

Le régime scopique du XIX^e siècle et la vision selon Hermann von Helmholtz

Alexandre Métraux

Otto-Selz-Institut, Universität Mannheim

Introduction

Dans la volumineuse étude qu'il consacra à la théorie de la connaissance helmholtzienne, Jacques Bouveresse a eu raison de souligner que « la physiologie, à l'époque où écrit Helmholtz, a des choses nouvelles et importantes à dire à propos de l'appareil sensoriel considéré, justement, comme un instrument d'une certaine sorte, et de la sensation, envisagée non plus essentiellement comme un donné, qui doit être accepté simplement tel qu'il est, mais comme un effet qui dépend pour une part essentielle des particularités de cet instrument. » [Bouveresse 1995, 95] L'influence qu'exerce l'appareil sensoriel sur la genèse de la sensation — ou de ce que nous nommons 'sensation', sans trop nous préoccuper du bien-fondé de notre manière de dire la chose que nous semblons éprouver quand nos sens sont affectés¹ — fait que l'oeil, pour ne parler que de lui, n'est plus concevable comme simple organe de transit qui, à la manière d'un miroir sans tain, permettrait à l'homme, en voyant *à travers* le mi-

¹Le doute relatif aux façons de parler de données sensorielles est justifié si l'on considère les difficultés que pose la description de configurations relativement simples. Est-ce qu'un point rouge sur fond blanc correspond à deux sensations (celle du rouge et celle du blanc) ou à un nombre indéfini de sensations ? Est-ce que le nombre de sensations générées par la lecture du mot imprimé 'sensation' est identique au nombre de lettres que compte le mot ? Si oui, comment déterminer le nombre de sensations du même mot imprimé en caractères immenses ? Enfin, est-il à la rigueur absurde de vouloir *dénombrer* des sensations ?

roir, de se former une représentation visuelle du monde en tout point homologue à l'image *renvoyée* par l'autre face du miroir.

Hermann von Helmholtz a sensiblement modifié (ou reformulé) la notion d'appareil sensoriel. Il y est parvenu grâce à son ingéniosité, qui lui a permis de conjuguer l'activité intellectuelle du théoricien avec l'habileté de la main du concepteur d'appareils intelligents (c'est sans doute l'ophtalmoscope qui a fait sa réputation mondiale). Ses contributions à l'optique physiologique, par contre, sont loin d'avoir fait l'unanimité.

D'une part, des divergences de vue ont surgi au sein même de l'école de pensée dont Helmholtz fut l'initiateur. Parfois minimes et parfois refoulées, ces divergences s'avèrent être peu prononcées, donc mal repérables sans analyse assez poussée des documents disponibles. D'autre part, les divergences réelles qui se sont manifestées dans les prises de positions d'Ewald Hering et d'Ernst Mach contre certains théorèmes formulés par Helmholtz cachent souvent un consensus assez large quant aux leviers de la vision humaine.

A force de mettre en relief les opinions divergentes des « grands acteurs » de l'époque, les historiens des sciences ont fini par trop négliger les deux aspects que je viens de mentionner. Il n'en demeure pas moins vrai qu'une étude plus attentive à ces deux aspects (d'une part les divergences au sein de l'école de Helmholtz, d'autre part les convergences entre les approches antagonistes), est susceptible de nuancer l'image parfois naïve qu'on se fait et des crédos philosophiques et épistémologiques, et des démarches expérimentales des savants dont il est question ici.

À l'époque de Helmholtz, la plupart des phénomènes optiques produits dans les laboratoires de recherche ont en effet été reconnus comme données scientifiques de plein droit. Leur existence n'a pas été révoquée en doute. Ils ont fait l'objet d'observations répétées en divers endroits par différents chercheurs. Ces observations ont été jugées soit concordantes, soit très semblables. Si, tout compte fait, la vraisemblance de ces phénomènes n'a été mise en doute par aucun des acteurs de l'époque, grands ou mineurs, il s'ensuit qu'il devait exister une sorte d'entente tacite sur les notions de base concernant la vision humaine. Je dénote cet ensemble de notions fondamentales par le terme de « régime scopique » que j'emprunte à Jonathan Crary, qui l'a repris de Martin Jay [cf. Crary 1990, 57 et Jay 1988].

Ce régime scopique diffère sensiblement du régime scopique précédent qui s'inspirait avant tout de la mécanique. On peut donc affirmer que la notion de *vision* qui sous-tend ces deux régimes scopiques a subi une transformation majeure vers à la fin du siècle des Lumières.

