



L'observatoire de Paris en 1829 - Source Gallica : dessin de Frederick Nash.

## François Arago

### Astronome, physicien expérimentateur et politique

La famille Arago fait partie de ce qu'on appelle une dynastie républicaine qui a fourni des représentants à diverses époques, en particulier aux temps difficiles des II<sup>ème</sup> et III<sup>ème</sup> républiques. Mais l'un de ses membres, François Arago (1786-1853), s'est aussi illustré comme l'une des figures majeures de la science de la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. Ce n'était pas facile car l'époque avait produit une quantité incroyable de scientifiques et d'ingénieurs de premier plan et François Arago a su avec intelligence et générosité faire partie de ce monde.

#### Marc Leconte

Membre émérite de la SEE

#### L'enfance et l'éducation sous l'empire

François Arago naquit à Estagel situé à 25 km de Perpignan, le 26 février 1786, second de huit enfants vivants, trois étant morts prématurément. Il fréquenta l'école primaire de son village. Son père François Raymond Bonaventure Arago qui était un paysan instruit fut impliqué dans la Révo-

lution notamment parce qu'il contribua à la rédaction des cahiers de doléances de la commune, élu maire puis juge de paix et membre du directoire exécutif du département dont il devint président après la Terreur. Après sa nomination comme Trésorier de la monnaie, la famille alla résider à Perpignan et François devint élève externe au collège puis à l'école centrale qui venait d'être créée. Il n'était pas attiré

par la culture classique et semblait peu discipliné car il négligeait les thèmes et les versions.

Une rencontre sur les remparts de Perpignan avec un jeune officier sorti de l'École polytechnique va alors déterminer son avenir car il apprit qu'il était possible sans recommandation d'entrer à l'École polytechnique après un examen et de

gagner ainsi des galons. Il se procura aussitôt le programme de l'examen et se prépara seul. Son esprit actif et scientifique avant la lettre était excité face à la difficulté d'une telle tâche. Pour travailler les mathématiques nécessaires au concours, faute de professeurs de niveau suffisant, il se pencha seul sur les ouvrages de Lagrange, Euler et Laplace. À 16 ans, âge réglementaire pour concourir, Arago partit pour Montpellier mais il n'eut pas de chance car son examinateur, malade, dut retourner à Paris et il dut attendre l'année suivante en 1803 pour concourir. Cette fois, il fut tellement brillant lors de l'examen d'entrée à Toulouse qu'il fut reçu premier parmi les élèves qui se destinaient à l'artillerie. Son examinateur était le mathématicien Legendre dont Arago connaissait les œuvres. A Paris, Arago habita chez un ami de son père, Jean Nicolas Hachette, qui était professeur de géométrie. Il rencontra Siméon Denis Poisson qui habitait à proximité et qui le précéda de quelques années à Polytechnique. Sur les conseils de ce dernier et de Laplace, Arago quitta l'école avant la fin de la seconde année pour devenir secrétaire bibliothécaire du Bureau des longitudes.

## A l'observatoire

Nommé le 25 janvier 1805 tout en demeurant inscrit sur la listes des élèves de Polytechnique, Arago était logé à l'observatoire de Paris et fréquentait régulièrement Laplace dont il admirait la science mais le trouvait mesquin dans la vie quotidienne. Il avait également comme collègue, Jean Baptiste Biot, brillant mathématicien qui était astronome au Bureau des longitudes. Ce dernier remarqua ses capacités et lui proposa de prendre la suite des travaux géodésiques de Méchain en Espagne et de reprendre l'entreprise de la détermination exacte du mètre en complétant le réseau de triangles qui devait servir à la mesure du degré terrestre (figure 1).

