



HAL
open science

Edmond Becquerel et la photographie

Bertrand Lavédrine

► **To cite this version:**

Bertrand Lavédrine. Edmond Becquerel et la photographie. Support Tracé, 2021, 20, pp.43-56. hal-03412982

HAL Id: hal-03412982

<https://hal.science/hal-03412982v1>

Submitted on 5 Nov 2021

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.

Edmond Becquerel et la photographie

Bertrand Lavédrine*

Conférence préparée à l'occasion du Symposium international

« À la lumière d'Edmond Becquerel – De la découverte de l'effet photovoltaïque à la photographie couleur et à la *luminescence*. Un savant méconnu aux sources de grandes applications du *xxi*^e siècle »

Becquerel est un nom familier dans l'histoire des sciences, il évoque d'abord Henri Becquerel (1852-1908), l'un des découvreurs de la radioactivité naturelle qui partage, en 1903, le prix Nobel de physique avec Pierre et Marie Curie. Cette renommée méritée a éclipsé les contributions remarquables des autres membres de sa famille, celles de son grand-père Antoine César (1788-1878), celles de son père Edmond (1820-1891) auxquels il a succédé au laboratoire de physique appliquée du Muséum d'histoire naturelle de Paris et celles de son fils, Jean Becquerel

(1878-1953), celui-ci sera le dernier représentant au Muséum de cette lignée de chercheurs et d'académiciens qui aura duré cent ans. L'année 2020, marquée par le bicentenaire de la naissance d'Edmond, nous donne l'occasion de raviver le souvenir d'un expérimentateur de talent. Edmond Becquerel a été très proche des milieux de la photographie à l'époque des précurseurs de cet art et de cette technique. Il a contribué à son avancement par un phénomène photographique éponyme et un mystérieux procédé de photographie couleur dont on vient juste d'expliquer

* Centre de recherche sur la conservation, USR3224, MNHN-CNRS-MC, Paris, France

l'origine des couleurs (de Sauve V. *et al.*, 2020). Il s'agira ici d'analyser dans quelles circonstances Edmond Becquerel s'investit dans la photographie, quels furent son intérêt et ses apports.

Au service de la science et de son père pour l'étude de la lumière

« Je ne recrute pas mon fils, je recrute la personne la plus compétente pour me remplacer, c'est-à-dire mon assistant » (Fatet J., 2015). Avec cette déclaration péremptoire, Antoine César Becquerel coupe court aux remarques du ministère de l'Instruction publique, d'ailleurs il « se fâcherait rouge si on osait le contredire », nous éclaire un portrait au vitriol par de Gosse (de Gosse I., 1846) ! Le temps lui donnera raison ; il n'aura pas à regretter cette décision faisant de la toute nouvelle chaire de sciences physiques appliquées aux sciences naturelles, un écrin propre à l'épanouissement de la lignée familiale.

Nous sommes en 1838, Edmond a 18 ans et la décision est prise, plutôt que d'intégrer la prestigieuse École normale ou École polytechnique, auxquelles il est admis, il ira assister son père Antoine César (Blondel C., 1994). La dédicace de sa thèse traduit son admiration et sa piété filiale : « À mon père, ... témoignage de respect et de reconnaissance, c'est, inspiré par tes belles découvertes et les pensées philosophiques qui ont dirigé les travaux de toute ta vie, que j'ai composé cette thèse. En te priant d'en agréer la dédicace, je dois craindre qu'elle ne soit pas digne de mon modèle » (Becquerel E., 1840a). Antoine César Becquerel s'intéressait au magnétisme (Becquerel A., 1834) et à la production d'électricité¹ par la pression (piézoélectricité), par la chaleur (thermoélectricité) ; reste à Edmond la mission d'explorer la production d'électricité par la lumière. Leur proximité et leur confiance réciproque permettent une transmission rapide des savoirs amenant Edmond, dès 1839, au texte fondateur sur l'effet photovoltaïque (Becquerel E., 1839). Car l'un comme l'autre s'avèreront d'excellents expérimentateurs : ils prônent l'immersion directe dans les pratiques, la primauté du fait expérimental sur la théorie : « mieux vaut une bonne série de faits, bien coordonnés ensemble, qu'une mauvaise théorie » (Fatet J., 2005). Travailler sur la lumière à cette époque n'est pas le fruit du hasard ou la volonté de couvrir méthodiquement l'effet de diverses « forces naturelles » (Laussedat A., 1891). Antoine César Becquerel est membre de l'Académie des sciences. Cette vénérable institution, sous la houlette de son secrétaire, François Arago, est toujours agitée par les débats autour de la

nature de la lumière. La brillante théorie d'Augustin Fresnel, exposée en 1818, y a certes fait avancer la théorie ondulatoire de la lumière, mais elle rencontre encore de fervents opposants favorables à la théorie corpusculaire de Newton. Il faut convaincre par des expériences indiscutables. De surcroît, des questions pratiques sur la mesure de l'intensité lumineuse, la nature des rayonnements infrarouges et ultraviolets ouvrent un vaste domaine d'investigation scientifique. Or c'est à la fin de cette année 1838 qu'Arago est informé de l'invention du daguerréotype. La qualité et la précision indubitables des images fournies par ce nouveau procédé photographique vont l'enthousiasmer et le conduire à promouvoir cette invention au point de convaincre l'État d'en faire, l'année suivante, l'acquisition contre une rente viagère à son inventeur, puis à l'offrir au monde. Cette démarche fut rare, seul Louis Vicat (1786-1861), l'inventeur du ciment artificiel, bénéficiera d'un tel engagement de la part d'Arago et d'un soutien de la France. Ce dévouement exceptionnel d'un savant, même s'il n'exclut pas quelques visées politiques (Gunthert A., 2009) (Arago était député des Pyrénées-Orientales), est à lire sous l'angle du saint-simonisme et des progrès de la science (McCauley A., 1997). Avec le daguerréotype, Arago a l'intuition d'un outil qui servira non seulement à documenter le monde, cartographier les planètes à l'aide d'images précises, mais sera un moyen d'investigation scientifique pour des travaux plus fondamentaux sur la lumière. Cet « œil artificiel » (Arago F., 1839, p. 44) sensible même dans les rayons obscurs va compléter la vision humaine et permettre d'enregistrer les spectres des astres et mesurer l'intensité lumineuse des planètes (Arago F., 1839, p. 41). Les académiciens sont les premiers informés de cette découverte et de son potentiel, nul doute qu'ils s'en saisissent et qu'elle enrichisse la palette d'outils d'un jeune Becquerel à peine engagé dans l'exploration d'un vaste champ de phénomènes. À l'époque, on distinguait trois catégories de rayonnements en fonction des effets qu'ils produisaient. Il y avait les rayons calorifiques qui échauffent (les infrarouges mis en évidence par William Herschel en 1800) et les rayons chimiques capables de modifier chimiquement une substance (les ultraviolets découverts par Johan Wilhelm Ritter en 1801). Ces rayonnements appartenaient à la classe des « rayons obscurs », invisibles à l'œil humain, et enfin, il y avait les rayons lumineux. S'y rajoutaient parfois les rayons phosphorogéniques capables de provoquer la phosphorescence de certains composés, plus souvent associés aux rayons chimiques. Ces rayonnements étaient envisagés de nature différente de celle de la lumière.

