

# Daguerre et l'optique

Jacques Roquencourt

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/etudesphotographiques/164>

ISSN : 1777-5302

### Éditeur

Société française de photographie

### Édition imprimée

Date de publication : 1 novembre 1998

ISSN : 1270-9050

### Référence électronique

Jacques Roquencourt, « Daguerre et l'optique », *Études photographiques* [En ligne], 5 | Novembre 1998, mis en ligne le 18 novembre 2002, consulté le 09 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/etudesphotographiques/164>

---

Ce document a été généré automatiquement le 9 juin 2022.

Propriété intellectuelle

---

# Daguerre et l'optique

Jacques Roquencourt

---

- 1 Les pièces essentielles dont nous disposons pour juger des débuts de l'histoire de la photographie française sont des sources écrites (en particulier la correspondance Niépce-Daguerre), quelques dispositifs et appareils, et un très petit nombre d'images. Largement sollicitées par les histoires de la photographie, les indications fournies par la correspondance sont toutefois fragmentaires, parfois confuses, et souvent difficiles à interpréter ou à vérifier. Dans ces conditions, il est compréhensible que l'analyse historique soit restée longtemps marquée par des biais issus d'opinions préétablies, dans le cadre d'un débat volontiers polémique sur les mérites respectifs des inventeurs, dont les origines remontent aux conditions mêmes de la divulgation du daguerréotype. Une autre démarche, de type archéologique, visant à reconstituer et à tester expérimentalement les dispositifs utilisés, apparaît comme un complément nécessaire pour une meilleure compréhension des mécanismes à l'oeuvre, et fournit à l'analyse le bénéfice de référents certains, qui permettent d'éclairer, de préciser ou de corriger les assertions des textes. Peu explorée par les historiens, la question primordiale de l'optique est l'une de celles qui peut apporter de précieuses informations au chapitre des débuts de la photographie. C'est à cette question que se consacre la présente contribution, synthèse de nos travaux de reconstitution par l'expérimentation et le calcul à partir des données connues<sup>1</sup>.

Les recherches optiques de Niépce

- 2 Le 28 mai 1816, Nicéphore Niépce envoie à son frère Claude ses premiers essais d'enregistrement d'images grâce au muriate (chlorure) [p. 27] d'argent, accompagnés du commentaire suivant : " Tu trouveras une des deux grandes et deux petites moins colorées que les deux autres quoique les contours des objets soient très bien marqués ; ceci provient de ce que j'avais trop rétréci l'ouverture du carton qui couvre l'objectif. Il paraît qu'il y a des proportions dont on ne peut pas trop s'écarter, et je n'ai peut-être pas encore trouvé la meilleure. Lorsque l'objectif est à nu, l'épreuve qu'on obtient paraît estompée et le spectre coloré a cette apparence-là, parce que les contours des objets sont peu prononcés et semblent en quelque sorte se perdre dans le vague<sup>2</sup>. " Ces observations, encore approximatives, résument ce qui va devenir pour Niépce l'une de ses préoccupations majeures : la recherche d'un objectif lui procurant des résultats

"convenables", dans un temps "acceptable", avec une ouverture adéquate notions éminemment subjectives qui dépendent, en dehors de tout moyen de mesure, des exigences intuitives, culturelles et professionnelles de l'expérimentateur. Niépce utilise alors de simples lentilles biconvexes, qui ne sont pas corrigées des aberrations chromatiques et dont la courbure de champ et l'astigmatisme sont importants (fig. 8. Tableau des performances comparées des objectifs, exprimées en termes de contraste (taux de modulation, de 0 à 100 %) pour 3 et 6 paires de lignes, à 0, 25, 50, 75, 100 et 125 mm de l'axe<sup>3</sup>).