Arago raconta que Biot et lui persuadèrent Laplace de continuer des travaux de triangulation interrompus par la mort

de Méchain en 1804 et d'y ajouter des mesures de gravité à l'aide d'un pendule. Laplace obtint le financement de l'expédition auprès de l'Empereur ce qui permit à Biot et Arago d'effectuer le voyage en Catalogne le 3 septembre 1806, accompagnés d'un étudiant et d'un commissaire espagnol. Les mesures furent difficiles à effectuer en raison de divers impondérables liés aux vicissitudes politiques et aux ennuis rencontrés avec la population. En 1807 Biot dut revenir en France et Arago poursuivit les mesures mais, au printemps 1808, ce fut la guerre avec l'entrée des troupes françaises en Espagne ce qui rendit la situation d'Arago problématique. Il s'ensuivit une odyssée au cours de laquelle Arago, emprisonné par les espagnols, s'évada en embarquant pour Marseille sur un bateau qui fut intercepté par un corsaire espagnol qui libéra le navire après trois mois. En route pour Marseille, une violente tempête repoussa le bateau sur les rives de l'Afrique du nord. Finalement ayant rejoint Alger,

Arago put à nouveau embarquer en direction de Marseille qu'il atteignit le 2 juillet 1809 soit près de trois années après avoir quitté Paris. Il avait gardé durant tout son périple ses instruments et ses mesures contribuèrent à son élection à l'institut, nom provisoire de l'académie des sciences le 18 septembre 1809 à l'âge de 23 ans. Cette nomination lui permit de fréquenter les brillants salons parisiens où il rencontra Lucie Carrier-Desombre qu'il épousa le 11 septembre 1811.

## Professeur à Polytechnique

Gaspard Monge alors âgé de 64 ans était alors professeur d'analyse appliquée à la géométrie à l'Ecole polytechnique et voyant sa santé décliner cherchait un suppléant. Son choix se porta sur Arago qui donna son premier cours le 26 octobre 1810. En 1812 il fut nommé professeur adjoint étant distingué encore une fois par Monge. En 1816 il accéda au titre de ●●●

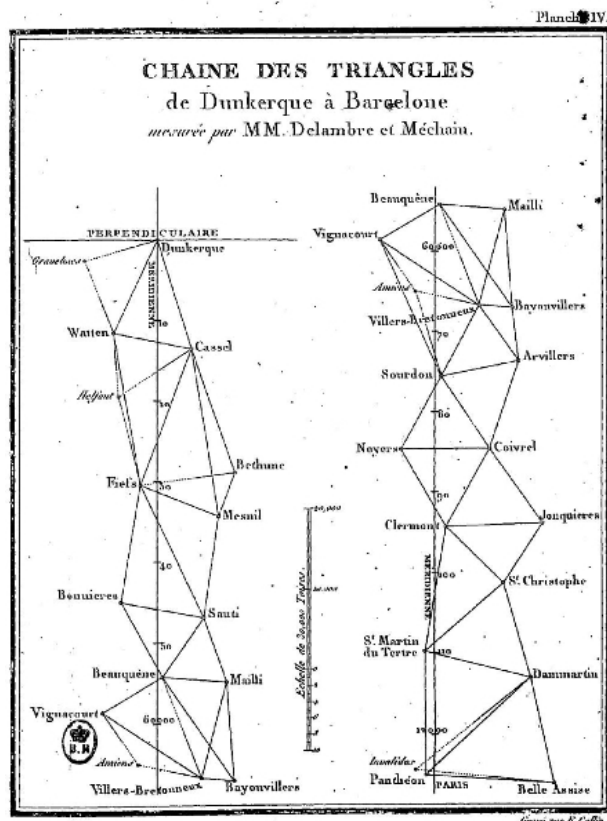


Figure 1 : La triangulation de Méchain et Delambre.