La thèse et les premières contributions « photographiques »

Les premières années de recherche d'Edmond Becquerel vont nourrir une thèse. Il est chaperonné par son père mais également par un autre académicien, professeur à la Sorbonne et au Collège de France, Jean-Baptiste Biot (1774-1862). À la bienveillance de l'un s'oppose l'esprit contradictoire de l'autre : Biot ne manquera jamais de reprendre son jeune confrère sur les lacunes de ses interprétations. Cette joute scientifique à fleuret moucheté, dont les comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences se font l'écho, enrichira la démarche scientifique d'Edmond ; « un jeune homme dont j'apprécie le zèle et l'esprit inventif autant que j'aime sa personne », précisera Biot (Biot J.-B., 1839) pour atténuer la vigueur de ses objections ! En août 1840, Edmond Becquerel soutient sa thèse de physique intitulée *Des effets chimiques et électriques produits sous l'influence de la lumière solaire* devant un parterre de prestigieux professeurs. Le contenu est assez concis et développé autour de deux thèmes, respectivement les effets chimiques et électriques de la lumière. L'étude des effets chimiques est fortement influencée par l'invention de la photographie ; elle concerne essentiellement les « substances impressionnables », c'est-à-dire celles sur lesquelles la lumière laisse une trace perceptible, un changement d'aspect. La simple observation visuelle permet d'évaluer et de comparer rapidement l'ampleur de l'action d'un rayonnement. L'approche d'Edmond Becquerel est logique, elle consiste à recenser d'abord de possibles objets d'expérience avant d'en sélectionner certains pour la suite de ses travaux. Pourtant, une entorse à cette logique pointe dès la page 15. Après avoir habilement évoqué les travaux de Niépce, Daguerre et Talbot, Edmond s'attarde sur un nouveau procédé photographique qu'il a mis au point et, de fait, il s'inscrit délibérément dans la continuité de ces personnalités en vue de l'époque. Il décrit ce que l'on appellerait aujourd'hui une technique de photocopie, technique originale mais qui a été vite oubliée. Cette digression sur plusieurs pages (de la page 15 à 18) peut surprendre dans le cours de ce travail académique contenu dans seulement 49 pages. Pour comprendre l'importance qu'il y trouve, il convient de préciser qu'en 1840, lorsqu'on utilisait un procédé de photographie sur papier, comme celui de Fox Talbot, on obtenait généralement une image inversée. En effet, la lumière noircissant la feuille, les traits qui étaient noirs sur fond blanc dans le document original devenaient blancs sur fond noir dans la copie (un négatif). Cette inversion était alors considérée comme un han-

dicap par les pionniers de la photographie et l'on saisit mieux la motivation d'Edmond pour ce procédé qui reproduit « les ombres par les ombres et les clairs par les clairs » et de surcroît « peu dispendieux ». Le mode opératoire est couvert de façon superficielle, sans trop de détails sur les proportions : une feuille de papier encollée à l'amidon est sensibilisée avec des sels de chrome (dichromate de potassium). Elle est exposée à la lumière sous la gravure à reproduire, puis rincée, et immergée dans une légère solution alcoolique de diiode. Après rinçage à l'eau, la reproduction « positive » de la gravure apparaît. Dans les parties exposées à la lumière solaire, l'iode ne se combinerait pas à l'amidon tandis que dans les parties protégées, une belle coloration violette apparaît. Ces images manquent de vigueur, « mais les demi-teintes sont fidèlement reproduites et cette copie se rapproche d'un dessin à l'estompe ». Le procédé sera diffusé dans le *Compte rendu hebdomadaire de l'Académie des sciences* (Becquerel E., 1840b) puis repris dans plusieurs ouvrages de l'époque (Soleil J.-F., 1840) (une lecture un peu trop rapide conduira d'ailleurs Lerebours à l'attribuer à Ponton (Lerebours N. P., 1843). La thèse d'Edmond Becquerel se poursuit en détaillant l'action chimique des rayonnements dans une approche essentiellement bibliographique pour enfin laisser place au deuxième thème de son mémoire : les résultats de ses travaux sur la mesure des effets électriques de la lumière solaire. Les composés photosensibles qu'il a retenus sont ceux des procédés photographiques de l'époque : le bromure, le chlorure et l'iodure d'argent. Il mesure l'électricité produite par ces composés préparés sur une lame métallique lorsqu'ils sont exposés à la lumière solaire filtrée par des écrans colorés ou dispersée par un prisme. Si les rayons jaune, orangé et rouge ne produisent pas de courant, le bleu, le violet et l'indigo et au-delà génèrent une intensité qui va croissant et qui est bien plus importante avec le bromure qu'avec le chlorure. Cette intensité du courant permet de mesurer quantitativement les effets chimiques de la lumière et ils ne sont pas sujets aux aléas d'une évaluation visuelle. Ces résultats sont en parfait accord avec les observations empiriques de l'époque sur les procédés photographiques. Lerebours évoque ces aspects dans son traité, il y signale que trois des couleurs les plus brillantes de la palette – le jaune de chrome, le vert Véronèse et le vermillon – n'ont pas d'action sur la plaque sensible et qu'elles se traduisent en noir sur le daguerréotype, alors que les objets bleu clair ou blancs s'y enregistrent nettement de façon équivalente. Les photographes de cette époque ont intégré ces phénomènes puisque leurs chambres noires sont éclairées

avec des lumières rouges tandis que leurs studios de prise de vue le sont avec des lumières bleues (en filtrant la lumière solaire). La grande sensibilité du bromure d'argent mesurée par son dispositif justifiera sa généralisation en photographie, elle permettra d'abaisser le temps de pose à des fractions de seconde. Edmond Becquerel conclut sa thèse en avançant une idée qu'il étayera par la suite : les rayons chimiques (ultraviolets) sont de même nature que les rayons lumineux.

La mise en évidence de « l'effet Becquerel » et ses usages en photographie

En poursuivant ses expériences, Becquerel constate un phénomène curieux. Alors qu'il avait démontré dans sa thèse que la lumière rouge (ou jaune) ne générerait aucun courant sur une plaque d'argent ioduré, il remarque, en l'exposant d'abord à une lumière bleue puis à une lumière rouge, l'apparition