- 3 Accru par le recours au bitume de Judée<sup>4</sup>, peu sensible, le souci de la durée de l'exposition est réactualisé par Claude le 3 septembre 1824, lorsque celui-ci propose à son frère d'employer un miroir situé devant l'objectif pour accroître l'intensité de la lumière<sup>5</sup>. Reprise par Nicéphore le 8 octobre, cette "ingénieuse idée"<sup>6</sup> va se traduire par la commande, l'année suivante, d'un prisme ménisque à l'opticien Vincent Chevalier, inventeur de ce dispositif qui regroupe en un seul élément objectif et miroir réflecteur (fig. 3. Schéma du brevet du prisme ménisque Chevalier, 1823 (INPI)). Dans l'intervalle, le mariage du fils de Niépce, Isidore, le 22 janvier 1825, avec la fille d'un notable d'Autin, a introduit de nouveaux témoins de ses essais, en particulier Adolphe Bataille, [p. 28] comte de Mandelot (1785-1864), voyageur et excellent dessinateur, familier de l'emploi de la chambre claire et de la chambre obscure (fig. 2. A. Brochet, A. Bataille, comte de Mandelot, portrait carte, v. 1855). Grâce à ses connaissances du milieu artistique parisien, c'est de Mandelot qui est à l'origine des relations de Niépce avec Vincent Chevalier, ainsi qu'avec le graveur Lemaître.
- 4 De 15 pouces de foyer (405 mm de distance focale), produisant des images de faible dimension, le prisme ménisque ne répond pas aux attentes de Niépce concernant la diminution du temps de pose. Sur la proposition de Chevalier, l'expérimentateur le remplace par une chambre obscure complète, dotée d'un prisme de 24 pouces de foyer (648 mm). Les résultats sont toujours insuffisants, tout comme ceux produits avec une nouvelle lentille de 3 pouces de diamètre (81 mm), de foyer identique. Le 3 février 1827, la commande de trois lentilles supplémentaires de 12 à 36 pouces confirme que Niépce recherche le meilleur rapport entre l'ouverture et la distance focale de l'objectif<sup>7</sup>. Il obtient des résultats qu'il estime "satisfaisants" grâce à la combinaison d'une lentille de 3 pouces de diamètre et d'un foyer de 12 pouces, soit un rapport d'ouverture de  $f/4$ . Il commandera par la suite des lentilles ménisques et biconvexes de 6 pouces de diamètre et de 24 pouces de foyer, respectant ce même rapport numérique.
- 5 Cependant, les résultats observés sont loin de remplir pleinement ses attentes : les images obtenues avec ce diamètre de lentille sont médiocres. On en trouve la confirmation dans un courrier du 24 juillet [p. 29] 1827 adressé à Lemaître, peu avant son départ pour l'Angleterre : "Je suis satisfait de mon procédé héliographique ; mais je ne puis pas en dire autant de l'instrument que j'emploie, qui, de même que ceux du même genre, a de très grandes imperfections. Il n'y a en effet, Monsieur, de bien éclairée et de bien nette, que la partie de l'image qui se trouve juste au foyer de l'objectif. Tout le reste est vague et confus<sup>8</sup>." Les résultats constatés prouvent qu'il n'était pas possible pour Niépce d'effectuer une reproduction de gravure à l'aide d'instruments d'optique. L'héliographie donnée à Francis Bauer, désignée par certains auteurs comme "Ruines d'une abbaye" est en fait une reproduction par contact d'une gravure par Moule d'un dessin de Daguerre intitulé "Un clair de lune" (fig. 4. "Un clair

de lune", gravure originale de G. Moule d'après un dessin de Daguerre (exemplaire annoté par Daguerre), 10,2 x 13,1 cm)<sup>9</sup>.

- 6 À son retour de Londres, pendant son séjour à Paris, ainsi qu'il l'écrit à Francis Bauer, Niépce fait réaliser de nouvelles optiques : " J'ai fait construire par l'opticien V. Chevalier un objectif achromatique qui donnera infailliblement dans la chambre noire, plus de champ et plus de netteté aux images. Il m'a confectionné pareillement pour le même objet un verre périscopique d'après le système du Dr Wollaston<sup>10</sup>. " Composé de trois lentilles de 3 pouces de diamètre, l'objectif achromatique ne pouvait cependant produire l'augmentation attendue du champ de l'image, mais seulement une amélioration de la netteté au centre. Réalisées d'après l'objectif périscopique inventé par Wollaston en 1812, composé d'une lentille ménisque dont la concavité est tournée vers [p. 30] l'objet, les deux autres optiques semblent par contre donner satisfaction à Niépce : le 20 août 1828, il indique à Lemaître qu'il a exécuté des points de vue à l'aide de ces instruments, et que les résultats qu'il obtient sont bien supérieurs à ceux produits par les dispositifs précédents. La lettre du 18 décembre adressée à Vincent Chevalier nous a toutefois longtemps laissé perplexe : " Les deux objectifs périscopiques que vous m'avez confectionnés dans le courant de février dernier ont pour moi l'inconvénient de ne pouvoir représenter que des objets peu éloignés à raison de leur court foyer<sup>11</sup> " remarque à laquelle l'opticien répond logiquement : " Un objectif de court foyer représente les objets près et éloignés aussi bien qu'un verre de long foyer, seulement l'image en est plus petite<sup>12</sup>. " Nous n'avons pu retrouver par le calcul une explication de cette observation de Niépce, les aberrations des lentilles étant trop importantes. L'éclaircissement a été apporté en procédant à des essais expérimentaux : dans le cas de la prise de vue d'un paysage lointain, avec un rapport d'ouverture de  $f/4$ , le champ de l'image et la netteté sont inférieurs à ceux fournis par une lentille biconvexe. Cependant, lorsque le paysage est constitué de bâtiments successifs à faible distance (comme dans le "Point de vue du Gras") le champ obtenu est notablement plus important que celui donné par une lentille biconvexe.
- 7 L'interprétation fautive des causes de ce résultat fait commander à Niépce deux nouvelles lentilles ménisques, de foyer double, qui vont se transformer, sur les conseils de Chevalier, en lentilles biconvexes. Avec ces instruments, l'inventeur ne pouvait qu'obtenir des résultats semblables à ceux d'avant son voyage en Angleterre ce que confirment les commentaires de Lemaître à propos de l'héliographie envoyée à Daguerre le 2 octobre 1829 : " Les lointains qui sont au centre de cette gravure, et qui en sont la meilleure partie, rendent parfaitement toute la finesse du dessin de la nature<sup>13</sup>. "
- 8 De l'ensemble des essais optiques de Niépce, on peut proposer le résumé suivant : n'étant pas corrigées de l'aberration chromatique, et faiblement corrigées de l'aberration sphérique, les lentilles biconvexes fournissent, à un rapport d'ouverture de  $f/4$ , des images de taille médiocre aux contours confus, et sont donc impropres à la constitution d'un objectif photographique. Pour en obtenir des résultats satisfaisants, il faut les utiliser à une grande distance focale, avec une ouverture modérée. Non corrigé des aberrations chromatiques, présentant des valeurs d'aberrations sphérique et de coma semblables à celles de [p. 31] la lentille biconvexe, le prisme ménisque de Chevalier ne permet pas une augmentation notable de la dimension de l'image et ne fournit pas d'amélioration sensible par rapport aux lentilles biconvexes, de même que l'objectif de Wollaston qui, présentant de fortes valeurs d'aberration, donne plus de