Figure 2 : Arago académicien.  
Source <https://www.europeana.eu/>

●●● professeur. En plus du cours d'analyse que pratiquait Monge, Arago enseignait une discipline nouvelle qui appliquait le calcul des probabilités développé par Laplace à la démographie et à l'économie. En fait les statistiques provoquaient un réel engouement mais l'enseignement d'Arago restait assez élémentaire. Arago donnait aussi un cours de machine. La description et le fonctionnement de diverses machines accompagné des épures de géométrie descriptive donnaient aux élèves des rudiments de dessin industriel. L'expérience de ce cours donna à Arago l'occasion d'écrire une notice historique sur les machines à vapeur.

## L'académicien et le politique

Arago dans les années 1820 était un scientifique de renom et influent qui à la mort de Laplace fut élu secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques de l'Académie des sciences, le 7 juin 1830 (figure 2). Après la révolution de 1830, Arago ne voulant pas cumuler avec la fonction de secrétaire de l'Académie, donna sa démission de professeur à Polytechnique. Très en vue par le nouveau pouvoir issu de la Révolution de juillet, Arago fut chargé d'une réorganisation de l'Ecole polytechnique. Il souhaitait le rattachement de l'école au ministère de la guerre et l'encasernement des élèves.

**“ La monarchie fut renversée le 24 février 1848 et la II<sup>ème</sup> république proclamée. Un gouvernement provisoire fut nommé et Arago obtint le ministère de la marine et des colonies qui était selon Lamartine sa place naturelle compte tenu de sa science et de son autorité.”**

Il continua à participer au conseil de perfectionnement de l'école jusqu'à la fin de sa vie.

Les travaux en astronomie faisaient partie de ses activités et il était surtout connu comme tel après la disparition de Laplace. Il résidait à l'observatoire, participait aux observations et était fréquemment chargé de mission par le Bureau des longitudes. L'autre raison de sa démission de professeur tenait à son entrée en politique. Opposé à Napoléon, il s'était rallié à la monarchie constitutionnelle mais il n'entra en politique qu'en 1830, d'abord comme conseiller élu de Paris puis en se présentant à la chambre des députés en 1831 dans l'arrondissement de l'observatoire ainsi que dans son département natal des Pyrénées orientales car la Constitution le permettait alors. Il fut élu dans ces deux circonscriptions et le restera durant vingt-cinq ans. Affichant d'abord un soutien modéré au pouvoir monarchique, il évolua vers l'opposition comme député pour rejoindre le camp des républicains. Il milita pour une réforme électorale qui visait à abandonner le suffrage censitaire au profit du suffrage universel. Il militait également pour un progrès social par la réorganisation du travail afin de donner de meilleures conditions aux ouvriers.

## La révolution de 1848 et la fin de sa vie

La monarchie fut renversée le 24 février 1848 et la II<sup>ème</sup> république proclamée. Un gouvernement provisoire fut nommé et Arago obtint le ministère de la marine et des colonies qui était selon Lamartine sa place naturelle compte tenu de sa science et de son autorité. En tant que ministre, Arago prit des mesures sociales et il signa

un décret le 27 avril 1848 d'abolition de l'esclavage dans les colonies. Il resta ministre de la marine pendant près de trois mois et réussit à engager une refonte progressive de la marine de guerre, passant de la voile à la vapeur. Arago au cours de ces événements vit se réaliser son rêve de l'instauration du suffrage universel avec l'élection de l'assemblée constituante le 23 avril 1848. Il fut élu une fois de plus à la fois dans les Pyrénées orientales et à Paris, circonscription qu'il choisit.

