

La mécanique du vivant dans l'œuvre d'Etienne-Jules Marey - 1

. Bien souvent et à toutes les époques, on a comparé les êtres vivants aux machines, mais c'est de nos jours seulement que l'on peut comprendre la portée et la justesse de cette comparaison¹.

Médecin et physiologiste par incitation paternelle, ingénieur par vocation, Etienne-Jules Marey fut, selon ses propres termes « ingénieur de la vie ». Toute son originalité est là : utiliser des pratiques et une méthode d'ingénieur-mécanicien pour l'étude et la compréhension du vivant. Marey c'est d'abord une certaine manière d'aborder la vie pour en saisir les secrets à travers des dispositifs qui visent à rendre visible ces plus infimes manifestations. Le savant – on dirait aujourd'hui le scientifique – est confronté à une double difficulté : celle de saisir des phénomènes qui échappent à notre perception et celle d'en exposer clairement la description et les causes. Marey le dit dès l'introduction de son ouvrage *La méthode graphique dans les sciences expérimentales* : « La science a devant elle deux obstacles qui entravent sa marche : c'est d'abord la défektivité de nos sens pour découvrir les vérités, et puis l'insuffisance du langage pour exprimer et pour transmettre celles que nous avons acquises² ». » Il reprendra cette remarque presque telle quelle dans son ouvrage de *synthèse Le mouvement*. Car la fonction du savant est aussi double : savoir et faire savoir, créer des connaissances et les faire partager. C'est ce double obstacle qui se présente à la double vocation de la science que la méthode graphique que Marey va développer sans cesse, du tambour enregistreur à la chronophotographie. Car cette méthode graphique va permettre de rendre sensible ce qui ne l'est pas immédiatement et d'exposer les résultats dans des graphes et des images facilement interprétables. Ainsi les illustrations sont abondantes dans ses ouvrages. Toute l'ambition de la méthode tient en quelques mots : « Les méthodes que les physiologistes emploient ont presque toujours pour but de rendre saisissable ce que l'œil ne saurait voir³. » Il s'agit donc de voir l'invisible, de prolonger finalement ce que Leeuwenhoek avait entrepris au XVIIe siècle avec le microscope.



L'auteur

Gérard Chazal

Professeur honoraire
d'histoire et philosophie des
sciences-Université de
Bourgogne
<http://gerard.chazal.pagesperso-orange.fr/>



Cependant la méthode graphique va plus loin encore car elle saisit l'infime, le caché au plus intime de l'être vivant, le mobile, l'évanescence et le met sous notre regard, l'offre à la mesure, à la quantification. « Autant le langage est lent et obscur quand il s'agit d'exprimer des rapports de durée et de succession, autant la représentation graphique est claire et facile⁴. » Cette méthode est donc bien à la fois un moyen d'exploration, un outil de compréhension et une procédure d'exposition.

Le physiologiste et l'ingénieur vont se rencontrer sur un terrain bien particulier auquel s'adapte la méthode graphique autant qu'il la détermine : celui du mouvement. Bien sûr l'ingénieur mécanicien est celui qui conçoit les dispositifs et l'appareil qui vont assurer le contrôle du mouvement pris dans les chaînes cinématiques qui constituent les machines de toutes sortes. Ce sont eux aussi qui mettent au point des dynamiques qui permettent l'asservissement des forces naturelles en vue de notre maîtrise de la nature et de la production des biens destinés à la satisfaction de nos besoins. Mais par ailleurs le mouvement c'est ce qui caractérise la vie. Non seulement tout être vivant se déploie dans l'espace plus ou moins vite mais abrite en lui-même des variations incessantes, des scissions, des répétitions, des changements infimes mais vitaux et obéit à des rythmes qui tissent la durée de la vie, les rythmes organiques. Or, justement, ce sont ces mouvements qui bien souvent demeurent insaisissables à nos sens parce que trop rapides ou trop lents et toujours évanescents voire fugaces et infimes. Et tout écart, toute rupture dans ces rythmes peut être le signe d'une pathologie, d'où l'importance pour le médecin de les percevoir. Ce sont eux que la méthode graphique devra amplifier, ralentir ou accélérer, rendre enfin visibles et livrer à notre exploration. Ce que va réussir Marey, et ce qui constitue la forme la plus accomplie de sa méthode, c'est de forcer le phénomène lui-même dont il entreprend l'étude à tracer sur le papier, par la courbe ou l'image, sa durée et toutes les variations que celle-ci subit.