champ, mais avec un contraste moyen (fig. 8 [voir légende plus haut]). Aucun de ces dispositifs ne permettait d'obtenir de courts temps d'exposition avec le bitume de Judée.

L'association Niépce-Daguerre

- 9 L'essai d'héliographie envoyé par Niépce à Daguerre en octobre 1829 est longuement commenté par le directeur du Diorama, qui observe notamment : " Le verre ménisque dont vous vous servez ajoute fort peu au perfectionnement, puisqu'il ne détruit que faiblement l'aberration de sphéricité et qu'il est nul pour l'aberration de réfrangibilité [*aberration chromatique*] ; pour ce problème, la première condition est que la lumière modifiée de chaque corps arrive dans le même état sur la substance ; cela n'est pas ainsi après avoir traversé les verres biconvexe ou ménisque puisqu'elle la décompose ; cela est visible dans tous les contours de votre vue d'après nature : ils sont bordés de franges et bien plus sensibles sur les devants que dans les fonds parce que l'angle est plus ouvert<sup>14</sup>. " Analyse pertinente des phénomènes optiques en jeu, ces remarques témoignent de l'expérience de Daguerre dans l'utilisation de la chambre noire. C'est cette expérience et les bénéfices qu'en escompte Niépce, dont les essais optiques ont été jusque-là peu fructueux, qui constituent le principal motif de l'association des deux hommes<sup>15</sup>, ainsi que le confirme la réponse du chercheur bourguignon : " Ce résultat serait très supérieur et bien plus prompt avec un appareil qui aurait comme le vôtre, Monsieur, toute la perfection désirable. [...] En résumant ce que je viens de dire, l'unique difficulté qui se présente se réduirait, selon moi, à restreindre la production de l'effet dans un espace de temps moindre que celui que vous avez déterminé ; ce qui dépendrait presque entièrement de la perfection de la chambre obscure, et ce qu'il m'est impossible de constater sans cela. Si cette perfection est telle que l'image soit *éclatante* et partout d'une grande netteté, je ne doute point de la bonté, de la supériorité des résultats obtenus ultérieurement<sup>16</sup>. "
- 10 Les courriers suivants de Daguerre encouragent les espérances de Niépce. Celui du 28 octobre vante les mérites d'une nouvelle chambre noire, récemment expérimentée, qui permet d'augmenter le champ de [p. 32] l'image. Toutefois, Daguerre ne connaissant pas précisément les besoins de son interlocuteur, il faut noter que ces affirmations sont formulées en fonction de l'expérience qui est la sienne en matière de correction des aberrations sphériques pour les ouvertures alors couramment utilisées, qui ne sont pas directement transposables aux objectifs de grand diamètre employés par Niépce. Le courrier du 15 novembre précise : " Quant à la force de cet appareil, comparée à toutes les chambres obscures connues, il est comme de 3 à 1<sup>17</sup>. " Cette indication ambiguë peut s'expliquer par la possibilité d'obtenir un champ plus important grâce à une distance focale plus courte : la "force" de l'appareil traduit alors le rapport des dimensions des images obtenues.
- 11 Les diverses imperfections des objectifs utilisés par Niépce, tout comme les affirmations de Daguerre, permettaient de penser qu'il était possible d'améliorer notablement le dispositif optique. C'est sur ces bases qu'est élaboré le contrat d'association entre les deux chercheurs, signé le 14 décembre 1829, qui stipule que Daguerre devra confier à Niépce le principe sur lequel repose le perfectionnement de sa chambre noire. Durant l'année 1830, Daguerre fournit à Niépce une chambre et trois objectifs de différentes focales. Remarquant que " l'action [de la lumière] diminue en raison du nombre de verres ", il conseille de conserver sa combinaison de deux lentilles, et de tester les trois optiques ainsi conçues " pour différentes grandeurs, afin de pouvoir les appliquer