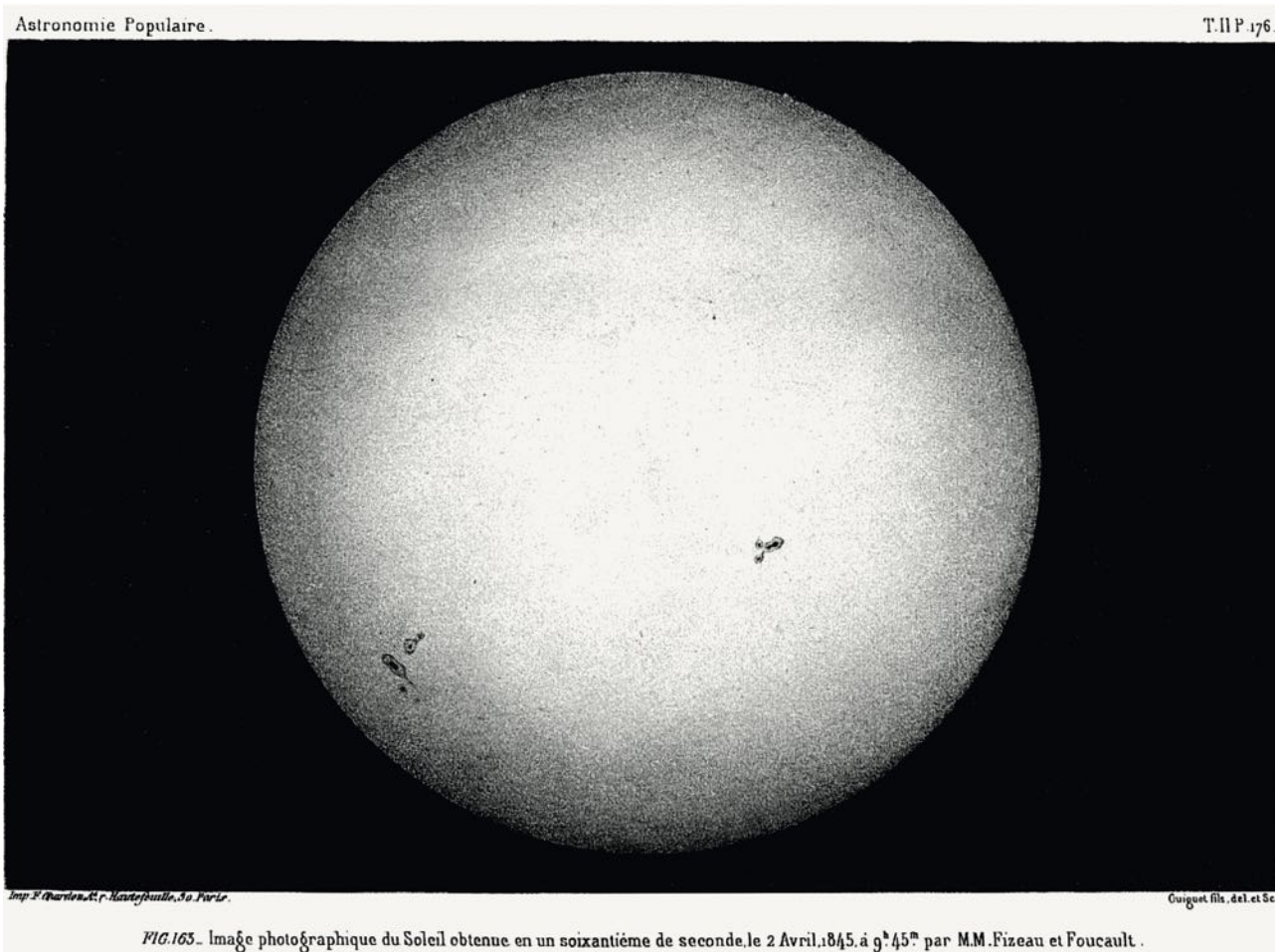


Figure 1. Image du soleil photographié en 1845 par Fizeau et Foucault au daguerréotype et telle qu'elle a été reproduite dans l'ouvrage de François Arago, *Astronomie populaire* (Arago), Gide et J. Baudry, 1855 (Tome 2, p. 174-180).

Becquerel, Fizeau, Foucault : le soleil en spectre et en image

Pour étudier la lumière, on avait besoin d'outils plus performants que l'œil humain qui avait ses « humeurs », pour reprendre le terme d'Arago (1786-1853). Comme la plaque daguerrienne est sensible aux rayons obscurs (ultraviolets), là où l'œil ne l'est pas, Arago entrevoit déjà un dispositif expérimental : « On fera une sorte d'œil artificiel en plaçant une lentille entre le prisme et l'écran où tombera le spectre, et l'on cherchera ensuite, fût-ce à l'aide d'une loupe, la place des raies noires de l'image photogénique, par rapport aux raies noires du spectre lumineux. » (Anonyme, 1839a). Dans l'entourage d'Arago, travaillent trois jeunes scientifiques qui marqueront leur époque : Edmond Becquerel, Hippolyte Fizeau (1819-1896) et Léon Foucault (1819-1868). À l'annonce de la découverte du daguerréotype, ils n'ont que 19 ans ! Cette précocité qui peut surprendre aujourd'hui

n'avait rien d'exceptionnel à l'époque quand on sait que lors de la campagne d'Égypte, Bonaparte était accompagné de plus de 150 savants dont la moyenne d'âge était inférieure à 30 ans. Les trois vont adopter l'invention de Daguerre, y apporter des perfectionnements majeurs et l'appliquer à la recherche. Léon Foucault et Becquerel enregistreront des spectres de la lumière solaire, Foucault introduit la microphotographie et réalise avec Alfred Donné des vues daguerriennes au microscope destinées à la documentation médicale. Fizeau et Foucault collaboreront pour produire un daguerréotype du soleil et ils partageront, contrairement à Becquerel, un intérêt pour la prise de vue photographique. On conserve aujourd'hui plusieurs de leurs daguerréotypes dans les collections ; ils représentent des vues de Paris, du Havre ou des personnages.

d'un courant. Il y a donc une réaction chimique inattendue sous l'action de rayonnements initialement inactiniques. Il résume ainsi son observation : « des rayons qui ne peuvent pas impressionner sensiblement une substance préparée à l'abri de toute radiation peuvent continuer très vivement l'action que des rayons différents auraient commencé à exercer sur elles ». Il appelle ceux-ci rayons excitateurs, et les autres rayons continueurs. Cette découverte fait l'objet d'un rapport par Biot à l'Académie des sciences (Anonyme, 1841a). Il a vérifié ces expériences, en compagnie de Becquerel, mais en utilisant une feuille de papier imprégnée de bromure d'argent. Après une exposition d'une partie de la feuille à la lumière solaire pendant une fraction de seconde de sorte qu'elle reste pratiquement d'un blanc uniforme, il la soumet dans sa totalité à des rayonnements rouge ou jaune. Effectivement, un noircissement se forme uniquement aux endroits qui avaient préalablement subi une brève exposition à la lumière du soleil. Il confirme ainsi l'expérience de Becquerel mais réfute l'existence de rayons continueurs ou excitateurs. En prenant soin de louer « l'esprit d'invention » de son jeune collègue, il l'encourage à fortifier « la sévérité de raisonnement ». Biot fait de ce phénomène une analyse bien différente et plus pertinente. Il ne résulte pas de rayonnements ayant des propriétés différentes sur une même substance (le bromure d'argent ou l'iodure d'argent) mais simplement de la présence d'une nouvelle substance réagissant différemment aux rayonnements. C'est effectivement le cas. Cette nouvelle substance, dénommée par la suite et selon les cas, sous-chlorure d'argent ou chlorure violet (Becquerel E., 1854), sous-bromure ou sous-iodure d'argent, sera identifiée au ^{xx}e siècle comme constituée de nanoparticules d'argent sur des cristaux de bromure, de chlorure ou d'iodure d'argent et ayant des propriétés tout à fait particulières. L'analyse de ce phénomène par microscopie électronique en 2011 révèle que si la lumière rouge ne produit aucun effet sur les zones qui n'avaient pas été exposées aux rayons UV, en revanche, sur celles insulées, les nanoparticules d'argent produites sur les cristaux d'halogénure d'argent par les rayons lumineux vont continuer à croître sous l'effet du rayonnement rouge jusqu'à être perceptibles (Al-Alul S., 2011). Fidèle à son principe, Edmond Becquerel s'en tient à la description des faits et n'avance que peu d'explications ou de théorie pour les soutenir. Cet « effet Becquerel » si brillamment mis en évidence, n'était pourtant pas totalement inconnu (Anonyme, 1841b). Fox Talbot (1800-1877) avait observé en 1835 un phénomène similaire sur un papier imprégné de nitrate d'argent dont une partie avait été brièvement exposée

au soleil puis la totalité longuement à une lumière diffuse (Talbot W. H. F., 1835). Un assombrissement plus important s'était produit sur la partie pré-exposée à la lumière solaire. En revanche, il n'avait tiré aucune conclusion sur le rôle des rayonnements. Les rayons continueurs sont alors expérimentés pour le développement des daguerréotypes par plusieurs photographes. Plutôt que de soumettre les plaques à des vapeurs de mercure toxiques pour faire apparaître l'image, on les expose sous les rayons directs du soleil au zénith derrière un filtre rouge ou jaune pendant une dizaine de minutes. Plusieurs daguerréotypistes tels Gaudin (Anonyme, 1841c), Lerebours, Bisson (Anonyme, 1841d), Montmirel témoignent du succès d'une telle méthode, des portraits daguerriens sont même présentés à l'Académie des sciences. Les rayons continueurs s'appliquent bien aux daguerréotypes à l'iodure d'argent. Toutefois, cette même année, Claudet et Fizeau améliorent considérablement la sensibilité de la plaque daguerrienne (d'un facteur 100) en l'exposant non seulement à des vapeurs d'iode mais également de chlore et/ou de brome. Cette préparation plus complexe va enfin permettre de réaliser des portraits au daguerréotype. Malheureusement, l'usage de rayons continueurs pour ce nouveau genre de daguerréotypes n'est pas concluant, ils se couvrent d'un voile (Anonyme, 1841e). Il faudra attendre le renouveau de la pratique du daguerréotype à la fin du ^{xx}e siècle pour que l'effet Becquerel soit appliqué plus largement au développement de plaques daguerriennes à l'iodure d'argent au lieu des vapeurs toxiques de mercure.

