

en est aussi rempli et le lendemain, ces larves ont quitté le cadavre et se sont enfouies dans le sol. Il ne reste que le squelette et des lambeaux de peau qui disparaîtront en quelques mois.

La connaissance du cycle de ponte dans un habitat naturel permet d'adapter les cycles théoriques : aujourd'hui on date la mort avec une précision de deux jours, si la mort remonte à moins de six mois, et de une semaine, si la mort est antérieure. Outre son apport technique, cette expérience enseigne aux enquêteurs à rechercher des asticots autour du cadavre alors même que celui-ci en est exempt : ces précieux indices pour l'enquêteur ont pu en effet s'enfoncer dans le sol à l'entour.

## Le prix immérité

**Le problème à  $n$ -corps est résolu, mais trop tard.**

**E**n 1885 trois géants des mathématiques, Karl Weierstrass, Charles Hermite et Gösta Mittag-Leffler établirent une liste des problèmes mathématiques qui leur semblaient importants. Celui qui en résoudrait un seul recevrait 2 500 couronnes d'or à l'occasion du soixantième anni-

versaire du Roi de Suède, en 1889. Parmi ces problèmes, figurait le problème à  $n$ -corps : étant donné les positions et les vitesses initiales de  $n$  objets qui s'attirent selon la loi de la gravitation, par exemple les planètes du Système solaire, il fallait prédire leurs positions et leurs vitesses après un temps quelconque.

Après plus d'un siècle de recherches, le problème formulé par Weierstrass a été résolu par Wang Qiu-Dong en 1991. Personne ne s'en aperçut avant que Florin Diacu de l'Université de Colombie Britannique ne proclame sa pertinence dans le *Mathematical Intelligencer*.

Weierstrass était convaincu qu'il n'existait pas de solution analytique. Une solution analytique est une formule ne contenant qu'un nombre fini de termes, comme l'équation de l'ellipse, la solution du problème à deux corps (le mouvement de la Terre autour du Soleil). Weierstrass demandait aux concurrents non pas une telle formule, mais un série unique comportant un nombre infini de termes, et dont la somme donnerait la réponse avec autant de précision qu'on le désirait. Il fallait que la série solution converge pour toutes les valeurs du temps. Ainsi, la série  $1 - a^2 + a^4 - a^6 + \dots$  converge si et seulement si  $a$  est compris entre  $-1$  et  $+1$ .

Les collisions étaient une difficulté majeure. Si deux particules entrent en collision, alors les trajectoires indépen-

dantes n'existent plus et ces événements singuliers faisaient obstacle à la convergence des séries. Wang introduisit une dilatation temporelle, qui fait que le temps s'écoule plus vite à mesure que deux objets se rapprochent, et ainsi les collisions ne se produisent qu'après un temps infini. Ayant repoussé le problème jusque dans l'éternité, la série de Wang converge toujours.

Malheureusement la solution est de peu d'intérêt pratique car il faut additionner un nombre énorme de termes pour avoir une solution très approximative. Et Wang ne gagnera pas le prix : il a été décerné à Henri Poincaré qui avait montré qu'il ne pouvait exister de solutions pour des temps infinis.

L'article de Poincaré était brillant et allait mettre «sur orbite» ce que l'on désigne aujourd'hui par la théorie du chaos. Toutefois Poincaré n'était pas tatillon, et son article était truffé d'erreurs. À tel point qu'il dut être retiré de la vente par Mittag-Leffler et réimprimé, aux frais de Poincaré...

Il n'empêche : pour ce fait d'armes, Poincaré obtint injustement un prix qu'il méritait certainement mille fois pour sa vision de l'imprévisibilité du problème à  $n$  corps. Car outre le problème posé par les collisions, il subsiste la sensibilité aux conditions initiales découverte par Poincaré, sensibilité qui impose une précision initiale infinie si l'on veut prédire les mouvements des planètes à l'infini.

Christoph PÖPPE



Laure Graudon/Art Resource

Les mouvements des planètes, représentés ici sur une peinture de tapisserie du XVIII<sup>e</sup> siècle, est le plus fameux exemple du problème à  $n$ -corps.



Collection Vollet

Henri Poincaré (1854-1912) a gagné le prix du roi de Suède en 1889 sur la base de son mémoire sur le problème à  $n$  corps. Une de ses affirmations n'a été infirmée qu'après un siècle.