convenablement selon les objets, et avec un diaphragme mouvant, principalement pour pouvoir mettre [la chambre noire] au foyer, mais il faudra pour l'effet sur la substance le tenir extrêmement ouvert<sup>18</sup>". Ces indications décrivent un dispositif constitué de deux platines mobiles, conservé au musée Niépce de Chalon-sur-Saône, l'une portant l'objectif, l'autre un diaphragme à iris<sup>19</sup>, permettant de modifier la distance entre ces éléments et la surface sensible (fig. 5. Schéma de l'appareil de Daguerre à platines mobiles). La possibilité de réglage de la position du diaphragme par rapport à la lentille est particulièrement importante, car elle permet d'étendre la zone [p. 33] de netteté de l'image. Ce dispositif témoigne également de la méthode de Daguerre, qui procède par expérimentation empirique, et non par le calcul<sup>20</sup>.

- 12 En 1832, Daguerre découvre les propriétés photosensibles du résidu de l'essence de lavande, substance résineuse qui durcit sous l'effet de la lumière. Associée à d'autres composants, en particulier les résidus des hydrocarbures comme le naphte ou le pétrole (qui étaient considérés comme des bitumes), cette substance forme un vernis plus sensible que le bitume de Judée, que Niépce propose de dénommer "physautotype<sup>21</sup>". Ce procédé permet à Daguerre de mieux évaluer les modifications apportées à ses optiques, comme il l'explique à Niépce dans un courrier du 3 octobre, où il décrit un nouvel objectif de 6 pouces de foyer (162 mm), résultat de ses recherches : "Il m'est bien agréable de vous annoncer que j'ai fait une nouvelle combinaison qui est tellement préférable, que j'ai mis tous mes autres verres de côté, ne voulant plus m'en servir. La combinaison qui réussit si bien est un *achromatique à deux verres* qui, réunis et collés ensemble, n'en forment plus qu'un de courbure périscopique ; il faut de même un diaphragme dont l'ouverture est déterminée par le diamètre du verre. La netteté qui en résulte est telle qu'elle surpasse tout ce que nous avons obtenu même par le contact des gravures<sup>22</sup>." La comparaison avec les reproductions par contact fournit une indication qualitative importante. De fait, c'est sur la base de ce modèle, avec une disposition des lentilles identique et un rapport focal similaire, que Daguerre élabore l'objectif de 14 pouces de foyer (380 mm) qui équipera le daguerréotype commercialisé par Giroux en 1839 (fig. 7. L'objectif de Daguerre est un doublet achromatique constitué d'une lentille divergente biconcave en Flint et d'une lentille convergente biconvexe en Crown, collée par la face commune.

-	Rayon de la première face de l'objectif : $R1 = -2691,23$ mm ; rayon de la surface de collage : $R2 = 248,5$ mm ; rayon de la dernière face : $R3 = -156,54$ mm.
-	Épaisseur centrale de la 1 <sup>re</sup> lentille : $e1 = 3,713$ mm ; 2 <sup>e</sup> lentille : $e2 = 10,365$ mm.
-	Diamètre des lentilles : 83 mm ; diamètre du diaphragme : 27 mm.
-	Distance du diaphragme à la première face de l'objectif : $d = 68$ mm.
-	Indice des verres caractérisé par des coefficients du polynôme de Cauchy <sup>23</sup> : 1 <sup>re</sup> lentille, $A = 1,59327$ ; $B = 0,015503$ ; $C = -0,0007028$ ; 2 <sup>e</sup> lentille, $A = 1,496945$ ; $B = 0,0080872$ ; $C = -0,000434439$ ). C'est très vraisemblablement à l'aide de l'achromatique de 6 pouces, qui fournit des images de petite taille, que Daguerre réalise ses premiers essais de portrait en 1837 <sup>24</sup> . Peu de temps avant la mort de Niépce, qui décède le 5 juillet 1833, Daguerre [p. 34] a donc pleinement rempli sa part du contrat, en apportant d'importants perfectionnements à la chambre noire, et en inventant le premier véritable objectif photographique, qui présente des corrections satisfaisantes des aberrations, un contraste remarquable à faible ouverture, et des performances globales bien supérieures aux dispositifs auparavant testés par Niépce <sup>25</sup> (fig. 8 [voir légende plus haut]). [p. 35]