Mais le régime scopique du XIX^e siècle est tout sauf homogène. D'une part, on ne minimise plus l'apport de l'oeil à la formation de sensations visuelles, apport confirmé par d'innombrables observations et analyses expérimentales. Du fait de l'autonomie de l'appareil sensoriel optique, la question de savoir à quel degré ce que nous voyons correspond à ce qui est ne peu plus être éludée. D'où les thématiques aussie variées que controversées de la référentialité de l'intuition visuelle, du « réalisme perceptif », de la sensation en tant que signe, etc. D'autre part, le développement de la photographie nourrit une rhétorique qui postule l'équivalence entre l'oeil (guidé par l'attention) et l'appareil photographique en tant que dispositif d'observation impartiale et « objective ». Claude Bernard proclame ainsi que l' « observateur doit être le photographe des phénomènes, son observation doit représenter exactement la nature. Il faut observer sans idée préconçue ; l'esprit de l'observateur doit être passif, c'est-à-dire se taire ; il écoute la nature et écrit sous sa dictée. » [Bernard 1865, 39-40] Cette proclamation est d'autant plus étrange que Bernard semble avoir connu les travaux de Helmholtz dans lesquels il est démontré que la substance du système nerveux périphérique ne demeure pas passive dans la perception de la nature, c'est-à-dire qu'elle ne se tait pas, même si l'esprit de l'observateur s'efforce à garder le silence pour écrire sous la dictée de la nature.

Cette rhétorique de l'observation passive s'amplifie sous la plume d'Emile Zola qui, dans *Le roman expérimental*, ne cesse de paraphraser Bernard dont il reprend la valorisation du regard photographique : « Un reproche bête qu'on nous fait, à nous autres écrivains naturalistes, c'est de vouloir être uniquement des photographes. Nous avons beau déclarer que nous acceptons le tempérament, l'expression personnelle, on n'en continue pas moins à nous répondre par des arguments imbéciles sur l'impossibilité d'être strictement vrai, sur le besoin d'arranger les faits pour constituer une œuvre d'art quelconque. Eh bien, avec l'application de la méthode expérimentale au roman, toute querelle cesse. » [Zola 1968, 1180]²

Le régime scopique au temps de Helmholtz est donc assez flexible non seulement pour englober des hypothèses parfois divergentes et parfois contradictoires concernant les mécanismes de la vision, mais encore pour ne pas être menacé par des notions qui semblent à première vue être contraires aux principes par lesquels il se distingue des approches du « réalisme photographique » naïf.

²Cf. à ce propos l'article très informé d'Albers [2002].

Etant donné que le choix des outils matériels et symboliques dont les chercheurs font usage dans l'analyse de la vision n'a été ni fortuit, ni aléatoire, mais découle en partie du régime scopique en vigueur, il n'est pas inutile d'une part de retracer les grandes lignes de ce régime (en le comparant au régime antérieur), et, d'autre part, d'analyser quelques unes des fluctuations ou irritations épistémologiques qui s'y sont produites.

J'opposerai dans un premier temps le régime scopique des XVII^e et XVIII^e siècles à celui du XIX^e siècle. Dans un deuxième temps, quelques aspects de l'optique physiologique de Helmholtz feront l'objet d'une reconstruction analytique. Enfin, je terminerai cet essai par quelques remarques concernant les rapports entre l'optique physiologique et la théorie de la connaissance.

L'oeil de la chambre noire

Les lecteurs de Descartes se souviennent qu'il considère (dans la *Dioptrique*) la chambre noire comme le dispositif optique qui ressemble le plus à l'oeil. Pour illustrer la stricte analogie entre l'un et l'autre, et pour élaborer une explication du fonctionnement de l'oeil par le détour de l'explication du fonctionnement (supposé connu *more geometrico*) de la chambre noire, il recourt à un stratagème par lequel l'oeil se métamorphose en chambre noire.

D'après l'explication proposée par Descartes, la chambre noire reçoit des images lorsque, « l'ayant toute fermée », on « réserve un seul trou, et ayant mis au devant de ce trou un verre en forme de lentille, on étend derrière, à certaine distance, un linge blanc, sur qui la lumière vient des objets du dehors [...] ». Ce passage n'annonce aucune nouvelle découverte ; ce qui y est dit de la chambre noire appartient au savoir normalisé de l'époque. Personne ne l'attaque sur ce point, alors que la théorie des tourbillons ne fait pas l'unanimité et deviendra pour Isaac Newton le point d'achoppement d'un développement épistémique radicalement différent.