Les images photochromatiques

Dans les années qui suivent son introduction, le daguerréotype bénéficie de perfectionnements qui lèvent plusieurs verrous : l'image endommagée au moindre frottement est renforcée grâce au fixage à l'or, la sensibilité est augmentée suffisamment pour réaliser des portraits, des techniques de reproduction photomécaniques sont proposées, etc. Il n'y a qu'un seul point sur lequel on achoppe encore, celui de la couleur : la plaque est aveugle à une partie du spectre lumineux et reste incapable de restituer la couleur. Bien sûr, on note parfois des ciels colorés en bleu sur les daguerréotypes mais ce phénomène, appelé solarisation, est dû à une surexposition fréquente pour des ciels riches en « rayons chimiques ». Il résulte de la formation de particules à la surface de la plaque dont la taille et la morphologie induisent un phénomène de diffusion de la lumière qui aboutit à une teinte bleue (Schlather

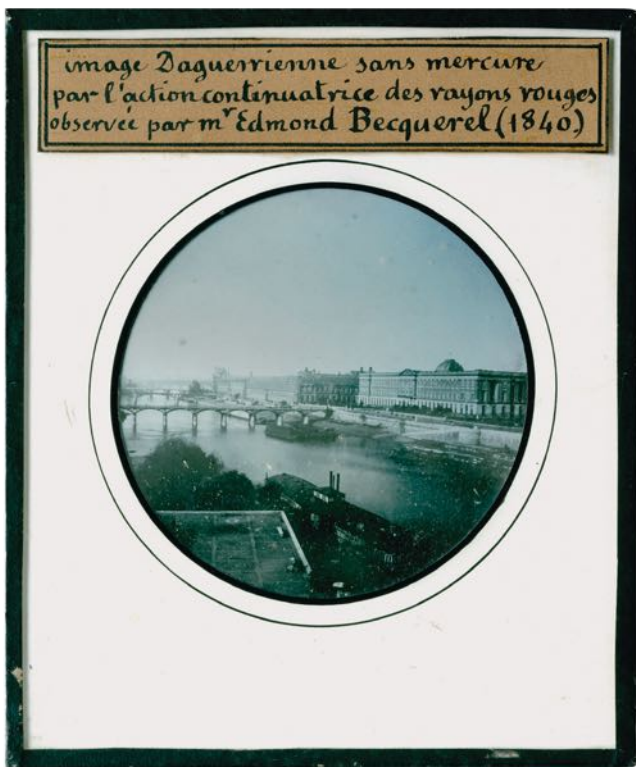


Figure 2. Daguerriotype, le Louvre vu du Pont-Neuf (diamètre 6,7 cm), coll. Musée Nicéphore Niépce

A. E. *et al.*, 2019). La concordance des couleurs est fortuite : un objet blanc peut également produire ces teintes bleues et c'est souvent le cas pour des portraits où des vêtements blancs ont une belle coloration « bleue ardoisée ». Cette incapacité à restituer les couleurs fut discutée dès 1839 par les académiciens à propos du daguerriotype. Gay-Lussac pense que « l'image à couleurs naturelles et variées restera longtemps, à jamais peut-être, un défi à la sagacité humaine » (Daguerre L. J. M., 1839). Pour Arago, « ce problème sera résolu, le jour où l'on aura découvert une seule et même substance que les rayons rouges coloreront en rouge, les rayons bleus en bleu, etc. » (Arago F., 1839, p. 53). Il mentionne les travaux de Seebeck (Von Goethe J.W., 1810) et d'Herschel (Herschel J.F.W., 1840) qui, cette même année, publie un article sur les couleurs que prend le chlorure d'argent. Ce dernier a une propension à conserver les couleurs auxquelles il est exposé, la lumière rouge y imprime une belle teinte rose. Herschel entrevoit la possibilité de produire ainsi des photographies en couleur : « another and highly important practical conclusion which seems to be pointed to by this experiment, is the possible future production of naturally coloured photographic images ». Dans le cours de ses travaux de thèse de 1838 à 1840, Edmond Becquerel évoque ce phénomène qui le laisse perplexe. Il y a une contradiction apparente entre ces observations antérieures et les propres

Le palais du Louvre révélé par des rayons continuaturs

Il est difficile de distinguer à l'œil un daguerriotype réalisé selon la technique Becquerel. Ce daguerriotype des collections du musée Nicéphore Niépce à Chalon-sur-Saône en est un exemple. Il porte la mention « image daguerrienne sans mercure par l'action continuatrice des rayons rouges observée par Mr Edmond Becquerel (1840) avec des rayons continuaturs » et fut prêté, avec quelques images photochromatiques, par Henri Becquerel à l'occasion d'un musée éphémère de la photographie lors de l'Exposition universelle de 1900 (Davanne A., 1903). Cette attribution à Edmond Becquerel pose question. Becquerel ne mentionne jamais avoir testé les rayons continuaturs sur une plaque daguerrienne mais précise avoir encouragé Gaudin (Becquerel E., 1868, p. 77) à le faire. D'ailleurs, on ne connaît de lui aucune image similaire avec un format circulaire (sur une plaque de 8 x 7 cm), ce qui laisse supposer l'emploi de la chambre daguerrienne de Gaudin avec un dispositif d'inversion de l'image (l'image n'est pas inversée gauche-droite comme elle le serait sur un daguerriotype classique). Enfin, Becquerel n'aurait pas indexé la plaque avec une telle légende. S'agirait-il alors du don d'un photographe proche du milieu académique fait à Becquerel en guise d'hommage ? Peut-être un témoignage de reconnaissance d'Antoine Gaudin ou de N. P. Lerebours, le célèbre opticien qui fabrique les appareils de Gaudin et qui réside place du Pont-Neuf à l'endroit de la prise de vue !

conclusions de sa thèse. Alors qu'il montre que la lumière rouge ne produit aucun effet sur le chlorure d'argent, comment expliquer l'apparition de cette coloration rose mentionnée par ses pairs ? Sa découverte de 1841 sur les rayons excitateurs et continuaturs donne les clés de compréhension : si le chlorure d'argent réagit à des lumières colorées rouge ou jaune, c'est parce qu'il a été soumis à des « rayons excitateurs ». Les expériences d'Herschel ou de Seebeck étaient conduites sur du chlorure d'argent qui avait été exposé préalablement à la lumière solaire ! Même si l'origine de ces couleurs n'est pas clairement élucidée, Edmond Becquerel essaye de mettre à profit ces phénomènes colorés pour enregistrer la palette de couleurs du spectre solaire, dispersé par un prisme, sur une feuille de papier imprégnée de chlorure d'argent. Les résultats sont peu satisfaisants, en revanche, il parvient à des résultats plus prometteurs avec des lames d'argent chloruré. Il relate : « j'ai aperçu comme un souvenir du spectre fixé sur la lame et dont les nuances correspondaient exactement aux parties lumineuses de même couleur du spectre solaire ; la place où le rouge avait frappé était rouge pâle, le jaune était jaune, le bleu, bleu, etc. » (Becquerel E., 1868 p. 211). Le 28 janvier 1848, il transmet la description de ses travaux à Arago² qui y ajoute quelques notes et le texte définitif sera publié dans les *Annales de chimie et de physique* (Becquerel E., 1849, 1848a, 1848c).