Ce que nous voudrions montrer dans cet article c'est qu'une méthode aussi puissante ne va pas sans corrélat épistémologique et philosophique. Il en résulte non seulement une véritable philosophie de la trace, une idée du temps et de la durée contraire à bien des égards à celle que Bergson va développer et enfin toute une conception de la vie qui s'oppose avec force au vitalisme. Marey va développer une mécanique du vivant à travers à la fois son approche par l'empreinte et la trace et sa manière d'aborder le temps qui ira jusqu'au titre provocateur de son ouvrage de 1873 : *La machine animale*. Cette philosophie de la vie que Marey élabore est donc un mécanisme, non pas ou non plus celui de La Mettrie ou de quelques penseurs des XVIIIe et XIXe siècles mais ce que l'on pourrait appeler un néo-mécanisme qui se trouve aujourd'hui repris par certains domaines de l'informatique.

Nous allons donc reprendre le chemin vers cette conception mécaniste de la vie à travers d'abord la méthode qui relève essentiellement d'une philosophie de la trace, puis la maîtrise du temps et de la durée que cela suppose pour enfin en exposer les grandes lignes.

I – La philosophie de la trace.

Pourquoi commencer par la méthode ? C'est qu'elle est souvent, et certainement chez Marey, inséparable du résultat. Elle commande le résultat et la philosophie comme en retour elle est guidée par la philosophie. La méthode ne précède pas la philosophie du savant, elle en découle et en retour la façonne. Le mécanisme de Marey est tout entier dans la méthode graphique autant que ce mécanisme se construit à travers le graphe et la photographie.

Le premier postulat de Marey est que la vie est associée au mouvement comme la mort au repos. Comprendre la vie se sera donc comprendre les mouvements qui à tous les niveaux animent les êtres vivants, animaux et hommes. Non pas que seul le vivant connaîtrait le mouvement et Marey utilisera la chronophotographie aussi pour comprendre les mouvements des fluides de toutes sortes, gaz ou liquides, mais le vivant se présente comme mouvement aussi bien intérieurement (rythme cardiaque, respiratoire, circulation des fluides organiques...) qu'extérieurement par la locomotion, la marche, la course, le vol ou la nage.

Or, par essence, parce qu'il tient à la fois du temps et de l'espace⁵, le mouvement est évanescence. Il faudra donc trouver les dispositifs techniques permettant de le figer voire de le recomposer. Ce sera le rôle de la méthode graphique et surtout de la chronophotographie qui permettra non seulement l'analyse du mouvement, mais aussi sa synthèse (le cinématographe) qui permet, suivant les besoins de l'accélérer ou de le ralentir.

Le second postulat de la méthode mareysienne tient dans le refus de ce que François Dagognet appelle le « mythe de la profondeur⁶ ». L'idéal scientifique est celui de l'explication possible. Certes, Marey reconnaît bien volontiers qu'il demeure encore une large part d'inexpliqué dans le domaine de la vie et de la physiologie mais il refuse énergiquement comme, par exemple, au début de *La machine animale*, que cet inexpliqué devienne le prétexte d'un « mysticisme exalté », que l'on cède à « l'attrait de l'inintelligible⁷ »