La chambre noire étant à la fois pensée et perçue comme modèle matériel de l'oeil, Descartes énonce rapidement l'équation entre le dispositif et l'organe de la vue : « [...] cette chambre représente l'oeil ; ce trou, la prunelle ; ce verre, l'humeur cristalline, ou plutôt toutes celles des parties de l'oeil qui causent quelque réfraction ; et ce linge, la peau intérieure, qui est composée des extrémités du nerf optique » [Descartes 1963, 686-687]

Reste à prouver que l'oeil est bien l'équivalent parfait de la chambre noire, et que les observations concernant son comportement vis-à-vis de

la lumière peuvent être appliquées par rétro-projection à l'organe de la vue. C'est à ce dessein que Descartes se rend chez un anatomiste ami ou chez son boucher, se procure une oeil frais, auquel il ôte « les trois peaux qui l'enveloppent, en sorte qu'une grande partie de l'humeur [...] demeure découverte, sans qu'il y ait rien d'elle pour cela qui se répande ; puis, l'ayant recouverte de quelque corps blanc, qui soit si délié que le jour passe à travers », il place « cet oeil dans le trou d'une fenêtre fait exprès [...] en sorte qu'il ait le devant [...] tourné vers quelque lieu où il y ait divers objets [...] éclairés par le soleil ; et le derrière [...] vers le dedans de la chambre [...] et en laquelle il ne doit entrer aucune lumière, que celle qui pourra pénétrer au travers de cet oeil. » Regardant alors sur le corps diaphane qui recouvre l'arrière de l'oeil, Descartes y voit « non peut-être sans admiration et plaisir, une peinture » qui représente « fort naïvement en perspective tous les objets » qui sont au dehors. Et le philosophe de conseiller à ses lecteurs de répéter l'expérience de telle façon « que cet oeil retienne sa figure naturelle, proportionnée à la distance de ces objets : car pour peu que vous le pressiez plus ou moins que de raison, cette peinture en deviendra moins distincte. Et il est à remarquer qu'on doit le presser un peu davantage, et rendre sa figure un peu plus longue, lorsque les objets sont fort proches, que lorsqu'ils sont plus éloignés. » [Descartes op.cit., 687]

Par le montage de l'oeil sur l'ouverture de la chambre noire, il est démontré que le fond de celui-là présente à l'observateur une image homologue à l'image qui se forme lorsque les rayons traversent une lentille montée sur la même ouverture du dispositif. Il faut en conclure que l'oeil fonctionne comme une chambre noire à dimension réduite, ou inversement que la chambre noire fonctionne comme un oeil surdimensionné.

Mais alors que l'écran (le linge de la chambre noire) *reçoit* des images, les images reçues par l'oeil doivent en outre être communiquées aux parties du corps situées en aval de la « peau intérieure » qui fait fonction d'écran. Cette peau est une surface sur laquelle sont distribués les points terminaux des « filets du nerf optique » [Descartes op.cit., 715]. Ce qui suit dans le développement de Descartes est un résumé de sa théorie de la communication nerveuse. Qu'ils communiquent des impressions de la main, de l'oreille ou de l'oeil au cerveau, les filets des nerfs afférents exercent chaque fois la même fonction. Ainsi, la peau au fond de l'oeil est recouverte d'un nombre fini de points sensibles prêts à être mus par les rayons lumineux, qui sont de nature corpusculaire. Lorsque les corpuscules atteignent cette peau (la rétine), leur martèlement cause aux points d'excitation le déclenchement d'un mécanisme tirant vers le bas les petits filets du nerf optique, qui dérechef ouvrent un nombre

strictement équivalent de valvules, frayant ainsi le passage aux esprits animaux — eux aussi de nature corpusculaire — qui vont mettre en marche un mécanisme situé dans ou sur la glande pinéale à l'interface entre l'esprit et le corps.

Ajoutons que l'emplacement des points terminaux supérieurs des filets nerveux correspond aux points d'excitation rétinienne, si bien que l'on peut caractériser le rapport entre entrées et sorties neurales en termes (modernes) de projection somatotopique.

Pour résumer l'approche de Descartes en tant que représentant du régime scopique de son époque, je retiendrai les aspects suivants :

(a) L'enchaînement des processus est d'ordre physique (du moins, chez l'homme, jusqu'à l'intervention de l'esprit, phase finale de la formation d'intuitions visuelles). Cet enchaînement relève de la substance étendue, et s'avère être de nature mécano-corpusculaire.

(b) L'enchaînement des processus se divise en deux segments, dont le premier, anté-rétinien, est optique, et dont le deuxième, rétinien et post-rétinien, est bio-mécanique (au sens iatomécanique de la deuxième moitié du XVII^e siècle, et non pas au sens moderne du terme).

(c) A chaque point du champ de vision correspond, dans les limites de la projection définie par les lois de l'optique, un point du tableau qui apparaît sur la rétine, et à chacun de ces points rétiniens correspond, à son tour, un point somatotopique sur la surface de la glande pinéale.