## Débuts de polémique

- 13 En 1841, Charles Chevalier, qui a commercialisé l'année précédente son objectif dit "à verres combinés", minimise largement ces améliorations : " L'objectif employé par M. Daguerre est périscopique et achromatique. Mais ce n'est pas ici qu'il faut chercher le génie inventif du peintre du Diorama, car cette combinaison était connue et l'on avait construit des verres semblables bien avant l'apparition du daguerréotype<sup>26</sup>. " Une telle affirmation est difficilement soutenable, car on s'explique mal pourquoi, dans ce cas, les Chevalier avaient fourni à Niépce un objectif achromatique à trois lentilles, d'un coût plus élevé, et de forme extérieure biconvexe, impropre à produire les résultats escomptés. En fait, tout laisse à penser que ces opticiens n'avaient pas compris l'action du diaphragme sur le champ de l'image<sup>27</sup>. L'objectif à verres combinés de Charles Chevalier (fig. 13. Schéma de l'objectif à verres combinés de C. Chevalier) ne propose qu'un plagiat de l'objectif de 14 pouces, assorti de deux lentilles à long foyer (ou "bonnettes"), confirmant indirectement la valeur des recherches optiques de Daguerre. Cependant, les propos de l'opticien seront repris par Edmond de Valicourt<sup>28</sup> et surtout par Isidore Niépce, pour alimenter son pamphlet contre l'inventeur du daguerréotype<sup>29</sup>, contribuant à nourrir une vision négative et simplificatrice de l'apport de Daguerre<sup>30</sup>.
- 14 D'autres appréciations contemporaines laissaient pourtant clairement transparaitre leur admiration. Scientifique réputé pour ses travaux sur l'optique théorique et expérimentale<sup>31</sup>, Jean-Baptiste Biot écrivait ainsi à Talbot en mai 1839 : " Il m'a paru curieux de pouvoir assigner les conditions physiques générales auxquelles [Daguerre] a dû nécessairement satisfaire pour obtenir la perfection où il est arrivé comme exécution d'art. Or pour vous donner un exemple de sa sagacité, je vous dirai que parmi ces conditions, il y en a de purement optiques, qui sont d'une extrême délicatesse, je ne parle pas de la nécessité que l'objectif soit périscopique pour obtenir les foyers sur un même plan à diverses distances angulaires de l'axe et je savais bien qu'il l'avait remarqué. Mais il y a une autre condition plus délicate. Chaque substance impressionnable ayant pour ainsi dire son spectre de visibilité propre, qui peut être en partie en coïncidence avec le spectre lumineux, mais aussi en partie extérieure à ce spectre ; il s'ensuit que les courbures de l'objectif doivent être telles qu'il soit achromatique pour ce spectre idéal, non pour le nôtre ; de sorte qu'il devra être approprié à l'impressionnabilité spéciale de chaque substance. Or, ayant montré mon article à M. Daguerre, après [p. 38] l'avoir écrit, et avant qu'il fût imprimé, il m'a dit avoir bien remarqué aussi *expérimentalement*, cette condition-là, et avoir varié les courbures de son objectif périscopique, achromatisé, jusqu'à ce qu'il la jugeât satisfaite par le maximum de netteté qu'il obtenait [...]. Il a trouvé que le maximum d'efficacité s'obtenait dans les rayons bleus, par conséquent tout près des verts qui sont à peu près au milieu de notre spectre chromatique. Or, quand les opticiens construisent des objectifs achromatiques *pour les yeux*, il reste toujours quelques défauts de compensation qui tournent vers le bleu ou vers le rouge. Si, à force d'essayer différents objectifs, il est tombé sur un, où l'excès fût vers le bleu, cet objectif aura été parfait pour sa substance, et il se sera tenu aux courbures qu'il se trouvait avoir. Mais vous voyez combien de telles remarques supposent de sagacité dans un homme qui n'avait fait aucune étude d'optique ni de chimie spéciale, avant de s'être mis en tête ce sujet qu'il a constamment suivi pendant quatorze ans, avec une infatigable passion<sup>32</sup>. "
- 15 Nous avons pu vérifier par nos essais la condition décrite par Biot, qui n'est autre que la coïncidence des foyers optique et chimique, redécouverte par Claudet en 1844. Nous