# L'invention retrouvée de la photographie

JEAN-LOUIS MARIGNIER • MICHEL ELLENBERGER

*La reconstitution expérimentale des procédés de Niépce fondée sur l'interprétation de ses lettres dévoile le génie «édisonien» de l'inventeur de la photographie.*

**N**icéphore Niépce (1765-1833) a inventé le premier procédé photographique : il a ainsi exaucé le vieux rêve humain de fixer pour l'éternité un moment de vie. Ses recherches, commencées en 1816, ont duré plus d'une décennie, et les principaux résultats en sont consignés dans sa *Notice sur l'héliographie* de 1829.

Si les historiens de la photographie rendent généralement justice à cet inventeur de génie, ils situent mal son apport original et mésestiment les difficultés qu'il a affrontées, puisqu'ils ont analysé son œuvre sur la base des connaissances actuelles, évidemment inconnues du père fondateur. Niépce a utilisé de façon personnelle des concepts scientifiques et techniques de son époque et il les a énoncés dans un langage qu'il faut savoir déchiffrer.

En effet, la compréhension de ces documents, leur interprétation en termes actuels pour en situer le mérite et les enjeux sont les premières tâches de l'historien des sciences. Dans le cas de Niépce, l'analyse des textes est loin d'être suffisante. Il faut l'accompagner sur les diverses voies de son cheminement expérimental pour saisir le sens de telle expérience particulière, ou ce qui a motivé l'adoption ou le rejet de telle autre opération. C'est ce qu'a fait l'un de nous (J.-L. Marignier).

C'est en analysant les documents originaux que les expériences de Niépce ont été reconstituées. Ainsi

s'éclairent les observations de Niépce, ainsi sont comblées les lacunes de ses écrits, puisqu'il ne précisait pas certains phénomènes qui lui semblaient aller de soi. Cette démarche, la reconstitution expérimentale historique, permet de comprendre le principe, les mécanismes et performances du procédé, et d'éliminer les contresens faits par les historiens de la photographie (qui ne sont pas chimistes). Depuis 160

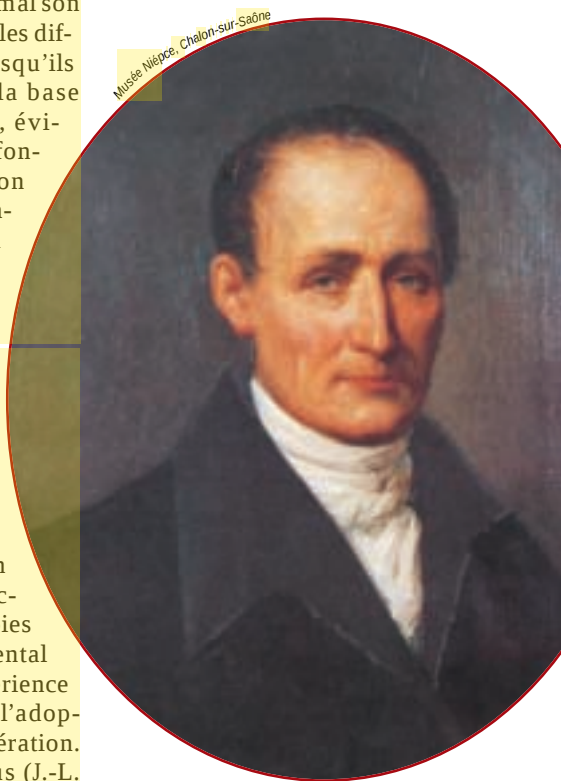
ans, cette reconstitution originale d'expériences historiques n'avait pas été faite dans sa totalité. Maintenant, il nous est possible de suivre les pas de Niépce pour saisir «l'instant de genèse» de la photographie.

## La correspondance de Niépce, une source codée

En 1816, Nicéphore Niépce a cinquante et un ans. Il partage son temps entre sa maison de Chalon-sur-Saône et sa propriété, proche, de Saint-Loup-de-Varennnes, où il a installé son laboratoire. L'abondante correspondance qu'il entretient avec son frère Claude, son aîné de deux ans, qui habite à Londres, donne, au jour le jour, un reflet détaillé de ses activités ; il assure la difficile gestion du domaine familial et poursuit avec passion et persévérance ses recherches.

Il décrit à sa manière ses expériences, ses tâtonnements et les conclusions qu'il en tire. Une fois déchiffrée et placée dans son contexte, cette correspondance a valeur de cahiers de laboratoire. Écrite dans une prose claire et imagée, elle montre un vif sentiment de la nature. Nicéphore Niépce s'y révèle un inventeur curieux, alliant la vivacité d'esprit des Lumières à la sensibilité du premier romantisme.