dans un sorte de fascination pour l'irrationnel. D'où le constat de Marey : « Guidée par l'expérimentation, la physiologie cherche et retrouve les forces physiques dans un grand nombre de phénomènes vitaux ; chaque jour voit s'accroître le nombre des cas auxquels on sait appliquer les lois ordinaires de la nature. Ce qui leur échappe reste pour nous l'inconnu, mais non plus l'impénétrable ». Cela implique que l'exposé scientifique ne soit pas une imitation imagée de la réalité mais une transposition éclairante telle qu'on puisse déduire les mécanismes à l'origine des phénomènes étudiés. La méthode graphique sera donc d'abord cette transposition des phénomènes de la vie les plus profonds, les plus intimes, les moins directement accessibles à l'observation, dans des traces qui permettent de remonter à leurs causes. Ainsi, dès le départ Marey s'intéresse à la circulation du sang et aux mouvements du cœur. D'où le sphygmographe qui transforme le pouls en une courbe faite de pics et de creux où l'on peut lire le rythme des systoles et diastoles et où les pulsations du cœur viennent s'inscrire ; des réglages adéquats permettront de repérer d'éventuelles anomalies de manière précise et quantifiée bien mieux que la prise du pouls du bout des doigts. Le cardiographe conçu par Marey avec Chauveau rendra compte de l'activité du cœur d'un cheval à travers trois courbes inscrites sur le rouleau de papier noircie au noir de fumée ; les stylets sont mus à partir d'un capteur au niveau des oreillettes, d'un capteur au niveau des ventricules et d'un capteur des battements du cœur contre la paroi de la poitrine. Cette triple inscription permet de faire apparaître les synchronies. Marey indique qu'« il était possible d'après le graphique du battement extérieur du cœur, de connaître tout ce qui se passe à l'intérieur de cet organe⁸ » On pourra même mesurer des rapports de puissance entre ventricules ou oreillettes. Les systèmes de levier mis au point par Marey permettent non seulement de traduire le mouvement physiologique par un tracé mais encore de l'amplifier lorsqu'il est trop ténu. Le myographe rendra ainsi compte des moindres contractions musculaires. On pourrait craindre un découpage trop réductionniste, l'organisme n'étant saisi qu'élément par élément pris séparément, ce qui interdirait de comprendre le tout. Mais un polygraphe enregistrera plusieurs mouvements internes (cœur, poumons...) et permettra de saisir des correspondances souterraines. Et puis surtout, depuis longtemps la médecine sait lire le tout dans la partie, la maladie dans le symptôme, l'interne dans le superficiel ; depuis longtemps elle est attentive aux apparences (la couleur et la texture de la peau, la couleur du blanc de l'œil, etc.) qui livre extérieurement les troubles les plus intimes. L'utilisation de capteurs (en particulier de pression) non seulement permet au mouvement de s'inscrire de lui-même par sa trace mais décale l'observation du mouvement vers une feuille de papier où sa durée se déploie dans l'espace et se fige.