emprunterons à l'opticien Secrétan sa conclusion, conforme aux résultats de nos calculs et de nos essais : " La lentille achromatique indiquée par Daguerre est d'une grande perfection, et l'on n'a pas construit depuis, d'objectif plus parfait, pour les reproductions de paysages. Néanmoins, à foyer égal, on est parvenu à augmenter un peu le champ de l'image<sup>33</sup>. " [p. 39]

image *Jacques Roquencourt est ingénieur, expert à la direction technique de Thomson-CSF/RCM, et professeur associé à l'université Paris-X. Il prépare actuellement une thèse de doctorat consacrée à Daguerre.*

image L'auteur tient à remercier pour leur concours Jean Boucher, Anne Duffié d'Anglemont, André Gunthert, Paul Jay, Serge Kakou, Mme Bernard Lefebvre, Gérard Lévy, Paul Marillier, Louis de Maigret, Marc Pagneux, Françoise Reynaud, Anthony Turner, ainsi que Claude Babolat (Cerco), Claude Puech et Jacques Debize (Angénieux). [p. 40]

## NOTES

1. Nous avons procédé à l'expertise de l'objectif de Daguerre en mesurant les rayons de courbure et les indices des lentilles, grâce au concours de la société Cerco (voir fig. 7), ainsi qu'à des simulations de performances par le calcul (voir fig. 8), confrontés avec les résultats numériques obtenus par Angénieux à partir des mêmes caractéristiques (une réplique est en cours de réalisation, pour confirmation des résultats). Nous avons également effectué différentes prises de vue avec l'objectif de Daguerre, à fins de vérification (voir fig. 10 à 12). Pour une meilleure compréhension, le lecteur se reportera au précis des termes d'optique en annexe.

2. Lettre de Nicéphore Niépce à Claude, 28 mai 1816, *Lettres 1816-1817*, Rouen, Lecerf, 1973. À propos du diaphragme, Leonhard Euler expliquait déjà en 1768 : " Lorsque l'espace de diffusion d'un verre objectif est trop grand pour que le défaut dans la netteté de l'image qui en résulte soit supportable, rien n'est plus aisé que de remédier à ce défaut ; on n'a qu'à couvrir le verre d'un cercle de carton percé en son centre, de sorte que le verre ne puisse transmettre d'autres rayons " (*Lettres à une princesse d'Allemagne* [1768], Paris, Bachelier, 3e éd., 1812, t. II, p. 487-488, voir fig.1).

3. Ce graphique résume l'étude comparative entre les objectifs couramment utilisés sur les chambres noires de l'époque et l'objectif de Daguerre. Les calculs des caractéristiques de la lentille biconvexe, de l'objectif périscopique de Wollaston et du prisme ménisque des Chevalier ont été effectués pour la même distance focale de 560 mm et la même ouverture numérique de 11 (indications de Wollaston). L'objectif de Daguerre de 380 mm de distance focale est étudié pour des ouvertures numériques variant de 11 à 19. L'analyse de l'image est faite sur un diamètre de 250 mm échantillonné tous les 25 mm, incluant ainsi le format "pleine plaque" de 160 mm par 210 mm. Le tableau représente le contraste moyen de la fonction de transfert de modulation (MTF) de chaque objectif, calculé à trois et six paires de lignes par millimètre pour les différents points retenus sur l'image, avec un réglage de la mise au point permettant d'obtenir le maximum de champ. Les calculs sont effectués pour une

longueur d'onde de 0,55  $\mu\text{m}$  (maximum de sensibilité de l'oeil) pour les trois objectifs de la chambre noire, et à 0,43  $\mu\text{m}$  (sensibilité de l'iodure d'argent) pour l'objectif de Daguerre. L'indice de réfraction, identique pour les trois objectifs non achromatisés, est de 1,505.

4. Le principe physico-chimique de l'héliographie est la sensibilité du bitume de Judée, basée sur un phénomène de polymérisation (" durcissement "). Ce principe constituera la base du contrat d'association entre Niépce et Daguerre (cf. J. Roquencourt, " Louis Daguerre ", *Vivre en Val d'Oise*, n° 48, février-mars 1998, p. 21-22). La sensibilité obtenue avec le combiné bitume de Judée-essence de lavande dépend du dosage du bitume dissout dans l'essence de lavande (ce dosage peut partir d'une concentration nulle ; dans ce cas, la sensibilité minimale est celle du résidu résineux contenu dans l'essence de lavande). L'aspect obtenu sur une plaque de cuivre varie du positif au négatif suivant la concentration du bitume : négatif/positif à faible concentration (utilisable pour les reproductions de gravure), négatif à forte concentration (nécessaire pour la reproduction des demi-teintes). L'effet négatif-positif est connu des graveurs : une plaque faiblement gravée donnant ces deux aspects par réflexion spéculaire, en faisant varier l'inclinaison de la plaque. Il n'y a pas d'image latente : à faible concentration, l'image est visible, elle est simplement masquée par la coloration du bitume en cas de forte concentration.