(d) La géométrie naturelle, instituée au même titre que toutes les parties du corps, se rapporte à l'évaluation trigonométrique de rapports de proportion reçus par l'oeil individuel, ces rapports étant identiques dans les deux images rétiniennes. C'est dire que la vision binoculaire, la bioplopie, résulte de la simple addition de la vision de l'oeil gauche à celle de l'oeil droit (ou inversement). L'oeil de cyclope dicte en conséquence les normes du regard, d'où l'importance attribuée à la chambre noire dans la modélisation de la vision.

Bien entendu, la révolution de l'optique déclenchée par Isaac Newton et les newtoniens, p. ex. le chevalier d'Arcy, ne demeure pas sans effets sur la recherche. Ce sont en particulier les couleurs accidentelles (phantômes chromatiques que chaque individu peut observer sur sa propre personne en suivant quelques consignes expérimentales très simples) qui attisent la curiosité des savants, étant donné qu'il s'agit d'une part de faits que personne ne dément, et d'autre part de phénomènes dont il faut chercher le lieu d'origine ou d'émergence ailleurs que dans le monde extra-oculaire. Tout porte à croire qu'il s'agit bien d'apparitions visuelles causées dans ou par la rétine suite aux irritations lumineuses. Et

pourtant, comme en atteste l'article « oeil » de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert, la chambre noire fait toujours fonction de modèle.

Le régime scopique du XIX^e siècle

Ce n'est que vers le fin du siècle des Lumières et au tout début du XIX^e siècle que s'amorce pour de bon le nouveau régime scopique, qui se démarque de son prédécesseur à la fois par la fracture entre l'optique physique et l'optique physiologique, et par des tentatives répétées de rendre les deux vastes champs théoriques compatibles l'un avec l'autre. La recherche physiologique accélère la découverte de mécanismes de la perception visuelle pour l'explication desquels une théorie strictement physique ne suffit pas, alors que, de par sa tendance généralisatrice, c'est bien l'optique physique qui anticipe à l'horizon de la pensée scientifique l'unité future d'une discipline qui, par défaut, n'est pas encore capable d'englober, voire de phagocyter les explications proposées par les physiologistes. La dynamique résultant de la présence d'une tendance centrifuge (due au hiatus réel entre le physique et le physiologique) et d'une tendance centripète (due à la quête de l'unité idéale qui manque à l'optique telle qu'elle se pratique dans les laboratoires), crée des perturbations et des irritations auxquelles toute analyse historique et épistémologique exigeante doit rester sensible, quitte à devoir infliger des révisions aux grandes fresques historico-épistémologiques qui ont pour fonction de résumer non pas les péripéties, mais les acquis la glorieuse histoire de la « vérité scientifique ».

Dans ce qui suit, je tente de décrire sommairement quatre éléments constitutifs du régime scopique auquel se réfèrent (explicitement ou non) les théoriciens de la vision tout au long du XIX^e siècle. L'exemple de Helmholtz semble d'ailleurs posséder une valeur paradigmatique dans la mesure où il illustre à la fois la fonction heuristique de ce régime scopique et la confirmation progressive de celui-ci par le résultat de ses propres recherches.

Premier élément : l'autonomie de la rétine. L'activité rétinienne autonome se manifeste soit après la cessation de l'influx lumineux par la production d'images accidentelles, soit en l'absence d'agents lumineux par la production mécanique ou électrique de sensations fantasmagoriques. D'une part, toute excitation assez puissante de la rétine laisse des traces sous forme de simili-copies, positives ou négatives, des objets dont les rayons ont frappé la rétine. Ces sont les images accidentelles, ou consécutives, dont le comportement n'est en rien aléatoire. D'autre part, chacun peut s'apercevoir des phénomènes quasi-étincelants dans

l'œil quand, avant de céder au caresses de Morphée, on scrute l'espace-fantôme devant les yeux (espace qui correspond à peu près au champ de vision) ; on voit apparaître alors des formes souvent chaotiques, d'un teint assez pâle, qui se meuvent presque insensiblement les unes par rapport aux autres. On désigne ces phénomènes quasi-étincelants par le terme de 'phosphène'.

