La ville de Rosas tombant aux mains des Français, Arago et Berthémie suivirent, comme prisonniers, l'armée espagnole. L'argent de la montre étant dépensé, ils arrivèrent à survivre avec l'aide de la mère du futur Louis-Philippe, et d'un Français anonyme. Mais, pendant leur quarantaine, Arago avait écrit au dey d'Alger en lui faisant part de l'arraisonnement du bateau, et de la mort d'un des lions. Ceci mit le dey dans une grande fureur, et il menaça de déclarer la guerre à l'Espagne si le bateau, la marchandise et les personnes transportées n'étaient immédiatement relâchés. C'est ainsi que le 28 novembre 1808 le bateau mit de nouveau le cap sur Marseille.

Retour imprévu en Algérie



Seulement, la Méditerranée est une mer capricieuse, Ulysse en avait fait l'expérience trois mille ans plus tôt. Alors qu'Arago et Berthémie apercevaient les collines qui entouraient Marseille, un Mistral violent les renvoya tout droit en Afrique, et ils abordèrent le 5 décembre 1808 à Bougie, ville située à l'est d'Alger, au-delà de la Kabylie.

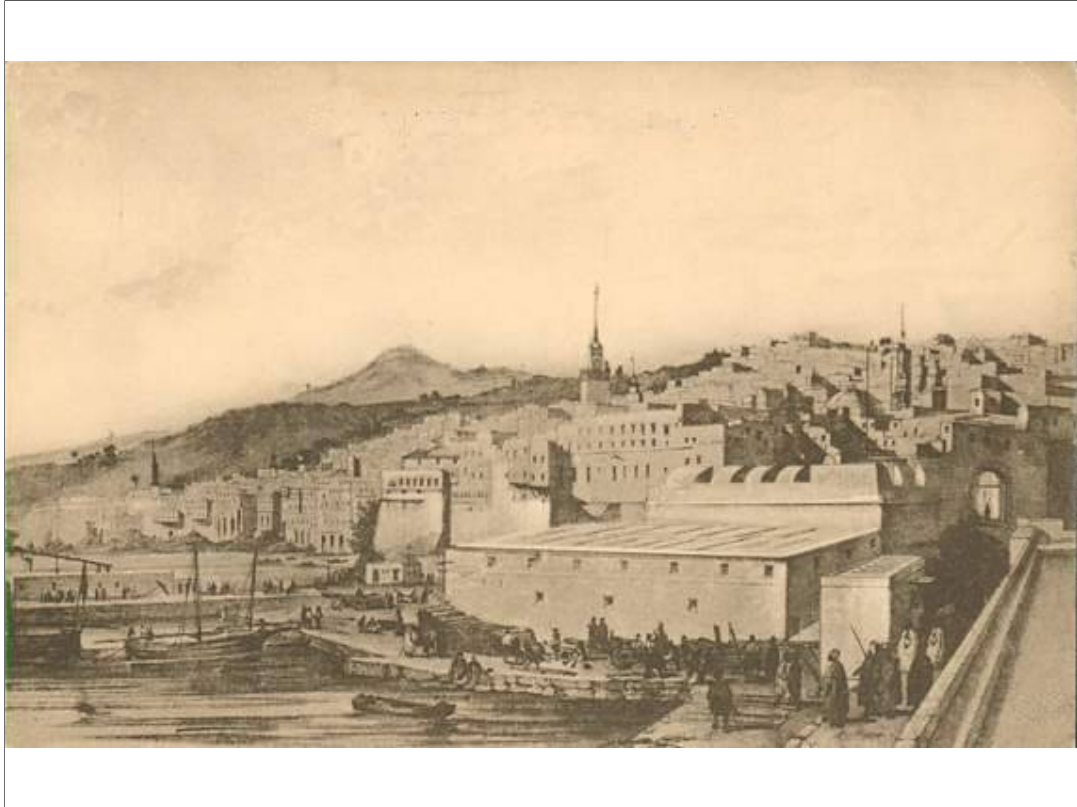
La ville de Bougie est une ville très ancienne. Bien connue pour l'invention de la bougie, c'est dans cette ville que le mathématicien italien Fibonacci a pris connaissance des travaux arabes en algèbre, avant de les transmettre aux Européens.