L'assemblée constituante créa une commission exécutive de cinq membres qui désignèrent des ministres. L'élection se déroula le 5 mai et c'est Arago qui arriva en tête et à qui revenait la présidence de la commission devenant ainsi Chef de l'état pour sept semaines. La commission commit alors une erreur en décrétant la dissolution des ateliers nationaux parisiens. Cette mesure déclencha une insurrection dont Arago fut rendu responsable surtout après que le général Cavaignac, chargé de rétablir l'ordre, eut écrasé brutalement l'insurrection. La commission fut obligée de démissionner et Cavaignac assura le pouvoir exécutif avant l'élection du président de la république du 10 décembre 1848 qui vit la victoire de Louis Napoléon Bonaparte. Très affecté par les événements, Arago se retira à l'observatoire alors qu'il souffrait de diverses maladies qui l'affaiblissaient. Pour lui la politique s'acheva avec un dernier mandat de député en 1849. Il se réfugia ensuite dans la science. Il continua d'être le secrétaire perpétuel de l'Académie, à faire des rapports et des communications. Son état de santé s'aggrava progressivement et il se rendit à l'académie pour la dernière fois le 22 août 1853 puis, après un voyage dans sa région natale, il s'éteignit

le 2 octobre 1853 à l'observatoire. La mort d'Arago provoqua une grande émotion et de manière exceptionnelle l'Académie suspendit sa séance le lendemain de son décès. Sa notoriété était telle que le pouvoir fut obligé d'organiser des funérailles solennelles.

## L'œuvre scientifique

Il n'existe pas d'équation, de formule, de loi ou encore de théorème d'Arago comme c'est le cas pour beaucoup de scientifiques qu'il a fréquentés dans cette première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. Mais Arago était doté d'une immense culture scientifique doublée d'une grande curiosité intellectuelle qui comprenait des centres d'intérêt très variés tels que l'astronomie, la géophysique, l'optique ou l'électromagnétisme. Il était surtout un passeur de science, très bon expérimentateur, capable d'imaginer des expériences heuristiques et pertinentes, davantage qu'un théoricien de la physique. Son caractère généreux et ouvert fit qu'il collabora et se lia d'amitié avec de grands noms de l'époque tels que Fresnel, Ampère ou Alexandre von Humboldt. Nous allons examiner quelques domaines dans lesquels sa contribution fut importante.

### La polarisation de la lumière

Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle et cela a été plusieurs fois évoqué dans les « Retour sur » consacrés dans cette revue à Laplace, Poisson ou Fizeau, il existait deux conceptions théoriques de la lumière. La première, celle de Newton, défendait l'idée que la lumière était constituée de corpuscules alors que Huygens pensait que les phénomènes lumineux étaient la propagation de la vibration d'un éther qui remplissait tout l'espace. En France, la grande majorité des scientifiques, à cause de l'immense notoriété de Newton, se rangeait derrière la conception corpusculaire bien que cette dernière semblait de plus en plus attaquée par nombre d'expériences dont la plus célèbre était celle des fentes de Young dont les interférences caractérisaient la signature ondulatoire de la lumière. La lumière

présentait également une autre caractéristique qui était sa polarisation. Le spath d'Islande était un cristal transparent qui décomposait un rayon en deux faisceaux polarisés mais si on utilisait ces propriétés, on ne les comprenait pas. En 1808, Etienne Louis Malus découvrit la polarisation par réflexion en observant le soleil. Arago fit un compte rendu des observations de Malus qui l'intéressaient et les exposa à l'Académie des sciences. Il se lia d'amitié avec Malus qu'il poussa à se présenter à l'Académie où il fut élu en 1810 mais il mourra prématurément de la tuberculose deux ans après à 37 ans. Arago avec Jean Baptiste Biot continuèrent les travaux de Malus et en devinrent des spécialistes. Ainsi Arago découvrit en 1811 la polarisation chromatique et rotatoire, effet obtenu par une lame de quartz qui avait la propriété de faire tourner le plan de polarisation de la lumière qui la traversait. Arago mit au point le polariscope-polarimètre (figure 3) qui permettait de mesurer la fraction de lumière qui était polarisée. Son appareil fut plus tard commercialisé.