Cependant, dans les différents systèmes inventés par Marey où le mouvement organique est traduit par celui d'un stylet sur une bande de papier noircie au noir de fumée animée elle-même d'un mouvement qui linéarise le temps, tout demeure dans le continu. Le mouvement continu devient une trace continue sur le papier, trace qui permet de lire les variations, les rythmes et les synchronies. Or certains mouvements, en particulier ceux de la locomotion humaine et animale, comportent des ruptures brusques comme lorsqu'un pied quitte le sol ou au contraire s'y pose. Il s'agit alors de repérer des positions anatomiques en tout ou rien (le pied repose sur le sol ou demeure en l'air sans état intermédiaire ou mixte. Ce sont ces traces-là aussi que Marey va s'attacher à saisir en équipant le pied de l'homme ou du cheval de dispositifs sensibles à la pression comme des petites poches de caoutchouc capables de s'écraser et de chasser l'air qu'elles contiennent, par un tuyau souple vers un dispositif inscripteur. Dans Le mouvement de nombreux exemples de telles traces sont donnés. On y voit, le long d'une ligne horizontale représentant le temps, des segments plus épais qui correspondent au temps d'appui des quatre pieds d'un cheval par exemple. Ces segments par leurs positions en alternance et en diverses intersections dressent les signatures des différentes allures du cheval. De manière plus simple, en ce qui concerne l'homme par exemple, on voit clairement que dans la marche chaque pied est en appui à tour de rôle, le segment correspondant au pied droit suivant immédiatement le segment relié au pied gauche. Dans le cas de la course on voit apparaître un temps plus ou moins long où aucun pied n'est en appui et où le coureur est comme suspendu dans l'air. Cette fois-ci on passe du continu au discret. Et cela ne signifie pas un appauvrissement de la trace par rapport au réel, mais une transposition qui permet de ressaisir l'essentiel en rendant sensible ce qui était trop fugace pour être perçue par l'œil. En effet le continu demeure bien souvent obscur et pour comprendre un phénomène il faut alors passer à la perception dans l'instant. Pour rendre compte de cela, Marey prend l'exemple du cylindre de révolution, c'est-à-dire du cylindre engendré par une ligne représentée par un fil tournant autour d'un axe dont il reste à distance constante : « Mais cette trajectoire continue ne ferait pas facilement comprendre la manière dont elle est engendrée. Si l'on veut montrer qu'elle résulte bien des déplacements du fil qui viennent, à chaque instant, ajouter un nouvel élément à la surface du cylindre, il convient de recueillir les images de ce fil à des intervalles de temps successifs, c'est-à-dire en admettant la lumière d'une manière intermittente⁹ ». Le successif et l'intermittent en se substituant au continu en permettent d'en comprendre la genèse. Encore une fois, la trace mareysienne n'est pas une image fidèle de la réalité mais bien une transposition qui l'éclaire. Cela va aussi ouvrir à la possibilité de la chronophotographie. On sait que Marey va découvrir l'usage de la photographie pour élaborer de nouvelles traces du mouvement d'une part dans les photographies de Muybridge et d'autre part dans le revolver photographique de Janssen utilisé pour saisir le transit de Vénus devant le soleil. Marey cite l'un et l'autre, en particulier dans Le mouvement. Il donne d'ailleurs de Janssen une longue citation dans laquelle celui envisage l'utilisation du revolver photographique pour la physiologie : « La propriété du revolver, de pouvoir donner automatiquement une série d'images nombreuses et aussi rapprochées qu'on veut, d'un phénomène à variations rapides, permettra d'aborder des questions intéressantes de mécanique physiologique se rapportant à la marche, au vol, aux divers mouvements des animaux.¹⁰ ».

Ce sont ces dispositifs qu'il va perfectionner, systématiser et dont il va faire des outils de recherche scientifique étonnamment performants. Le fusil photographique, entre autres, permettra de dépasser certains défauts de l'appareil de Janssen et de transposer la méthode d'observation de la course des astres à celle des êtres vivants.

En effet, les premiers dispositifs de Marey que nous venons d'évoquer avec leurs capteurs et tous les systèmes qui les relient à l'inscription constituent des mécaniques qui peuvent altérer les mouvements de l'organisme ainsi équipé. Cela est d'ailleurs particulièrement sensible lorsqu'il s'agit de comprendre le vol de l'oiseau qui, aussi allégé que soit le matériel se trouve entravé. Cela deviendra même impossible avec des êtres vivants encore plus petits comme les insectes aux ailes fragiles. Par ailleurs, le stylet et le tambour tournant qui porte le papier sur lequel vient s'inscrire le mouvement présente une certaine inertie, aussi faible soit-elle qui les rend souvent impropres à l'étude «d'un phénomène à variations rapides ». Marey écrit donc dans l'avertissement de *Développement de la méthode graphique par l'emploi de la photographie*¹¹ « Depuis la publication du *Traité de la méthode graphique dans les sciences expérimentales*¹², j'ai cherché dans l'emploi de la photographie la solution de certains problèmes qui échappaient aux procédés d'inscription mécanique des mouvements. » Lors d'une conférence donnée le 29 janvier 1899, il commencera ainsi : « La chronophotographie, c'est l'application de la photographie instantanée à l'étude du mouvement ; elle permet à l'œil humain d'en voir les phases qu'il ne pouvait percevoir directement ; et elle conduit encore à opérer la reconstitution du mouvement qu'elle a d'abord décomposé.¹³ »