Vue générale de Bougie (Béjaia)

<http://www.delcampe.fr/page/item/id,150377180,var,CPA-ALGERIE-BEJAIA-BOUGIE-VUE-GENERALE,language,F.html>

Or ce port est bloqué pendant l'hiver, ne disposant que de petits esquifs incapables de naviguer par forte houle. Arago décide alors, malgré les recommandations de la population locale, de rejoindre par terre Alger : « *Je veux me rendre à Alger par terre. Cet homme [le caïd de la ville], tout effrayé, s'écria : je ne puis vous le permettre ; vous seriez certainement tué en route ; votre consul porterait plainte au dey, et je serais décapité.* » Arago et Berthémie lui signent une décharge, au cas où : « *Nous, soussignés, certifions que le caïd de Bougie a voulu nous détourner de nous rendre à Alger par terre ; qu'il nous a assuré que nous serions massacrés en route ; que, malgré ses représentations vingt fois renouvelées, nous avons persisté dans notre projet. Nous prions les autorités algériennes, particulièrement notre consul, de ne pas le rendre responsable de cet événement, s'il arrive. Nous le répétons de nouveau, c'est contre son gré que le voyage a été entrepris. Signé : Arago et Berthémie.* »



Port et Kasbah d'Alger vers 1830

http://algerazur.canalblog.com/albums/photos_anciennes/photos/18446043-port_et_casbah_alger_1830.html

C'est un voyage très dangereux, même pour les Arabes. Il accompagne une caravane et arrive le 25 décembre à Alger, non sans avoir eu en route quelques frayeurs. Mais la situation dans la Régence avait changé. « *En février 1809, le nouveau dey, le successeur de l'épileur de corps morts, peu de temps après être entré en fonctions, réclama de deux à trois cent mille francs, je ne me rappelle pas exactement la somme, qu'il prétendait lui être due par le gouvernement français.* » Le consul Dubois-Thainville refusant catégoriquement, le Dey déclara la guerre et fit mettre en prison les Français. C'est ainsi qu'Arago fut inscrit au bagne d'Alger pendant quelques mois, mais il n'y alla que virtuellement. En réalité, il put être assez libre de ses mouvements à l'intérieur de la Régence d'Alger. Toutefois sa situation matérielle fut très difficile, ne disposant pas de ressources, et le consulat ne pouvant guère l'aider.

Otage à Alger et retour à Marseille



Horace Vernet

Entrée du port de Marseille

Les relations commerciales étant coupées entre la régence et l'Empire, la communauté juive d'Alger souffrait de cette situation. Leurs biens dans l'Empire français avaient été saisis, et le consul n'eut pas de difficulté pour les convaincre de payer la rançon. Le 21 juin 1809, Arago quitta Alger avec le consul et la plupart des Français présents à Alger. Le conflit financier empira avec le temps, et conduisit au débarquement des troupes françaises et à la prise d'Alger en 1830.

Le navire eut quelques difficultés à atteindre Marseille, en raison des navires ennemis qui patrouillaient dans le secteur. Et ils finirent par atteindre le Vieux-Port le 2 juillet 1809. Plus d'un an après son emprisonnement à Palma de Majorque.

La Consécration



Alexander Humboldt

http://fr.wikipedia.org/wiki/Alexander_von_Humboldt

La nouvelle du retour de François Arago à Marseille fit l'effet d'une bombe dans les milieux scientifiques parisiens. Tous considéraient qu'il avait dû périr à Rosas. Sa montre avait bien été retrouvée dans les mains d'un prisonnier espagnol. Le récit de sa pendaison avait circulé, avec des détails de plus en plus précis. C'était un véritable miracle que l'Astronome eut pu se sortir vivant de cette aventure. D'autant plus que les savants ignoraient une grande partie de son odyssee !

Arago, retenu en quarantaine au Lazaret, comme le voulait la règle, put correspondre avec sa famille, ses amis et le BdL. Il reçut une lettre très chaleureuse de celui qui devint l'un des ses plus grands amis et admirateurs, Alexandre de Humboldt. Ce savant aristocrate prussien, membre de l'Institut, avait suivi de manière étroite la Révolution. Il aimait l'atmosphère de Paris et les débats à l'Institut. Grand voyageur, il avait parcouru la planète, et il avait fait de nombreuses découvertes dans tous les domaines qui touchaient la nature. Il est passé à la postérité avec le *courant de Humboldt*, eaux froides qui remontent la côte du Chili, dont on parle régulièrement à propos du phénomène *El Niño*.



Jean-Louis Pons (1761-1831)

<http://astro2009.futura-sciences.com/astronomie/2009/07/11/11-juillet-1801-pons-decouvre-sa-premiere-comete/>

Au Lazaret Arago reçut aussi la visite du concierge de l'Observatoire de Marseille, un certain Pons, qui devint par la suite l'un des plus grands découvreurs de comète du siècle, et directeur de l'observatoire de Florence.

Après un passage à Perpignan dans sa famille, Arago revint triomphalement présenter ses dernières mesures au BdL. En effet, pendant toutes ses aventures, il avait gardé sur lui l'ensemble des mesures et des calculs réalisés pour la conclusion du travail sur la Méridienne.