Le traité d'optique physiologique de Helmholtz comporte un inventaire assez complet de ces effets rétinien, que l'auteur décrit en détail, qu'il commente, qu'il ré-examine s'il en ressent le besoin. Parmi ces effets, il faut relever le décalage entre l'instant d'impact des rayons lumineux et la sensation ressentie par un sujet, le décalage entre la durée de l'excitation rétinienne et la durée de la sensation visuelle, le colmatage du scotome (ou de la tache aveugle) dans le champ de vision, etc. Du point de vue gnoséologique ou philosophique, l'observation de ces effets amène Helmholtz à l'abandon de la correspondance stricte entre l'agent lumineux et la sensation visuelle. « La lumière objective constituée par les ondulations de l'éther, est le premier et principal excitant du nerf optique. — Je dis le premier et principal, parce qu'elle agit d'une manière bien plus fréquente et plus continue sur le nerf optique que les autres excitants, et que par suite de cette circonstance, nous employons exclusivement, pour la perception d'objets extérieurs, celles des sensations de l'appareil nerveux visuel qui sont provoquées par la lumière objective. Nous n'avons pas besoin, pour cela, d'admettre un rapport particulier, spécifique, ou une homogénéité entre la lumière objective et l'agent nerveux du nerf optique, ainsi que l'ont fait la plupart des anciens philosophes et physiologistes. » [Helmholtz 1867, 265] Ni la nature du médium de l'agent auquel il faut attribuer le pouvoir d'exciter la rétine, ni les paramètres dûment défini (du point de vue de la physique) de l'agent auquel on attribue le pouvoir d'exciter la rétine, ni, enfin, les réactions mesurables ou simplement observables de la rétine ne suffisent pour définir les rapports qu'un sujet incarné entretient avec le monde visuel. D'où la thèse forte selon laquelle la « qualité des sensations n'est [...] en aucune façon identique avec la qualité de l'objet qui les provoque ; au point de vue physique, elle est simplement une *action* de la qualité extérieure sur un appareil nerveux spécial, et, pour notre imagination, la qualité de la sensation est seulement, pour ainsi dire, un symbole, un signe distinctif de la qualité objective. » [Helmholtz *ibid.*]

Le travail de décomposition et de recombinaison de la sensation visuelle permet ainsi à Helmholtz (autant qu'à d'autres chercheurs informés de son temps) d'avancer l'argument selon lequel la chambre noire possède un pouvoir de modélisation relativement restreint : le dispositif

optique ne se réfère qu'aux phénomènes *anté-rétiniens*, les phénomènes *rétiniens et post-rétiniens* appartenant en propre au terrain de la physiologie.

Deuxième élément : l'énergie sensorielle spécifique. Une analyse même succincte de la notion d'énergie spécifique en amont et en aval de Helmholtz risquerait de nous faire égarer dans les dédales de l'histoire des sciences, d'autant plus qu'elle nous forcerait de remonter dans le temps non seulement jusqu'à Johannes Müller [cf. 1826], mais encore jusqu'à la physiologie des plantes, à l'étude des protozoaires et des zoophytes de la fin du XVIII^e siècle. C'est pourquoi je ne considère ici que les aspects les plus marquants de cette notion dans la version helmoltzienne.

C'est à Müller, son maître en physiologie, que Helmholtz emprunte la notion d'énergie sensorielle spécifique [cf. Müller op. cit., 44-55] qu'il résume dans l'*Optique physiologique* en disant « *que par l'excitation d'une fibre nerveuse sensitive quelconque, on ne peut produire que des sensations qui possèdent la modalité d'un seul et même sens déterminé, et qu'un excitant quelconque, pour peu qu'il agisse sur cette fibre, ne peut jamais provoquer que des sensations qui possèdent la modalité particulière à ce sens.* » [Helmholtz 1868, 263]

Il faut remarquer cependant que Helmholtz signale discrètement la distance qu'il prend par rapport à la doctrine de Müller. Alors que celui-ci conférerait une portée plus énergétique à cette notion en attribuant en quelque sorte à chaque modalité sensorielle une force (ou une constellation de forces) spécifique, cette même notion est revue par Helmholtz dans un sens plutôt anatomo-physiologique. Cette révision conceptuelle cadre avec le programme de recherche 'physicaliste' du « groupe des quatre » (Helmholtz, Emil du Bois-Reymond, Ernst Wilhelm Brücke et Carl Ludwig) qui implique le rejet absolu de toute allusion même indirecte à l'énergétisme spécifique. Il s'ensuit que l'explication de tout phénomène organique (digestion, contraction musculaire, métabolisme, locomotion, etc.) ne peut invoquer que les seules forces physiques.