Muybridge que Marey avait rencontré en 1881 avait déjà publié des photographies instantanées de cheval à différentes allures. L'idée de décomposer le mouvement par la photographie comme l'avait déjà fait Janssen pour la trajectoire de Vénus devant le soleil permit à Marey de conduire jusqu'au bout, jusqu'à une sorte d'accomplissement sa méthode graphique et sa philosophie de la trace. Car la photographie sur plaque fixe ou plaque mobile permet d'obtenir une trace sans contact. Le sujet étudié n'est plus entravé par les capteurs de toutes sortes et les liaisons avec les dispositifs inscripteurs ; le mouvement saisi est un mouvement libre même s'il doit être confiné dans un espace et se déployer dans des conditions de lumière particulière : fond noir, zone réservée où le sujet et lui seule est éclairé par le soleil, voire habillage de noir et repères clairs marquant les articulations et les grandes lignes du squelette. Marey concevra le fusil photographique sur l'idée du revolver de Janssen¹⁴, ce qui va enfin permettre d'analyser en ses différentes phases, sans liens et sans déformation, le vol des oiseaux, mouvement encore plus complexe que celui des quadrupèdes ou celui de l'homme dans leurs différentes activités physiques. Cependant, le fusil photographique n'est pas un simple déplacement du regard des astres vers les êtres vivants. En effet, en changeant l'échelle des intervalles de prise de vue, Marey fait faire au dispositif photographique un bon qualitatif. Alors que le revolver de Janssen prend une photo toutes les 70 secondes, le fusil de Marey en prend une tous les 8 centième de seconde. Ce qui pouvait suffire pour le mouvement relativement lent du trajet apparent d'un astre dans le ciel ne peut convenir à la vitesse des mouvements de la plupart des êtres vivants. Le temps en est proprement atomisé. Et l'on voit clairement à la lecture du livre *Le mouvement*, le souci constant de Marey de multiplier le nombre de photographies en un temps donné et de réduire au maximum le temps d'ouverture de l'objectif tout en conservant une bonne qualité de l'image. De même le passage de la photographie sur plaque fixe à la photographie sur plaque mobile (disque tournant ou ruban photosensibles) est largement commandé par le souci d'obtenir une analyse du mouvement telle que le chevauchement des images ne conduise pas à la confusion. La philosophie de la trace devient une philosophie du compromis.

La question que posaient déjà les appareils inscripteurs qui ont précédé la chronophotographie et que celle-ci rend encore plus cruciale est celle de savoir comment la méthode se justifie. Nous voulons dire par là qu'il faut déterminer ce qui garantit que les images obtenues à travers des moyens mécaniques nous renvoient bien une représentation adéquate de la réalité mouvante, c'est-à-dire se demander quel est le fondement ontologique de la méthode. La photographie n'est-elle pas du côté des apparences ? Si certains artistes, comme Baudelaire, ont pu lui reprocher son réalisme, le savant ne doit-il pas se méfier de ces transpositions faciles d'autant que d'autres artistes ont compris très vite la puissance créatrice de la photographie. Cependant d'autres scientifiques l'utilisent à d'autres fins, ainsi d'Albert Londe à La Salpêtrière dans le domaine médical pour, dans la suite des travaux de Charcot, mieux cerner l'hystérie, ainsi d'Alphonse Bertillon à l'hôtel de police pour rationaliser le contrôle de la délinquance, ainsi encore de Guillaume Duchenne de Boulogne pour mettre en évidence la mécanique musculaire à l'origine de l'expression des émotions. Toutefois, chez Marey, c'est le même fondement qui soutient la méthode graphique et la chronophotographie : une machine peut très justement rendre compte de la réalité qu'elle transpose parce que la réalité elle-même est de nature machinique ou mécanique. Dès 1873, avec la publication de *La machine animale*, Marey pose ce postulat, même si le titre même de l'ouvrage peut paraître scandaleux à certains. La citation que nous avons mise en exergue de cet article en est l'expression. C'est parce que le corps humain et plus généralement le corps animal est une machine qu'une machine à la fois mécanique, optique et chimique, peut en analyser le fonctionnement, permettant ainsi de relever les rapports étroits que la fonction et la structure entretiennent dans l'esprit de Marey et la complémentarité de l'anatomie et de la physiologie.