### La vitesse de la lumière

La mesure de la vitesse de la lumière avait été effectuée par des méthodes astronomiques au XVIII<sup>ème</sup> siècle en particulier par James Bradley à partir du phénomène d'aberration des étoiles. Quand



Figure 3 : Le polariscope d'Arago - Source <https://bibulyon.hypotheses.org/>

il entra à l'observatoire, Arago commença des travaux avec Biot sur la mesure des positions des étoiles et c'est probablement Laplace qui l'incita à s'intéresser à la vitesse de la lumière, toujours dans le cadre de la théorie corpusculaire de Newton. Il cherchait à détecter une variation selon que la Terre se rapprochait ou s'éloignait des étoiles en faisant l'hypothèse implicite que la vitesse de la Terre s'ajoutait ou se retranchait simplement à la vitesse de la lumière. Arago cherchait si l'angle de déviation par un prisme de la lumière de l'étoile changeait d'une étoile à l'autre et si cet angle variait à différentes époques de l'année pour une même étoile. Mais dans toutes ces mesures, aucune différence significative n'était trouvée d'une étoile à l'autre et la vitesse de la lumière ne semblait pas dépendre des propriétés de l'étoile émettrice. Arago fut surpris par ces mesures et il commençait à être persuadé de la validité de la théorie ondulatoire. En 1814, un jeune polytechnicien ingénieur des ponts et chaussées, Augustin Fresnel, s'intéressait lui aussi à la polarisation de la lumière et il entra en relation avec Arago ce qui inaugura une collaboration jusqu'en 1819. Les deux hommes se comprenaient très bien et n'étaient pas prisonniers des préjugés de la communauté sur la lumière. Arago demanda à Fresnel de trouver une explication aux observations des étoiles. Fresnel comprit que la vitesse de la Terre ne s'additionnait pas avec la vitesse de la lumière et il donna l'explication que l'éther était partiellement entraîné d'un facteur qui dépendait du prisme utilisé. Puis Arago cessa de s'intéresser à la lumière pour se passionner, avec André-Marie Ampère, à l'électromagnétisme sur lequel nous reviendrons.

Bien plus tard, Arago revint à ce problème en projetant de comparer la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau, expérience qui devait permettre de trancher définitivement entre les deux théories. La théorie de l'émission prévoyait l'accélération à l'entrée d'un milieu plus réfringent comme l'eau, la théorie ondulatoire, à l'inverse, un ralentissement. Dans un mémoire présenté à l'Académie des

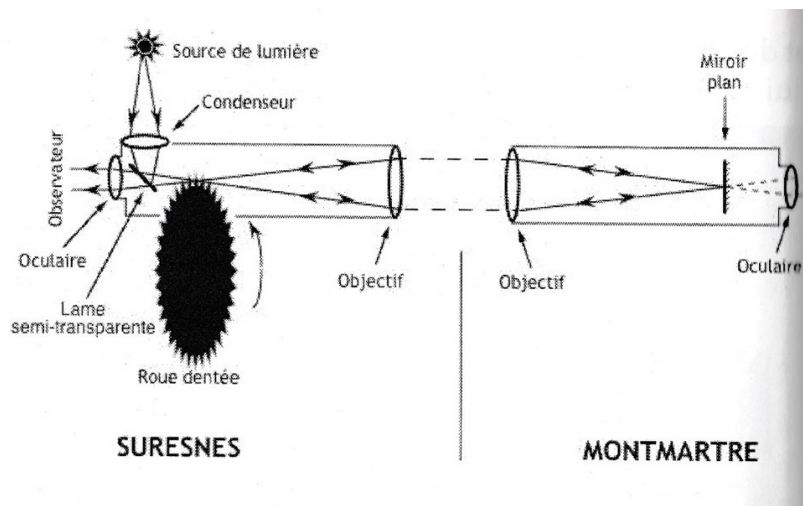


Figure 4 : Expérience d'Hippolyte Fizeau en vue de mesurer la vitesse de la lumière.