Ces images du spectre solaire (fig. 3) avec ses propres couleurs, qu'il nomme « images photochromatiques », sont obtenues directement dans l'appareil photographique sans autre traitement que celui de préparer une couche de chlorure d'argent (le bromure ou l'iodure d'argent sont inefficaces) sur une plaque argentée semblable à celle du daguerréotype. Becquerel photographie également des gravures et des planches colorées, après des expositions de « plusieurs heures » (Becquerel, 1868, p. 229) au soleil. Celles-ci se conservent indéfiniment dans l'obscurité, mais s'estompent à la lumière. Becquerel en conclut (Becquerel, 1848b) : « si l'on pouvait réaliser cette fixation, et que l'impressionnabilité de la matière fût plus grande, non seulement on dessinerait, mais encore on peindrait à l'aide de la lumière ; néanmoins, les résultats dont il vient d'être question montrent que la solution du problème est possible. » Becquerel laisse le soin à des praticiens photographes d'avancer dans cette voie. Le plus prolifique d'entre eux est Abel Niépce de Saint-Victor (1805-1870) qu'il accueille au laboratoire du Jardin des plantes pour lui montrer la préparation des plaques (Becquerel, 1851). Malgré vingt années d'efforts ponctuées de six communications à l'Académie des sciences, rien n'y fera : les couleurs disparaissent et l'image exposée à une lumière diffuse s'efface lentement. Alphonse Poitevin (1819–1882), Edmond de Saint Florent (1830–après 1904), René Colson (1853–1941) s'y attelèrent sans plus de succès (de Saint-Ours E., 2015). Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, des articles émailleront les journaux scientifiques et photographiques, illustrant les modestes avancées d'un procédé sans avenir photographique. Edmond Becquerel admettra plus tard que « les reproductions des images du spectre et celles de la chambre noire avec leurs couleurs naturelles n'ont encore qu'un intérêt purement scientifique et l'on ne peut songer à leur application actuelle... » (Becquerel, 1868). Par chance, plusieurs images photochromatiques par Becquerel nous sont parvenues et sont conservées dans les collections du Conservatoire national des arts et métiers, du musée Nicéphore Niépce et du Muséum national d'histoire naturelle, heureusement préservées de la lumière.

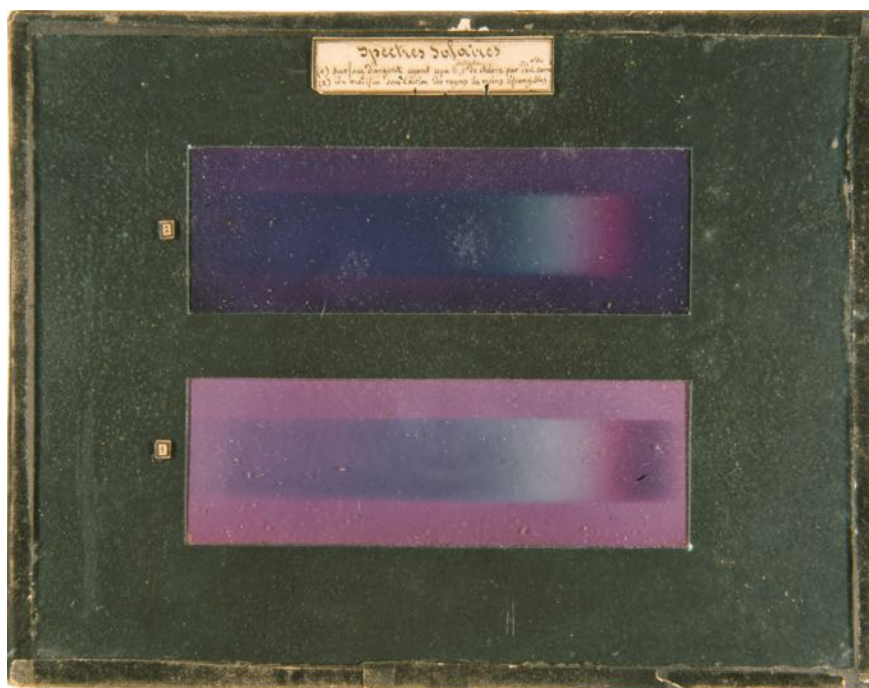


Fig. 3 : Image photochromatique du spectre solaire par E. Becquerel, 1848, coll. Musée Nicéphore Niépce

Les milieux académiques entretiendront l'intérêt et la curiosité autour de ce procédé : la nature des couleurs et leur formation sont restées un mystère jusqu'à nos jours. Edmond Becquerel fut circonspect : « maintenant, comment doit-on expliquer ce fait, vraiment étonnant, d'une impression photographique du spectre solaire avec des couleurs qui rappellent les siennes ? Je l'ignore ... » (Becquerel, 1848a). Deux hypothèses vont s'opposer, celle d'une origine pigmentaire contre celle d'une origine interférentielle des couleurs. E. Becquerel, puis son fils Henri, penchent alors pour une origine pigmentaire avec Abney (Abney, 1879). Les colorations que ce dernier produit selon un principe similaire dans une couche de collodion sont visibles aussi bien en lumière réfléchie qu'en lumière transmise, plaidant ainsi en faveur de l'origine pigmentaire. Les physiciens Rayleigh et Zenker suggèrent une origine interférentielle (Strutt J. W., 1887). Dans son ouvrage *Lehrbuch der photochromie, Photographie der Natürlichen Farbe* (Zenker W., 1868) de 1868, Zenker suppose que lors de la prise de vue, la lumière est réfléchie par la couche d'argent sous-jacente, il se crée alors des ondes stationnaires entre le rayon incident et le rayon réfléchi. Les franges d'interférence qui en résultent provoquent la formation de lames minces d'argent métallique espacées de la moitié de la longueur d'onde. On trouve ici clairement formulé le principe de la photographie couleur interférentielle qui sera introduit par Gabriel Lippmann en 1891. Pour Otto Wiener (Clerc L. P., 1900), l'hypothèse interférentielle ne suffit

pas à expliquer l'origine des couleurs dans les plaques d'Edmond Becquerel, il s'agit d'une combinaison entre interférences et formation de pigments. Les travaux de la thèse soutenue par Victor de Seauve en 2018 ont permis de caractériser la couche image et de réfuter l'origine interférentielle des couleurs (de Seauve V., 2018). Le mode de préparation de la couche sensible dans le procédé de Becquerel favorise la formation de

nanoparticules d'argent dans la matrice de grains de chlorure d'argent. Sous l'effet des rayonnements, ces nanoparticules se réorganisent : certaines se fragmentent, d'autres coalescent. Les distributions de tailles et de localisations de ces nanoparticules varient selon la couleur, elles sont responsables de l'absorption dans le visible par résonance de plasmons³ de surface localisée. Les énergies de ces vibrations ont d'ailleurs pu être mesurées avec un spectromètre dans un microscope électronique. La nouvelle configuration confère au matériau la faculté d'absorber toutes les couleurs de la lumière, à l'exception de celle qui lui a donné naissance : c'est donc cette couleur qui est perçue.

Edmond Becquerel et l'art photographique

Becquerel compte parmi les fondateurs de la Société française de photographie⁴. Créée en 1854, cette association artistique, technique et scientifique rassemble des membres qui s'engagent « à travailler suivant leur pouvoir au progrès de la photographie ». Il y côtoie des artistes, des fabricants d'instruments et des confrères comme Léon Foucault. Outre les liens dans le milieu de la photographie qu'il a pu établir au cours de ses recherches, c'est surtout l'aspect scientifique qui justifie un tel engagement. Becquerel ne s'intéresse pas à la photographie en esthète, la photographie constitue, pour lui, avant tout un corpus d'observations et d'expériences. Elle doit transcrire une réalité physique, être fidèle, à tel point qu'il retoque un portrait de son père : « le portrait de mon père n'est nullement ressemblant et ne saurait paraître ainsi, il est à refaire⁵ ». Il ne nous reste aucune photographie faite par Becquerel qui ne soit un essai de laboratoire. Le seul daguerréotype qui lui est attribué n'est peut-être pas de sa main (fig. 2). Il ne faut pas cependant négliger les apports de Becquerel comme enseignant des sciences photographiques. Peu pratiquant mais bon pédagogue, son cours de physique appliquée au Conservatoire des arts et métiers attire huit cents élèves (Anon., 1873), dont de nombreux photographes. S'il ne photographie pas, Becquerel se prête, sans enthousiasme, à la pose. Le plus ancien portrait que l'on connaisse est un daguerréotype attribué à



Figure 4. Image photochromatique d'un perroquet par E. Becquerel, Mnhn.