5. Lettre de Claude Niépce à Nicéphore, 3 septembre 1824, transcription inédite de la correspondance de Claude, par B. Lefebvre et M. Barette, archives de B. Lefebvre, Rouen.

6. Lettre de N. Niépce à Claude, 8 octobre 1824, in Toritchan Pavlovitch Kravets (éd.), *Documentii po istorii izobretenia fotografii...*, Moscou, Leningrad, Nauka, 1949, p. 156.

7. Cf. lettres de N. Niépce à Vincent Chevalier, 8 octobre 1826 et 3 février 1827, *Correspondances 1825-1829*, Rouen, Lecercf, 1974.

8. *Ibid.*, p. 62.

9. Francis Bauer, qui a écrit au dos de l'épreuve la mention : " From a print of about 2,5 feet long ", avait probablement mal compris l'indication fournie par Niépce, la dimension réelle de la gravure correspondant à un pied français divisé par 2,5.

10. Lettre de N. Niépce à F. Bauer, 4 mai 1828, *Correspondances 1825-1829*, *op. cit.*, p. 110.

11. *Ibid.*, p. 120.

12. *Ibid.*, p. 122.

13. Lettre de F. Lemaître à N. Niépce, 12 octobre 1829, in T. P. Kravets, *op. cit.*, p. 289.

14. Lettre de Louis Daguerre à N. Niépce, 12 octobre 1829, *ibid.*, p. 286.

15. Cf. André Gunthert, " Daguerre ou la promptitude ", *Études photographiques*, n° 5, novembre 1998, p. 5-8.

16. Lettre de N. Niépce à L. Daguerre, 23 octobre 1829, in T. P. Kravets, *op. cit.*, p. 291.

17. Lettre de Louis Daguerre à N. Niépce, 15 novembre 1829, *ibid.*, p. 301.

18. *Id.*, 26 février 1830, *ibid.*, p. 339.

19. On rencontre souvent, dans les histoires de la photographie, l'attribution de l'invention du diaphragme à iris à Niépce ou à Charles Chevalier. Connue dès le début du siècle (cf. Thomas Spratt, *History of the Royal Society* [éd. J.I. Cope, H.W. Jones], Washington University Studies, Saint Louis, Missouri, 1958, p. 314), ce dispositif est utilisé par Daguerre dans sa chambre noire. Comme en atteste le courrier précédemment cité, c'est lui qui en conseille l'usage à Niépce.

20. Développées depuis le xviii<sup>e</sup> siècle, les méthodes de calcul théoriques permettant d'améliorer les capacités des lentilles sont connues des scientifiques et pratiquées par certains opticiens au XIX<sup>e</sup> siècle.

21. Un article de Jean-Louis Marignier et Michel Ellenberger (" L'invention retrouvée de la photographie ", *Pour la Science*, n° 232, février 1997, p. 36-43), consacré à l'analyse des résultats de la reconstitution de ce procédé, étend la dénomination de " physautotype " à l'ensemble des travaux issus de ce premier procédé. Daguerre poursuivra en effet ses recherches après la mort de Niépce sur ces substances, mais l'appellation est modifiée en 1833 (" physotype ", terme qui, dans le code forgé par Niépce, peut se traduire par : " empreinte naturelle ", cf. Kravets, *op.cit.*, p.422), ce qui correspond à l'évolution du procédé, qui ne comprend plus alors que le résidu d'huile essentielle de lavande. La technique divulguée en 1839 sous le titre de " Modifications apportées au procédé de M. Niépce " témoigne d'une autre évolution importante, puisque l'image est révélée aux vapeurs de pétrole, innovation introduite par Daguerre en 1834.

22. Lettre de L. Daguerre à N. Niépce, 3 octobre 1832, in T. P. Kravets, *op. cit.*, p. 403.

23. Formule du polynôme de Cauchy :

$N = A + M + M$  (où  $l$  correspond à la longueur d'onde, exprimée en micronmètres).

24. Cf. A. Gunthert, *loc. cit.*, p. 13-14. L'objectif a probablement été utilisé retourné (ce qui permet d'augmenter la pupille d'entrée et de diminuer le temps de pose), conformément à l'observation énoncée par Daguerre dès avril 1833 (cf. T. P. Kravets, *op. cit.*, p. 411). Nous avons procédé, à partir des données techniques de l'objectif de 380 mm, à des simulations en version 6 pouces : cette optique donne de bons résultats avec une ouverture numérique de  $f/6$ . Dans le cas où l'objectif est retourné, l'ouverture descend à  $f/4$ , et les résultats sont acceptables sur un champ d'environ 50 mm. Lors de nos essais de daguerréotype (sans produit accélérateur), nous avons obtenu des portraits en 3 minutes avec une ouverture de  $f/5,6$ , ce qui correspond à 90 secondes pour une ouverture de  $f/4$ .