sciences, Arago suggéra l'utilisation d'un appareil permettant de mesurer la vitesse de la lumière dans un milieu réfringent. L'appareil destiné à cette mesure ne fut construit par Louis Bréguet qu'en 1843. Deux expérimentateurs que nous avons évoqués dans un précédent « Retour sur » étaient en compétition pour ces mesures, Hippolyte Fizeau et Léon Foucault. Fizeau réalisa le premier une expérience de mesure de la vitesse de la lumière dans l'air sur 8 km (figure 4) mais qui ne pouvait être effectuée dans un autre milieu comme l'eau. Arago pensait qu'il fallait rééditer l'expérience sur quelques mètres seulement ce qui fut fait séparément par Fizeau et Foucault. Le 27 avril 1850, ce dernier montra que la lumière voyageait plus vite dans l'air que dans l'eau et à cette occasion établissait une mesure de la vitesse de la lumière à 298 000 kilomètres par seconde, meilleure estimation que toutes les mesures précédentes. Quand à Fresnel il validera la théorie ondulatoire avec son traité d'optique ondulatoire en 1819, couronné par l'Académie des sciences et publié en 1826.

## L'électromagnétisme

L'expérience d'Oersted marquait le début d'une suite de découvertes qui allait amener à la théorie de l'électromagnétisme en unifiant le magnétisme et l'électricité. La déviation d'une boussole à proximité

d'un fil dans lequel passait un courant électrique avait stupéfié toute l'Europe ; en France ce fut Arago qui reproduisit l'expérience d'Oersted qu'il avait vue à Genève, à l'Académie des sciences le 11 septembre 1820. Spectateur de l'expérience, André-Marie Ampère changea radicalement ses centres d'intérêt et en

quatre mois il mit au point sa théorie de l'électrodynamique. Une amitié naquit simultanément entre Arago et Ampère et pendant plusieurs semaines, l'Académie des sciences put écouter, à chaque séance, les avancées d'Ampère qui faisaient entrer la physique dans un nouveau paradigme. En parallèle Arago faisait quelques expériences avec des fils pour réaliser l'aimantation de petits morceaux d'acier et partageait ses résultats avec Ampère. C'est ainsi que le principe de l'électro-aimant fut découvert par des expériences menées en commun.

## L'astronomie

La spécialisation d'Arago était celle d'un astronome, il logeait à l'observatoire et y resta toute sa vie durant. Il effectua des travaux novateurs dans l'observation du soleil avec son polariscope avec lequel il put déterminer la nature gazeuse du soleil. En effet il avait remarqué que les solides et les liquides incandescents émettaient une lumière dont la polarisation périphé-



Figure 5 : «Astronomie populaire», ouvrage publié après la mort d'Arago -Source Gallica.

## “ La spécialisation d’Arago était celle d’un astronome, il logeait à l’observatoire et y resta toute sa vie durant. ”

rique était détectable et caractéristique, à l’inverse des gaz qui ne présentaient pas de polarisation tangentielle. A l’aide de son polariscope, Arago constata que la lumière solaire, détectée sur les bords, n’était pas plus polarisée qu’au centre et il en conclut que le soleil était de nature gazeuse. C’était une première mais qui fut éclipsée par les analyses spectroscopiques effectuées des années après. Ce faisant il introduisait la physique dans l’astronomie ce qui marquait les débuts de l’astrophysique. Arago consacra aussi beaucoup d’observations à consolider les mesures des dimensions des planètes et des comètes dont les mesures étaient très anciennes.

### Arago grand vulgarisateur

Même si le XIX<sup>ème</sup> siècle peut être considéré comme l’âge d’or de la science (voir conclusion), il faut constater que ce n’était l’apanage que d’une élite issue de l’université ou des grandes écoles. Sans les moyens actuels de diffusion des connaissances, la science était communiquée au grand public par des conférences, des discours ou des publications. L’une des grandes qualités d’Arago fut qu’il utilisa massivement ces moyens pour promouvoir la science et ses applications.