Le perroquet « susceptible » d'Edmond

Le perroquet avec son plumage chatoyant était un bon sujet de démonstration pour la photographie couleur. Cette image photochromatique d'Edmond Becquerel fait partie d'un lot d'images retrouvées au Muséum national d'histoire naturelle. Félix Nadar conte qu'à l'exposition de photographies en 1855 au Palais de l'industrie, une photographie couleur d'un perroquet faite par Edmond Becquerel fut exposée à la lumière de la flamme d'une lampe : « ... la multitude des autres curieux se tassait comme abeilles au trou de ruche sur l'entrée d'un mystérieux petit cabinet noir où l'on pouvait ne pénétrer qu'un à un et où, fuyant la lumière diurne pour un demi-jour factice, comme hiératique, le perroquet de notre cher Becquerel prophétisait déjà que la photographie aborderait victorieusement un jour la reproduction des couleurs. » (Nadar F., 1900). « Il y avait, dans la reproduction de ce perroquet des gris, des bleus, des rouges d'une intensité remarquable. Seulement les couleurs obtenues ne résistaient pas... on avait trouvé une innocente taquinerie à notre bon Becquerel en appelant son perroquet "le perroquet susceptible" » (Nadar F., 1891).



Figure 5. Portraits de E. Becquerel et de E. Delacroix par Nadar, Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.

Jules Duboscq (1817-1886), photographe et ingénieur-opticien réputé, installé 21 rue de l'Odéon à Paris. L'habileté de Duboscq pour la construction d'appareillages optiques et mécaniques l'amène à concevoir des instruments scientifiques (microscopes, spectroscopes, héliostats, projecteurs, etc.) afin de satisfaire aux besoins des savants de l'époque. Des coopérations s'établissent entre les savants et ces constructeurs d'instruments (Blondel C., 1997). Duboscq réalise un héliostat pour Léon Foucault⁶

et le phosphoroscope d'Edmond Becquerel. Ces contacts privilégiés lui donnent l'occasion de les portraiturer avec son appareil photographique stéréoscopique conçu pour David Brewster (Anonyme, 1855) en 1850. Une heureuse circonstance qui nous livre aujourd'hui le portrait stéréoscopique au daguerréotype de Becquerel et également celui de Foucault⁷. À la fin de ces années 1850, Becquerel pose dans l'atelier photographique de la rue Saint-Lazare de Félix Nadar, son camarade du lycée Condorcet à Paris. Nadar devient le photographe de la famille, il produit des portraits « bien réussis » d'Edmond et de ses enfants dont « la maman et les grands parents ont été charmés⁸ ». Le père, Antoine César, prend la pose en avril 1862 ainsi que son épouse et celle d'Edmond. La force des portraits de Félix Nadar réside dans ce génie à traduire à travers les poses la psychologie de ses sujets. De ces portraits d'Edmond émanent une certaine douceur, beaucoup de réserve voire de distance : il n'a pas le tempérament d'un Delacroix (fig. 5), il ne cherche ni à charmer comme Sarah Bernhardt (fig. 6),

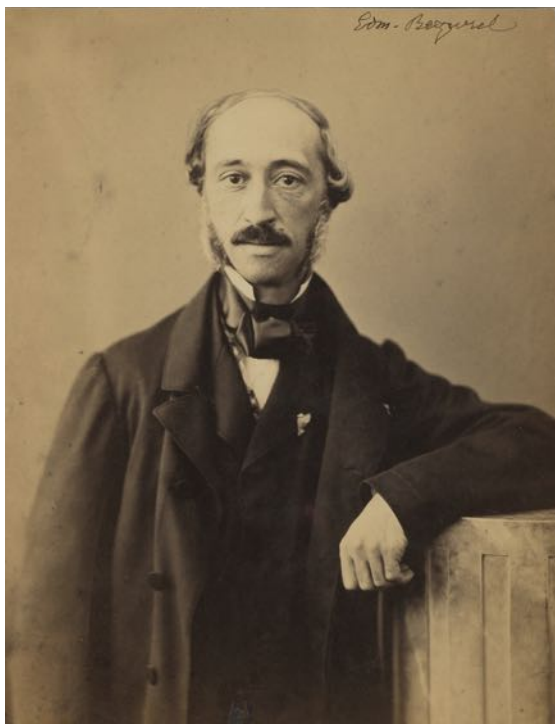


Figure 6. Portraits de E. Becquerel et de S. Bernard par Nadar, Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.



Figure 7. Portraits de E. Becquerel et de E. Manet par Nadar, Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.



Fig.8. Portraits de E. Becquerel par Nadar, Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine.

ni à vous scruter comme un Manet (fig. 7). Aucun photographe que ce soit Pierre Petit, pour sa « Galerie des hommes du jour » ou L. A. Liebert, ne parviendra à le rendre plus expressif. Dans ses derniers portraits par les ateliers Nadar, à la fin des années 1880, son regard se perd dans la périphérie de l'image et suggère une grande lassitude, sa santé déclinait alors (fig. 8). Becquerel n'était pas un homme de scène mais un homme de science plus stimulé par la confrontation à l'expérience que par celle à l'œil du photographe, fût-ce celui de son « vieux camarade⁹ ». Félix Nadar lui rendra un hommage fraternel dans sa revue populaire *Paris-Photographe* (Nadar F., 1891), puis l'inscrira parmi les primitifs de la photographie dans son livre *Quand j'étais photographe* (Nadar F., 1900), l'associant à tout jamais aux mânes des fondateurs de cet art.

Conclusion

De toutes les découvertes d'Edmond Becquerel, aucune n'aura un impact décisif sur la pratique de la photographie. Pendant sa période d'activité scientifique (1838-1891), les techniques photographiques vont évoluer rapidement au rythme des innovations introduites par les photographes. Le daguerréotype sera remplacé par les plaques au collodion (1850) puis au gélatino-bromure d'argent (1880). L'effet Becquerel nourrira la réflexion de la théorie de l'image latente au xx^e siècle, mais son application à la photographie sera très limitée. Quant à l'image photochromatique, même en résolvant la question de sa fixation, elle n'aurait pu satisfaire un public avide de promptitude (Gunthert A., 1998) ; la rapidité et la multiplicité l'emportent sur la couleur, même le procédé spectaculaire de photographie couleur interférentielle de Gabriel Lippmann en fera les frais à la fin du xix^e siècle. Voilà le paradoxe : Edmond Becquerel est resté dans les mémoires pour ses contributions à la photographie alors que celles-ci n'eurent que peu d'incidence dans la pratique ; en revanche, il est resté largement ignoré pour une contribution essentielle, la mise en évidence de l'effet photovoltaïque. Certains avanceront que cette découverte, faite à 19 ans, est le fruit des travaux de son père, mais peut-on distinguer aisément aujourd'hui le rôle de chacun ? Il y a eu dans ce laboratoire de physique du Jardin des

plantes, lieu de savoir et de savoir-faire, un continuum de l'expérience portée par une lignée ; deux, voire trois générations de Becquerel s'y sont côtoyées. Cela a pu prêter à certaines objections mais on ne peut nier le rôle essentiel joué par cette proximité dans la transmission des savoirs tacites et dans l'enchaînement des apports de connaissances nouvelles. Les découvertes des uns ne sont que l'aboutissement d'un transfert rapide et direct de ces savoirs et des objets d'expérience des autres.