Le tournure anatomo-physiologique que prend l'ancienne doctrine de Müller est mise en évidence par le passage que Helmholtz fait suivre à celui cité plus haut : « Cette proposition [chaque sens ne donne lieu qu'à des sensations de sa modalité] ne peut se démontrer d'un manière absolument expérimentale que pour des fibres nerveuses qui, réunies dans des troncs particuliers, sont séparées de toutes les fibres appartenant à d'autres sens : telles sont celles de la vue dans le nerf optique, celle de l'ouïe dans le nerf acoustique, celles de l'odorat dans le sens olfactif, celle du toucher dans les racines postérieures de la moelle épinière. Si l'on fait agir différentes excitants sur les troncs nerveux, on peut pro-

duire, il est vrai, des sensations différentes, mais elles possèdent toutes la modalité du sens considéré. » [Helmholtz *ibid.*] Ainsi, quoique la *qualité* des sensations puisse varier en fonction de la nature de l'excitant (mécanique ou électrique ou magnétique ou thermique, etc.), la *modalité* des mêmes sensations demeure nécessairement constante en fonction de la disposition de la *substance du sens* dans l'organisme. Ainsi, le bourdon des grandes orgues à la fois résonne et excite la peau qui héberge des mécano-récepteurs : on entend un son et on ressent les vibrations qui lui correspondent. De même, un sujet éprouve des sensation visuelles en présence d'un objet lumineux, et il en fait de même lorsque la rétine de ses yeux est exposée à quelque pression mécanique dont l'intensité dépasse un certain seuil.

La définition que Helmholtz donne de la substance du sens de la vue confirme l'abandon de l'énergétisme müllerien. L'appareil nerveux visuel « comprend la rétine, le nerf optique et la partie du cerveau, qu'on ne peut pas encore exactement circonscrire, dans laquelle pénètrent les racines du nerf optique. Aucun autre appareil nerveux du corps ne peut nous faire éprouver une sensations huimneuse, c'est-à-dire une sensation de même nature que celles de l'appreil nerveux visuel. Il est vrai que les ondulations lumineuse de l'éther peuvent également être senties par les nerfs tactiles, mais c'est sous une toute autre modalité : c'est comme sensation de chaleur rayonnante. » [Helmholtz op. cit., 263-264]

Troisième élément : les données chromatiques. L'analyse de la rétine révèle que cet appareil récepteur est constitué de plusieurs éléments anatomiquement distincts, dont les bâtonnets et les cônes forment la première couche d'une série de dix couches. Les bâtonnets « sont pressés les uns contre les autres comme les pieux d'une palissade ; ils sont coupés net à leur extrémité externe, et se terminent du côté interne par un filet mince qui pénètre dans la couche suivante », qui n'est autre que la couche limitante externe. Entre les bâtonnets « se trouvent les *cônes* [...]. Ceux-ci sont plus épais [...] et plus courts que les bâtonnets ; leur substance est la même ; leur extrémité externe se termine par un bâtonnet ordinaire (bâtonnet de cône) ; leur extrémité interne adhère à un corps piriforme à noyau [...] qui en est séparé par un léger étranglement et appartient déjà à la couche suivante [...]. » [Helmholtz op. cit., 27]

Ce passage résume les connaissances anatomo-physiologiques qui, à l'époque où écrit Helmholtz, sont considérées comme certaines. Elles reposent sur les travaux d'auteurs attitrés comme Rudolf Albert Kölliker (1817-1905), Friedrich Gustav Jakob Henle (1809-1885) et H. Müller.³

³Je n'ai pas réussi à identifier avec certitude le physiologiste/anatomist auquel

Notons cependant que l'anatomo-physiologie de la rétine se trouve alors en pleine mutation, que quelques chercheurs ont déjà entrepris des études portant sur les propriétés chimiques des matières composant les cônes et les bâtonnets, et que le résumé de l'*Optique physiologique* sera bientôt dépassé aussi bien du point de vue de la morphologie que de celui de la théorie des récepteurs photosensibles. Remarquons en outre que l'analyse micro-physiologique et micro-chimique de la rétine est abordée aussi par des chercheurs qui évoluent dans le cadre du programme helmholtzien.

L'aspect crucial de ce troisième élément concerne le rapport entre l'homologie anatomique des bâtonnet et des cônes, d'une part, et la multiplicité de sensations qu'un sujet moyen est susceptible d'éprouver dans l'exercice de la vision. Ce rapport semble contredire l'ancien principe selon lequel une différence de fonction se manifeste par une différence de structure. Cette différence n'étant pas connue (c'est-à-dire ne se révélant pas à l'examen anatomique ou à l'analyse physiologique), se pose la question de savoir comment rendre compatible l'explication de l'extrême variété d'intuitions chromatiques avec la répétition lassante de ceux classes de photorécepteurs seulement.