En 1812, sur la suggestion de Laplace fut institué au Bureau des longitudes un cours public d’astronomie qu’Arago donna avec éloquence et pédagogie ce qui attira bien vite un public nombreux. Arago fera son cours hebdomadaire jusqu’en 1846, date à laquelle sa santé commençait à être défaillante. Ses cours ayant été piratés et édités, Arago décida la rédaction d’une «Astronomie populaire » qu’il n’eut pas le temps de terminer et qui sera complétée par un de ses élèves, Jean-Jacques Emile Goujon, pour être éditée entre 1854 et 1857 (figure 5). Arago dans ses communications et ses rapports défendit constamment les

constructeurs d’instruments scientifiques ainsi que les brevets d’invention dont il fut un expert. A l’académie des sciences en tant que secrétaire, il rédigea des notices nécrologiques qui étaient l’occasion de faire connaître par une biographie scientifique les grands savants du début du siècle qu’il avait connus et côtoyés comme Volta, Fourier, Fresnel, Poisson, Monge ou Ampère. Arago s’intéressa beaucoup au symbole de la révolution industrielle, la machine à vapeur. Au bureau des longitudes il écrivit une histoire de la machine à vapeur en 1830.

### Conclusion

Nous l’avons dit, la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle a été un âge d’or de la science française mais aussi de la technique qui était indispensable à son expérimentation. Laplace, Fourier, Poisson, Fresnel, Ampère avaient à leur disposition les Fizeau, Foucault et bien d’autres expérimentateurs et constructeurs d’appareils de mesures pour valider les théories. Arago n’était pas théoricien mais il comprenait la théorie et était capable de concevoir des expériences pour vérifier des hypothèses et de ce point de vue il a vraiment été un trait d’union entre science et technique. Parmi ses biographes modernes on trouve Maurice Daumas qui est le grand maître de l’histoire des techniques en France.

En complément du début de cette conclusion il faut remarquer que cette apogée s’éteindra vers la fin du siècle, les Langevin, Curie ou Poincaré ne bénéficieront pas d’un tel environnement et les grandes découvertes s’effectueront en Angleterre et surtout en Allemagne. Les biographies les plus récentes considèrent que les apports d’Arago sont importants et relativement oubliés et il était donc utile de rappeler qu’il fut un grand nom de cet âge d’or français. ■

## Références

- Daumas M (1987) Arago, La jeunesse de la science, Paris Belin Collection Un savant une époque.
  - LEQUEUX, James. François Arago, un savant généreux. Physique et as, 2008.
  - JACQUES, Guy. François Arago: l’oublié. Nouveau Monde, 2017.
  - Les « retour sur » publiés dans la REE :
    - Laplace n° 2023-2
    - Fizeau n° 2019-5
    - Poisson n° 2022-2
    - Fourier n° 2018-3
    - Histoire de l’électricité n° 2021-2
    - La métrologie n°2015-2
    - Ampère n° 2014-2
- <https://www.europeana.eu/>

### L’auteur

**Marc Leconte** est ancien secrétaire



du club RSSR de la SEE (radars, sonars et systèmes radioélectriques), co-rédacteur en chef de la

REE, membre émérite SEE et médaillé Ampère. Au sein de Dassault Electronique, il a passé une quinzaine d’années à l’étude, au développement et aux essais en vol du radar RDI du Mirage 2000. Ensuite, pendant trois ans, il a participé à l’étude d’un démonstrateur laser franco-britannique CLARA. A partir de 1995 il a élargi son activité aux domaines des études concurrentielles et stratégiques dans les domaines des radars aéroportés et de la guerre électronique. Il a exercé les mêmes activités dans la division aéronautique de Thales après la fusion de Dassault Electronique et de Thomson-CSF. A partir des années 90 et en parallèle, il s’est intéressé à l’histoire des sciences et des techniques et a publié plusieurs articles s’y rapportant. Depuis 2023, il préside la Fédération française de sociétés scientifiques (F2S).