Lorsque débutent, en 1816, les recherches de Nicéphore qui le mèneront à l'héliographie, les deux frères ont déjà une carrière d'inventeurs derrière eux. Ils ont mis au point le



**1. NICÉPHORE NIÉPCE (1765-1833) est un inventeur prolifique : il met au point le premier moteur à explosion en 1807 et se consacre, à partir de 1816, à la photographie.**

premier moteur à combustion interne, le *pyréolophore* (1807), ils se sont intéressés à la propulsion des bateaux, au pompage des eaux, à l'extraction de l'indigo, aux «végétaux nourissants». Ouverts à l'air du temps malgré leur éloignement de la capitale, ils participent activement à l'avènement du monde industriel.

L'idée qui guide les recherches de Nicéphore Niépce, telle qu'il la présentera dans sa *Notice* de 1829, est de «reproduire spontanément, par l'action de la lumière, avec les dégradations de teintes du noir au blanc, les images reçues dans la chambre obscure». Projet ancien, puisqu'il rappellera à son frère (lettre du 16 septembre 1824) qu'ils ont travaillé ensemble à cette découverte lors de leur séjour à Cagliari, en Sardaigne (1797). L'idée de conserver par des moyens chimiques l'image qui se forme dans la chambre obscure avait certes déjà été avancée en 1802 par Thomas Wedgwood (1771-1805), mais il n'y a aucune raison de supposer que les frères Niépce aient connu les tentatives de ce chercheur mort prématurément.

Le mois de mai 1816 apporte de grandes satisfactions à l'inventeur. Une couche d'un composé photosensible dont, d'après les textes ultérieurs, nous avons tout lieu de penser qu'il s'agissait de «muriate d'argent» (chlorure d'argent) qui noirci à la lumière, est étalée sur une feuille de papier. Celle-ci est placée au fond de la chambre obscure. L'objectif ayant été changé à la suite d'un incident, la focale utilisée (comme nous dirions aujourd'hui) est plus courte. L'incident est fécond. Niépce constate que l'image de la vue de sa fenêtre qui «se peint» sur le papier



Harry Ransom Center

**2. VUE DE LA FENÊTRE à Saint-Loup-de-Varennes.** Cette photographie, réalisée par Niépce en 1827, est la seule qui soit parvenue jusqu'à nous. C'est une image négative au bitume de Judée, sous-exposée, sur de l'étain blanc réfléchissant. Le vernis qui reste aux endroits illuminés a été attaqué par le solvant du fait de la sous-exposition et est devenu mat. Dans un endroit sombre et sous éclairage oblique, l'étain reflète de l'ombre (parties noires), alors que le vernis, qui diffuse la lumière, apparaît clair (parties blanches) : l'image semble être un positif. Le fait que les deux murs opposés à droite et à gauche soient éclairés simultanément témoigne de la longueur du temps de pose (au moins une journée). Cette photographie de l'image obtenue par Niépce a été réalisée sous éclairage rasant en 1952. Au tirage, le contraste a été augmenté artificiellement, puis la photographie a été retouchée. Le résultat est assez éloigné de la plaque de Niépce.

est plus lumineuse et plus nette que prévu, mais, sur la couche sensible, l'ordre des teintes est inversé.

«Le fond du tableau est noir, et les objets sont blancs, c'est-à-dire plus clairs que le fond.» Néanmoins, affirme Niépce, «la possibilité de peindre de cette manière me paraît à peu près démontrée» (lettre du 5 mai 1816). Nicéphore a réalisé ce jour-là le premier négatif photogra-

phique sur papier de l'histoire. Mais celui-ci n'est pas fixé, il continue à noircir quand on le regarde à la lumière.

Niépce multiplie les expériences, construit de nouvelles chambres obscures dont il garnit les objectifs de «disques de carton percé» (diaphragmes) pour gagner en netteté (la profondeur de champ augmente quand la taille du diaphragme diminue).



P.L.S./Jean-Louis Margnier

**3. HÉLIOGRAPHIE au bitume de Judée sur étain réalisée de la même façon que la plaque de Niépce de la figure 2.** En vue normale, l'étain reflète la lumière et l'image apparaît négative (a). En éclairage oblique dans un endroit sombre, l'image apparaît en positif (b).