L'achromatopsie, c'est-à-dire l'insensibilité sélective de la rétine à des excitants colorés, démontre qu'en dépit de leur uniformité, les cônes (les éléments chromo-récepteurs) sont susceptibles de réagir de manière différenciée aux ondes lumineuses. L'observation clinique d'un déficit localisé à la surface réceptrice de la rétine (pour Helmholtz, la notion d'achromatopsie cérébrale est une chose impensable) corrobore ainsi par la négative la notion de la rétine en tant qu'organe capable d'analyser et de filtrer les couleurs. Or, du fait d'être pour ainsi dire un symptôme de soustraction, l'achromatopsie ne fournit qu'une preuve minimale de la sensibilité différentielle de la rétine. Mieux : l'achromatopsie périphérique met en évidence une condition nécessaire de la perception des couleurs, mais ne fait pas avancer même d'un pas hésitant la théorie de la perception de toute la gamme chromatique.

Se pose ainsi le problème assez délicat de la détermination du nombre des couleurs auxquelles réagissent les éléments de l'oeil sensibles aux rayons lumineux. L'absence de disparité anatomo-physiologique entre les cônes laisse supposer que la gamme chromatique des sensations vécues par un sujet moyen résulte d'un mélange de couleurs fondamentales auxquelles l'appareil perceptif réagit sélectivement. C'est ici qu'intervient la physiologie en tant que entreprise expérimentale telle que Helmholtz la pratique presque exclusivement depuis qu'il a renoncé à faire des expé-

riences sur des préparations de muscle(s) et de nerf(s) de grenouille et d'autres animaux. Car contrairement à la physiologie mouillée et sanglante de ses amis et collègues (du Bois-Reymond, Brücke, Ludwig), l'approche helmholtzienne peut être définie comme relevant de la physiologie « sèche » dans la mesure où les méthodes applicables sont par nécessité non-invasives : les sensations éprouvées par un sujet seraient faussées, voire détruites, si les expériences s'effectuaient sur un organe blessé ou malmené par une intervention de l'expérimentateur.

C'est avec des disques rotatifs que Helmholtz vient à bout de la détermination des couleurs fondamentales. Soit un disque construit de telle sorte qu'il effectue des rotations rapides sur un axe disposé en son centre. La surface visible de ce disque est divisée en deux cercles concentriques, dont le second, aménagé du côté de la périphérie, est à son tour divisé en secteurs de grandeur égale. Ces secteurs sont enduits alternativement de deux substances colorantes, tandis que la surface du cercle intérieur est recouverte du mélange matériel des ces substances.

La répartition des matières colorantes sur le disque rotatif a pour but de rendre visible à l'observateur ainsi qu'au sujet (si celui-ci n'est pas le même que celui-là) le contraste entre le mélange matériel de deux substances et le mélange physiologique que cause dans l'appareil optique l'excitation par les rayons lumineux provenant des substances. La comparaison entre ces deux sortes de mélange est simple : il suffit à l'observateur de regarder les deux cercles du disque en mouvement et de juger sur la foi des impressions visuelles si la teinte de l'un diffère de celle de l'autre. Pour reprendre l'exemple donné par Helmholtz, « [...] en faisant tourner les disques, le bleu de cobalt et le jaune de chrome donnent un gris blanchâtre sur le bord, où les couleurs ont été mises isolées, de telle sorte que la combinaison de leurs couleurs ne se fasse que sur la rétine, tandis que leur mélange matériel donne un vert bien plus foncé. » [Helmholtz op.cit. 364]

En procédant ainsi pour d'autres substances colorantes, c'est-à-dire en constituant des paires de couleurs variables par la permutation des substances colorantes, on parvient à déterminer avec précision les couleurs fondamentales aux rayons desquelles les éléments photosensibles de l'oeil réagissent *d'une manière spécifique*. Cette série d'expériences démontre qu'il « existe, dans l'oeil, trois sortes de fibres nerveuses, dont l'excitation donne respectivement la sensation du rouge, du vert et du violet. [...] La lumière objective homogène excite les trois espèces de fibres nerveuses avec une intensité qui varie avec la longueur d'onde. Celle qui possède la plus grande longueur d'onde excite le plus fortement les fibres sensibles au rouge, celle de longueur moyenne, les fibres

du vert, et celle de la moindre longueur d'onde, les fibres du violet. Cependant, il ne faut pas nier, mais bien plutôt admettre pour l'explication de nombre de phénomènes, que chaque couleur spectrale excite toutes les espèces de fibres, mais avec une intensité différente. » [Helmholtz op. cit., 382]

L'étude des éléments répondant par une sensibilité spécifique aux excitants lumineux corrobore une fois de plus le chiasme séparant le physique du physiologique. Car les données obtenues au travers d'expériences ciblées semblent démontrer que la rétine fonctionne à la manière d'un mécanisme d'analyse par filtrage. Reste à savoir où et comment les résidus filtrés sont recomposés pour former une image du monde cohérente grâce à laquelle l'Homme parvient à s'orienter dans la réalité matérielle sans subir trop de dommages physiques (les dommages psychiques ou moraux étant du ressort d'autres disciplines dont Helmholtz ne tient pas compte).⁴