Election à l'Académie des Sciences



L'institut de France

<http://www.paris-album.net/photo/paris-102-0-Institut-de-France.html>

Entre temps, Lalande était mort et un poste était libre à l'Institut et Laplace le réservait pour le géomètre Denis Poisson. Les astronomes n'étaient pas d'accord, et lui préféraient Arago. Laplace rétorqua qu'il n'avait que vingt-trois ans et qu'il n'avait pas encore fait ses preuves. Arago alla lui rendre visite et lui expliqua ce qu'il avait accompli dans la période précédent son départ pour la Catalogne. Certes Laplace trouva que cet ensemble de travaux était fort prometteur d'une grande carrière scientifique, mais que ce n'était pas l'œuvre accomplie. C'est Lagrange qui donna l'estocade en déclarant « *Vous-mêmes, Monsieur de Laplace, quand vous entrâtes à l'Académie, vous n'avez rien fait de saillant ; vous donniez seulement des espérances. Vos grandes découvertes ne sont venues qu'après.* » Avec le soutien également de Delambre, de Legendre et de Biot, Arago fut élu avec 47 voix, contre 4 pour Poisson. Arago regretta amèrement de ne pas avoir eu celle de Laplace. Poisson devint académicien peu de temps après avec un siège de géomètre, sa fonction.

La Société d'Arcueil

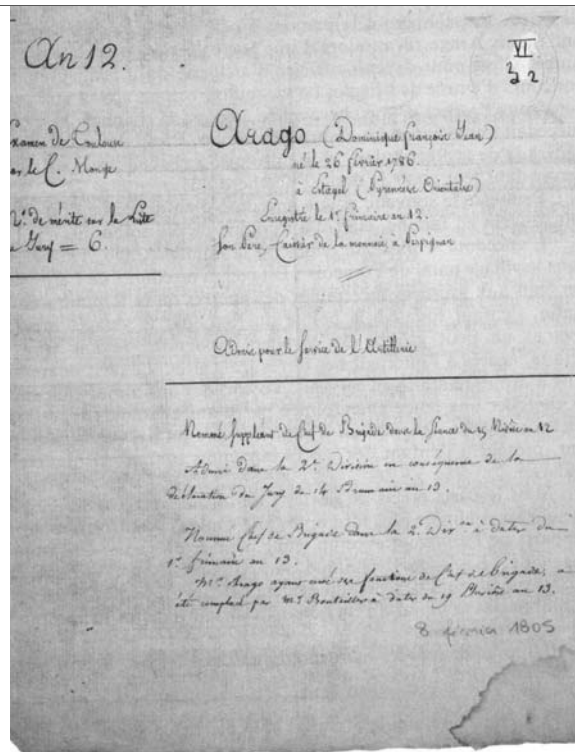


La Société d'Arcueil

Arago entra ainsi dans le sérail de la science française. Il fut nommé parallèlement astronome adjoint du BdL et fut accueilli dans la Société d'Arcueil. Laplace et le chimiste Berthollet avaient acheté deux propriétés mitoyennes à Arcueil, dans la banlieue, à la campagne pour l'époque. Ils avaient eu l'idée de pratiquer une ouverture entre elles et de recevoir en commun la bonne société des scientifiques de l'époque. La Société d'Arcueil était un lieu de débats passionnés réunissant les grandes sommités scientifiques. La Société diffusait des comptes-rendus, pouvant recevoir des notices sur divers sujets scientifiques. C'était donc un salon actif, auquel il était bon d'appartenir. De nombreux savants vinrent à Arcueil, soit en visite parler de leurs travaux, soit en tant que membres actifs.

Dans sa notice sur Malus, Arago donna la liste suivante des membres de la Société d'Arcueil : Laplace, C.L. Berthollet, Biot, Gay-Lussac, Humboldt, Thénard, de Candolle, Collet-Descostils, A.B. Berthollet, Malus, Arago, Bérard, Chaptal, Dulong et Poisson.

L'armée le rappelle



Fiche signalétique d'Arago (1803-1805). (Archives de l'École polytechnique.)

Fiche signalétique d'Arago à l'école polytechnique

Arago avait quitté l'École Polytechnique tout en restant élève. À son retour, tout en étant élu à l'Académie des Sciences, il était resté dans cette condition, et il fut tout naturellement appelé à aller servir dans l'armée. Arago proteste estimant qu'avec sa mission sur la méridienne il avait bien servi la nation, et qu'étant devenu académicien, astronome-adjoint du BdL et professeur à l'École Polytechnique, il était préférable pour l'Empire qu'il resta à Paris pour assumer ses fonctions.

Le nouveau commandant de l'école ne l'entendit pas ainsi, il le convoqua au départ des conscrits. Arago menaça d'y aller en uniforme d'académicien. Finalement, l'armée recula et Arago put poursuivre ses travaux de recherche.