Fig.9. Une pièce du laboratoire des Becquerel au Jardin des plantes dans son état en 1938 (extrait du Journal *L'Illustration*)

Le vétuste laboratoire du Muséum

À partir de 1838, la famille Becquerel réside au 57 rue Cuvier, résidence de fonction occupée par Antoine César puis ses descendants. Si la maison fut détruite en 1896¹⁰, le laboratoire existe encore aujourd'hui au Jardin des plantes. En 1938, à l'occasion du centenaire de la création de la chaire de sciences physiques appliquées aux sciences naturelles, dans son édition du 26 novembre, le journal *L'Illustration* consacre un article à la dynastie des Becquerel. Il l'accompagne de cette photographie légendée : « l'ancien laboratoire de Cuvier dans lequel les quatre Becquerel ont poursuivi leurs travaux depuis 1848 ». Il est difficile de croire, vue l'état de négligence et de poussière qui y règne, que ce soit réellement le laboratoire occupé par Jean Becquerel, à l'époque, et que la diffusion d'une telle vétusté ait été approuvée au plus haut niveau du Muséum, ou alors faudrait-il y voir un moyen de sensibiliser l'opinion publique sur le manque de moyens alloués à la vénérable institution ? Au demeurant, l'année suivante (Anon, 1939b), lors de la cérémonie officielle du centenaire, en présence du président de la République, de ministres et d'académiciens, le directeur du Muséum, Monsieur Germain, ne rate pas l'occasion en proclamant : « Toutes les recherches des Becquerel ont été réalisées dans cette célèbre Maison (...) comme nous serions heureux de lui restituer son éclat d'antan, d'en faire le musée de nos souvenirs. Hélas ! Le temps l'a meurtrie, l'a meurtrie cruellement, et le laboratoire qu'elle abrite inspire grande pitié. Preuve évidente, il est vrai que les plus belles réalisations peuvent être faites avec de faibles moyens ; mais la science moderne a d'autres exigences et s'accommode mal d'installations aussi précaires. »

Remerciements

L'auteur remercie de leur concours précieux : Marie-Angélique Languille, responsable du pôle photographie au Centre de recherche sur la conservation (CNRS : USR3224) et Sylvain Besson du musée Nicéphore Niépce, Florence Ertaud, Mathilde Falguière, Gilles Désiré dit Gosset, Catherine Poudy de la Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine, Jean-Paul Gandolfo, de l'École nationale supérieure Louis Lumière, Pierre-Yves Gagneux, conservateur de la Maison de Balzac, Claire Chahine de l'ARSAG.

Notes

1. https://www.academie-sciences.fr/pdf/hse/evol_Balian3.pdf, consulté en avril 2020.
2. Lettre d'Edmond Becquerel à François Arago, janvier 1848. Collection du musée Nicéphore Niépce.
3. Les plasmons sont des vibrations d'électrons (ici, ceux des nanoparticules d'argent métallique) qui se propagent dans le matériau.
4. <https://cths.fr/an/societe.php?id=2284&proso=y>, consulté en avril 2020.
5. Lettre d'Edmond Becquerel du 8 novembre 1865, collection privée.
6. L'héliostat de Foucault, <https://www.univ-tlse3.fr/l-heliostat-de-foucault>, consulté en avril 2020.
7. Collection du National Media Museum, United Kingdom, 1876-524_3 Foucault, 1876-524_2 Becquerel
8. Lettre d'Edmond Becquerel à Nadar datée du 29 juillet 1860. Collection d'autographes formée par Félix et Paul Nadar. III Beauchesne-Blum, Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, NAF 24262.
9. En référence à la légende autographe de Nadar sur son tirage du portrait de Becquerel : « à mon vieux camarade Becquerel » (musée d'Orsay, inv. PHO 1991 2 75).
10. *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle*, n° 2, 1896, p. 4.

Bibliographie

- Abney, Sir W. de W. (1879). *On the production of coloured spectra by light*. Royal Society of London. Proceedings, London, v. 29, p. 190.
- Anonyme (1839a). *L'institut, Journal général des sociétés et travaux scientifiques de la France et de l'étranger*, T VII, numéros 262 à 313, p. 299.
- Anonyme (1939b). « Célébration du centenaire de la Chaire de Sciences physiques appliquées aux Sciences naturelles », *Revue Générale des sciences pures et appliquées*, vol. 100, p. 120-132.

Anonyme (1841a). « Rapport sur un Mémoire de M. Edmond Becquerel », intitulé : *Recherches sur les rayonnements chimiques qui accompagnent la lumière et la lumière électrique*, Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, vol. XII, p. 101-112.

Anonyme (1841b). « Nouveaux détails sur les papiers impressionnables communiqués à M. BIOT par M. Talbot », Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, séance du lundi du 1^{er} février 1841 T 12 n°5 p. 225.

Anonyme (1841c). « Application des propriétés des rayons continuateurs aux opérations de la photographie. Lettre de M. Gaudin à M. Becquerel », Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, séance du 5 mai 1841, p. 862-863.

Anonyme (1841d). « Supériorité des rayons jaunes comme rayons continuateurs dans les opérations photographiques ; production d'images daguerriennes sans le secours du mercure. Lettre de M. Gaudin à M. Arago », Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, séance du 7 juin 1841. p. 1060-1061.

Anonyme (1841e). « Note sur l'emploi du brome dans la photographie sur plaqué par M. Fizeau », Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, séance du 21 juin 1841, p. 1189-1190.

Anonyme (1855). « Le stéréoscope et la vision binoculaire », *La lumière*, 11 août 1855, p. 128.

Anonyme (1873). *Le Figaro* du 25 novembre 1873, p. 2.

Al-Alul, S., (2011), *Synthesis of silver nanoparticles on a solid surface using a classical photographic method*, Ryerson University, mémoire de Master.

Arago, F. (1839). Rapport de M. Arago sur le daguerréotype, lu à la séance de la Chambre des députés, le 3 juillet 1839, et à l'Académie des sciences, séance du 19 août. Paris ; Bachelier, 1839. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1231630/f46.image>, consulté en juin 2016.

Arago, F. (1855). *Astronomie populaire*, tome 2. Paris : Gide et J. Baudry, p 174-180.

Becquerel A.-C. (1834). *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme, et de leurs rapports avec les phénomènes naturels*, Paris : Firmin Didot.

Becquerel E. (1839). « Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires », Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, vol. 9, p. 561-567.

Becquerel E. (1840a). *Des effets chimiques et électriques produits sous l'influence de la lumière solaire*, Thèse de physique présentée et soutenue à la Faculté des Sciences de Paris.

Becquerel, E. (1840b). « Note sur un papier impressionnable à la lumière, destiné à reproduire les dessins et les gravures », Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, 10. vol. 1, p. 469-471. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k29690/f469.image.r>, Consulté en avril 2020.