25. Nous avons étudié l'objectif pour trois ouvertures numériques, l'augmentation étant à chaque fois proche du demi-diaphragme. La distance focale représente les deux tiers de celles des autres objectifs. Ce n'est pas un objectif astronomique retourné, ses rayons de courbure ne sont pas les solutions des équations quadratiques (voir *annexe*). Il n'est pas complètement dépourvu d'aberration sphérique et sa coma est identique à celle de la lentille biconvexe. Sa distorsion, de 1,7 mm à 100 mm de l'axe, est, comme pour l'objectif périscopique, due au positionnement du diaphragme en amont de l'objectif. Comme le montrent les photographies, cette valeur de distorsion n'est pas gênante pour les prises de vue de paysage ou d'architecture. Le positionnement du diaphragme à 68 mm en avant du doublet donne des courbes d'astigmatisme identiques à celles de la figure 6b de l'annexe technique, avec, comme réglage de la mise au point, la ligne B de cette même figure. La différence de tirage entre ce réglage et le réglage pour le maximum de contraste dans l'axe est de 1 mm. Pour une ouverture de  $f/11$ , jusqu'à 75 mm de l'axe, cet objectif donne des performances supérieures aux autres combinaisons testées. Le contraste obtenu est proche de l'objectif périscopique à 100 mm, et faible à 125 mm. L'amélioration de l'objectif de la chambre noire est déjà notable, puisqu'il a les performances réunies de la lentille biconvexe et de l'objectif périscopique, avec une distance focale plus courte. Daguerre a livré, en 1839, ses chambres noires avec un objectif muni d'un diaphragme fermé à  $f/14$  permettant une hausse du contraste à 75 mm, celui-ci passant respectivement, pour 3 et 6 paires de

lignes/mm, de 45 % et 22 % à 70 % et 32 %. L'amélioration à 100 mm est sensible pour 3 pl/mm, le contraste passant de 27 % à 41 % ; par contre, elle reste encore faible à 125 mm (8 %). L'examen des prises de vue du Palais-Royal et de Corneilles (voir fig. 11 et 12) confirme ces résultats théoriques. Comme nous l'avons aussi vérifié, cet objectif donne sensiblement les mêmes résultats pour 0,43  $\mu\text{m}$  et 0,55  $\mu\text{m}$ . Les remarques faites par l'opticien Secrétan trouvent ici toute leur justification. Dans son ouvrage, E. de Valicourt indique qu'il est préférable, pour la prise de vue de paysages, d'utiliser une ouverture de diaphragme de 20 mm, ce qui donne une ouverture numérique de f/19 avec l'objectif de Daguerre. Les valeurs obtenues sont indiquées sur les dernières lignes du tableau (voir fig. 8). L'image est nette sur l'ensemble du format pleine plaque.

26. Charles Chevalier, *Nouvelles Instructions sur l'usage du daguerréotype*, Paris, chez l'auteur, 1841, p. 10.

27. Rédigée en collaboration avec Jean Boucher, une étude à paraître, consacrée à la comparaison des objectifs de Chevalier et de Petzval, développera ce point plus en détail.

28. " L'inventeur du daguerréotype a pris et laissé la chambre noire au point où l'avaient amenée les perfectionnements de l'illustre Wollaston " (Edmond de Valicourt, *Nouveau Manuel complet de photographie sur métal, sur papier et sur verre*, Paris, Librairie encyclopédique Roret, 1862, vol. 1, p. 7).

29. " L'objectif de la chambre noire de M. Daguerre n'est autre que la lentille périscopique du Dr Wollaston, achromatisée " (Isidore Niépce, *Histoire de la découverte improprement dénommée daguerréotype*, Paris, Astier, 1841, p.40).

30. On en retrouve la trace jusque dans les travaux les plus récents : " Charles Chevalier conçoit en 1840 le premier objectif élaboré spécialement pour la photographie, l'objectif à verres combinés " (Marie-Sophie Corcy, " L'instant photographique ", *La Revue. Musée des Arts et Métiers*, n° 15, juin 1996, p. 48).

31. Cf. Jean-Baptiste Biot, *Traité élémentaire d'astronomie*, t. II, Paris, 1841.

32. *Id.*, lettre du 27 mai 1839 à Henry Fox Talbot, National Museum of Photography, Film and Television, Bradford.

33. Secrétan, *cit. in* Edouard de Latreille, *Répertoire général de photographie*, Paris, 1858, p. 377-378.