« Le plus grand intérêt de la zoologie n'est pas de décrire, ni de classer les formes si variées que présente le règne animal mais de saisir le lien qui existe entre la forme et la fonction. [...] on est bien loin de comprendre ces relations pour la plupart des organes ; mais déjà, pour quelques-uns, le mécanisme de leur action est assez bien connu pour que la notion anatomique éclaire la fonction physiologique ¹⁵ ». Cette vision mécaniste sous-tendant la méthode, en particulier chronophotographique, permet de rendre compte de l'anatomie par la physiologie et réciproquement. Ainsi la suite de photographies d'un oiseau en vol permet de comprendre comment les forces en jeu sur les différents éléments, os, muscles et plumes, pris dans leur composition et la structure de leur assemblage, rendent compte du phénomène. Car la chronophotographie suppose et montre ou démontre, dans le mouvement des organismes vivants, l'existence des mêmes forces que celles qui se rencontrent en mécanique. Nous allons y revenir mais on voit bien comment la méthode que Marey utilise dans son étude des êtres vivants est étroitement associée à cette conception où la machine se livre à travers d'autres machines. La trace que fournit la machine est nécessairement celle de dispositifs où les forces de la physique du monde inanimé sont omniprésentes. C'est bien pourquoi la chronophotographie qui vaut pour la marche de l'homme, ses exercices divers, pour le trot ou le galop du cheval, pour le vol de l'oiseau ou la nage du poisson, vaut aussi pour visualiser la loi de la chute des corps et celles de la balistique¹⁶, les mouvements d'un gaz ou les tourbillons d'un courant.

En effet, au postulat ontologique mécaniste, il faut ajouter un postulat épistémologique important : pour Marey, comprendre suppose que l'on voit et expliquer suppose que l'on montre. L'importance chez Marey de la vue, de rendre visible l'invisible, le caché ou le fugace, n'est pas sans rappeler la vieille tradition aristotélicienne : « En effet, non seulement pour agir, mais même lorsque nous ne nous proposons aucune action, nous préférons, pour ainsi dire, la vue à tout le reste. La cause en est que la vue est, de tous nos sens, celui qui nous fait acquérir le plus de connaissances et découvre une foule de différences. ¹⁷ » Mais la vision doit être, dans la démarche scientifique, guidée, organisée, sélective. Ainsi Marey va cacher une partie du corps à l'œil de la machine en le rendant noir sur fond noir. Cela constitue une procédure réductrice voire, selon une expression d'André Rouillé dans son étude de la photographie ¹⁸, une amputation qui fait que la chronophotographie s'éloigne de la ressemblance parfaite, de la pure analogie pour ne rendre lisible que l'essentiel. Lorsque tout le corps sera noirci à l'exception de points réfléchissant sur les articulations et quelques lignes blanches marquant les éléments importants structuraux du squelette, c'est à une véritable abstraction qu'aboutit la photographie savante. C'est peut-être cette objectivité scientifique construite par abstraction des éléments essentiels de la locomotion qui fait que Marey va beaucoup plus loin que Muybridge. Il suffit pour saisir cette différence de comparer les suites photographiques de Muybridge avec les chronophotographies les plus abstraites de Marey. Pourtant, malgré le caractère abstrait, voire schématique, de certaines chronophotographies, nous reconnaissons sans peine le geste qu'elles étudient. C'est que Marey a su, à travers le dispositif technique isoler les formes pertinentes. On pourrait ainsi aller chercher rétrospectivement dans les chronophotographies de Marey des arguments en faveur de la psychologie de la forme dans ses analyses de la perception ou des théories topologiques de René Thom sur les formes prégnantes et saillantes.