- Becquerel E. (1848a), « De l'image photographique colorée du spectre solaire », *Annales de Chimie et de Physique*, Paris, vol. 22, p. 451-459.
- Becquerel, E. (1848b). « De l'image photographique colorée du spectre solaire », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, vol. 26, p. 181-183.
- Becquerel, E. (1848c). « De l'image photochromatique du spectre solaire, et des images colorées obtenues dans la chambre obscure », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, vol. 27, p. 483.
- Becquerel, E. (1849). « De l'image photochromatique du spectre solaire et des images colorées obtenues à la chambre obscure », *Annales de Chimie et de Physique*, vol. 25, p. 447-474.
- Becquerel, E. (1851). « Note relative à un travail de M. Niepce intitulé : *Extrait d'un Mémoire sur une relation existant entre la couleur de certaines flammes colorées avec les images héliographiques colorées par la lumière* », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 32, p. 862-864.
- Becquerel, E. (1854). « Nouvelles recherches sur les impressions colorées produites lors de l'action chimique de la lumière (troisième Mémoire) », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 39, p. 63-67.
- Becquerel, E. (1868). *La lumière, ses causes et ses effets*, « Effets de la lumière », livre III : t. 2 « Photographie », Paris : F. Didot frères, fils et Cie, p. 233.
- Biot, J.-B. (1839). « Remarques sur quelques points de la théorie des radiations, en réponse à une Lettre de M. E. Becquerel », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, séance du 2 décembre 1839, vol. 39, p. 719-726.
- Blondel, C. (1994). « Becquerel, Edmond (1820-1891). Professeur de Physique appliquée aux arts (1852-1891) ». In : *Les professeurs du conservatoire national du conservatoire des arts et métiers*. Publications de l'Institut national de recherche pédagogique, année 1994, p. 168-182. https://www.persee.fr/doc/inrp_0298-5632_1994_ant_19_1_8404, consulté en avril 2020.
- Blondel, C. (1997). « Electrical instruments in 19th century France, between makers and users », *History and Technology*, 13(3), p. 157-182. <https://doi.org/10.1080/07341519708581904>
- Clerc, L. P. (1900). *La photographie des couleurs*, Paris : Gauthier-Villars, Masson éd. (<http://cnum.cnam.fr/CGI/fpage.cgi?12KE210/134/100/223/0/0>). Consulté en juin 2016.
- Daguerre L. J. M., (1839). *Historique et description des procédés du daguerréotype et du diorama par Daguerre*, Paris : Susses frères – Delloye éd., p.32.
- Davanne A. (1903). *Le Musée rétrospectif de la photographie à l'exposition universelle de 1900*, par MM. Davanne & Maurice Bucquet ; avec la collaboration de M. Léon Vidal, p. 21.
- de Gosse I. (1846). *Histoire Naturelle drolatique et philographe des professeurs du jardin des Plantes, des aides naturalistes, etc.* Paris : Gustave Sandré. Extraits dans *Revue Scientifique et Industrielle*, Paris, Louis Colas, p. 387-404.
- de Saint-Ours, E. (2015). *La photochromie : réception critique et développements (1848-1895)*, Mémoire de stage, Centre de Recherche sur la Conservation, Paris.
- de Seauve, V., Languille M.-A., Kociak M., Belin S., Ablett J., Andraud C., ... Lavédrine B. (2020). *Spectroscopies and Electron Microscopies Unravel the Origin of the First Colour Photographs*. *Angewandte Chemie International Edition*. <https://doi.org/10.1002/anie.2020012414>, consulté en avril 2020.
- de Seauve, V. (2018). *Premières photographies couleur sur support métallique : approche physico-chimique de l'origine et de la stabilité des couleurs (2015-2018)*. École doctorale de l'ENS, Bourse : ENS, Sciences Arts Création Recherche/Paris Sciences et Lettres. Directeur de thèse : Bertrand Lavédrine. Encadrant : Marie-Angélique Languille.
- Fatet, J. (2005). *Les recherches d'Edmond Becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 2005.
- Fatet J. (2015). « Histoire d'une interaction réussie entre sciences et techniques : les recherches d'Edmond Becquerel sur les principes de la photographie entre 1839 et 1843 ». In : *Arts et techniques, Journée d'étude de l'École nationale supérieure d'art de Limoges*, Book 1, Allen Alain Viguier, Louis-José Lestocart, Noël Barbe. Art Book Magazine Distribution. https://books.google.fr/books/about/Arts_et_techniques.html?id=EJXrDQAAQBAJ&redir_esc=y, consulté en avril 2020.
- Gunthert, A. (1998). « Daguerre ou la promptitude », *Études photographiques*, 5 novembre 1998, <http://journals.openedition.org/etudesphotographiques/163> consulté en avril 2020.
- Gunthert, A. (2009). « Spectres de la photographie. Arago et la divulgation du daguerréotype ». <https://www.arhv.lhivic.org/index.php/2009/04/20/974-spectres-de-la-photographie>, consulté en avril 2020.
- Herschel, J. F. W. (1840). *On the Chemical Action of the Rays of the Solar Spectrum on Preparations of Silver and Other Substances, Both Metallic and Non-Metallic, and on Some Photographic Processes*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 130, p. 18.
- Laussedat, A. (1891). « Discours prononcé le 14 mai 1891 aux obsèques de M. A.-E. Becquerel », *Annales du Conservatoire national des Arts et Métiers*. Paris : Gauthier-Villars et fils, p. 101-106 :105. <http://cnum.cnam.fr/CGI/redir.cgi?8KU54-2.3>, consulté en avril 2020.
- Lerebours, N. P. (1843). *Traité de photographie, derniers perfectionnements apportés au daguerréotype*. Paris : Fortin Masson, p. 157.
- McCauley A., (1997). *Arago, l'invention de la photographie et le politique*. *Études photographiques*. URL : <http://journals.openedition.org/etudesphotographiques/125> consulté en avril 2020.
- Nadar F. (1891). *Paris-Photographe*, n° 2, 25 mai 1891, p. 58-60.
- Nadar, F. (1900). *Quand j'étais photographe*. Paris : Ernest Flammarion, p. 215.

Schlather, A. E., Gieri, P., Robinson, M., Centeno, S. A., & Manjavacas, A. (2019). *Nineteenth-century nanotechnology: The plasmonic properties of daguerreotypes*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (28), p. 3791-13798. <https://doi.org/10.1073/pnas.1904331116>

Soleil, J.-F. (1840). *Guide de l'amateur de photographie, ou Exposé de la marche à suivre dans l'emploi du daguerréotype et des papiers photographiques*, Paris : Chez l'auteur, opticien, p. 54-55.

Strutt, J. W. (Lord Rayleigh) (1887). « On the Maintenance of Vibrations by Forces of Double Frequency, and on the Propagation of Waves Through a Medium Endowed with a Periodic Structure ». *Phil. Mag.*, S.5, vol.24, no.147, p. 145-59. (<http://optoelectronics.eecs.berkeley.edu/LordRayleighA.pdf>). Consulté en juin 2016

Talbot W. H. F. (1835). « On the nature of light », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. VII, p. 113-118.

Von Goethe, J. W. (1810). *Zur Farbenlehre ; Zweiter band*, Tübingen, p. 716-723. (300). Consulté en juin 2016.

Zenker, W. (1868). *Lehrbuch der Photochromie (Photographie in natürlichen Farben)*. Berlin : Selbstverl.

Résumé

Becquerel est un nom familier dans l'histoire des sciences, il évoque d'abord Henri Becquerel (1852-1908), l'un des découvreurs de la radioactivité naturelle qui partage, en 1903, le prix Nobel de physique avec Pierre et Marie Curie. Cette renommée méritée a éclipsé les contributions remarquables des autres membres de sa famille, celles de son grand-père Antoine César (1788-1878) et de son père Edmond (1820-1891), auxquels il a succédé au laboratoire de physique appliquée du Muséum d'histoire naturelle de Paris et celles de son fils, Jean Becquerel (1878-1953), qui sera le dernier représentant au Muséum de cette lignée de chercheurs et d'académiciens qui aura duré cent ans. L'année 2020, marquée par le bicentenaire de la naissance d'Edmond, nous donne l'occasion de raviver le souvenir d'un expérimentateur de talent. Edmond Becquerel a été très proche des milieux de la photographie à l'époque des précurseurs de cet art et de cette technique. Il a contribué à son avancement par un phénomène photographique éponyme et un mystérieux procédé de photographie couleur dont on vient juste d'expliquer l'origine des couleurs (de Sauve V. *et al.*, 2020). Il s'agira ici d'analyser dans quelles circonstances Edmond Becquerel s'investit dans la photographie, quels furent son intérêt et ses apports.

Mots-clés. Rayons continueurs, première photographie couleur, image photochromatique du spectre solaire.

Abstract

Becquerel is a familiar name in the history of science. It first evokes Henri Becquerel (1852-1908), one of the discoverers of natural radioactivity who shared the 1903 Nobel Prize in Physics with Pierre and Marie Curie. This deserved fame overshadowed the remarkable contributions of the other members of his family, those of his grandfather Antoine César (1788-1878), those of his father Edmond (1820-1891), whom he succeeded to the Applied Physics Laboratory of the Paris Museum of Natural History, and those of his son, Jean Becquerel (1878-1953), the latter being the last representative at the Museum of this line of researchers and academics that lasted one hundred years. The year 2020, marked by the bicentenary of Edmond's birth, gives us the opportunity to revive the memory of a talented experimenter. Edmond Becquerel was very close to the photographic world at the time of the precursors of this art and technique. He contributed to its advancement through an eponymous photographic phenomenon and a mysterious process of colour photography whose origins have just been explained (de Sauve V. *et al.*, 2020). The aim here is to analyse the circumstances in which Edmond Becquerel became involved in photography, what was his interest and his contributions.

Keywords. Continuing rays, first colour photograph, photochromatic image of the solar spectrum