Cependant si la chronophotographie est une méthode pour analyser le mouvement, le décomposer en instantanés qui se prêtent à l'examen, elle se complète par la possibilité de le recomposer. Comme Marey s'est approprié les techniques de Muybridge et de Janssen, il va – suivant en cela, encore, Muybridge – s'emparer de tous les dispositifs qui tout au long du XIXe siècle ont transformé des images fixes en une séquence animée. « Aussi, du jour où M. Muybridge réussit à photographier des séries d'attitudes de l'homme et des animaux en action, s'empressa-t-il de recourir à la méthode de Plateau pour réaliser la synthèse des mouvements dont il avait fait l'analyse. ¹⁹ » Marey s'intéressera dès lors à tous les dispositifs de reconstitution du mouvement fondés sur la persistance rétinienne : le phénakistiscope de Joseph Plateau (1832) mais aussi le zootrope de William Horner (1834) ou le praxinoscope de Reynaud (1877) et procédant par perfectionnements comme il l'avait fait pour le revolver de Janssen, il réalisera un « projecteur chronophotographique » qui constitue bel et bien l'invention du cinéma. Cependant Marey restera indifférent à cette invention dans ses dimensions artistiques et économiques. C'est en scientifique qu'il aborde ce renversement de la méthode chronophotographique. Pour lui il s'agit d'abord soit de ralentir les mouvements trop rapides soit d'accélérer ceux qui sont trop lents. On pourra alors observer le battement des ailes d'un insecte aussi bien que la croissance d'une plante. On sait quel avenir ces techniques auront. En effet reproduire le mouvement comme les appareils précédents le faisait à partir d'images dessinées dans un but purement ludique n'intéresse pas Marey : « Toutes ces tentatives seraient puériles si elles se bornaient à reproduire ce que l'œil voit quand on regarde un animal vivant. ²⁰ » affirme-t-il avant de plaider pour les possibilités de ralenti et d'accélération. Parfois, aujourd'hui encore, le cinéma se souvient qu'il a eu deux naissances : celle d'un art avec Méliès et celle d'un instrument pour les sciences avec Marey ; et perdue un cinéma scientifique.

- ¹ Etienne-Jules Marey, *La machine animale*, (1873), édition revue « EP.S », Paris, 1993, Introduction p. v.
- ² Etienne-Jules Marey, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et médecine*, Masson, Paris, 1878, p. 1.
- ³ Etienne-Jules Marey, *Le mouvement*, (1894), réédition Jacqueline Chambon, Nîmes, 2002, p. 275.
- ⁴ Etienne-Jules Marey, *Le mouvement*, ouvrage cité, p. 20.
- ⁵ De manière tout à fait suggestive, le premier chapitre de *Le mouvement* s'intitule « Du temps – sa représentation graphique. Mesure du temps par la photographie » et le second chapitre : « De l'espace – Sa mesure et la représentation par la photographie »
- ⁶ François Dagognet, *Etienne-Jules Marey*, Hazan, Paris, 1987, p. 48.
- ⁷ Ces deux expressions se trouvent dans *La machine animale* (1873), édition revue « EP.S », Paris, 1993, p. 3.
- ⁸ Etienne-Jules Marey, *Physiologie médicale de la circulation du sang*, A. Delahaye, Paris, 1863, p. 104
- ⁹ Etienne-Jules Marey, *Le mouvement*, ouvrage cité, pp. 43-44.
- ¹⁰ *Ibid.* p. 124.
- ¹¹ Etienne-Jules Marey, *Développement de la méthode graphique par l'emploi de la photographie*, Masson, Paris, 1884, p. 1.
- ¹² Masson, Paris, 1878
- ¹³ Etienne-Jules Marey, *La chronophotographie*, Gauthier-Villars, Paris, 1899.
- ¹⁴ Cf. l'article de Josette Ueberschlag paru dans n°4 des *Cahiers* de l'Association des Amis de Marey et des musées de Beaune.
- ¹⁵ Etienne-Jules Marey, *Le mouvement*, ouvrage cité, p. 263.
- ¹⁶ Voir le chapitre VI de *Le mouvement*, ouvrage cité, pp. 103-121.
- ¹⁷ Aristote, *Métaphysique*, A, 1, 980 a.
- ¹⁸ André Rouillé, *La photographie*, Gallimard, Folio Essais Inédits, Paris, 2005, pp. 94-97.
- ¹⁹ Etienne-Jules Marey, *Le mouvement*, ouvrage cité, p. 308.
- ²⁰ *Ibid.* p. 309.