Quatrième élément : la vision stéréoscopique. C'est sans doute par cet élément que le régime scopique valable pour Helmholtz se rattache le plus étroitement aux pratiques sociales de son époque. En effet, le stéréoscope est utilisé dans la magie artificielle (et sa commercialisation), dans l'artisanat du trompe-l'oeil, dans la photographie professionnelle, dans la recherche en optique physiologique ainsi que dans l'analyse psychologique de la perception visuelle. Ces pratiques, qui, du laboratoire de recherche à la fête foraine, demeurent essentiellement stables vu qu'elles sont dictées par la fonctionnalité et les mécanismes du dispositif, touchent aussi bien les milieux scientifiques que les milieux artistiques et littéraires (et même les réseaux de vente de produits pornographiques, car le corps nu présenté au stéréoscope crée l'impression d'une certaine plasticité).

Je considère ici un seul aspect de la vision stéréoscopique – la disparité. Comme David Brewster et Charles Wheatstone avant lui, Helmholtz crée différents types d'illusion de profondeur à l'aide de miroirs, de prismes et de verres lenticulaires.⁵ L'effet ainsi produit est imposant : « La vérité de ces photographie stéréoscopiques et la vivacité avec laquelle elles représentent le relief sont tellement frappantes que bien des objets, comme des édifices, que l'on connaît pour en avoir examiné des images stéréoscopiques, ne donnent plus, lorsqu'on les voit en réalité, l'impression d'un objet nouveau ou imparfaitement connu. Lorsqu'on se

⁴ A propos de la réception de la conception helmholtzienne des couleurs par des théoriciens des Beaux-Arts (p. ex. Charles Henry) et par certains artistes cf. Zimmermann [1991].

⁵ Cf Helmholtz [1867, 842-870] pour l'inventaire commenté des stéréoscopes examinés et/ou modifiés par lui.

trouve en présence de l'objet lui-même, on n'acquiert, au moins sous le rapport de la forme, aucune notion nouvelle ni plus exacte que celle que l'on en possède déjà. » [Helmholtz op. cit., 813]. La création de ce type d'illusion de profondeur exige la maîtrise des paramètres de la vision spatiale. Ou inversement, pour comprendre les mécanismes de la vision spatiale, rien n'est plus illuminant que la fabrication réversible dans un sujet soumis à des contraintes expérimentales contrôlables, d'effets de profondeur — fabrication réversible, puisqu'elle fait et défait *ad libitum* l'illusion de relief. En d'autres termes, la détermination des mécanismes de la vision spatiale est en partie atteinte par l'étude d'une illusion. C'est précisément ce passage à l'illusion que Helmholtz décrit ainsi : « [...] une seule image plane, vue avec les deux yeux, doit produire constamment une impression autre que la vue de l'objet même qu'elle représente. Mais si nous montrons à chaque oeil une image différente : à chacun celle qui s'y présenterait à l'aspect de l'objet lui-même, nous sommes à même de produire, sur les deux rétines, la même impression que produirait réellement l'objet à trois dimensions ; aussi les deux images nous donnent-elles, dans ces conditions, la même notion corporelle que l'objet lui-même. » [Helmholtz op. cit., 809]

On imagine la suite : s'il est possible de définir l'angle de disparité tolérable dans la vision spatiale se produisant dans les conditions normales, de déterminer les points d'incidence identiques sur les rétines, et de mesurer l'apport des systèmes organiques post-rétiniens à la constitution d'une représentation visuelle du monde en 3D, la transition de la vision monoculaire (du « regard de cyclope ») à la vision bioculaire est théoriquement franchi. Or, cette transition permet de départager une fois de plus ce qui est du ressort des médias pré- ou antérétiniens (éther, lentille de l'oeil, etc.), de ce qui est de celui de la seule rétine, et de ce qui relève de la compétence des système post-rétiniens (*tractus opticus*, aires occipitales, etc.). Les passages denses que Helmholtz consacre dans son traité à la vision bioculaire confirme ainsi le rôle joué par le régime scopique du XIX^e siècle à la fois comme arrière-plan heuristique et comme ensemble d'hypothèses s'offrant à l'effort de confirmation.

Brève conclusion

L'effervescence de la rétine qui produit des impression excédentes, la réceptivité des éléments photosensibles à des excitants non-optiques, la réduction de la richesse chromatique du monde à trois couleurs fondamentales, et le fait que la substance nerveuse du sens de la vue puisse être constamment envoûtée par des mirages à trois dimensions causées par des

images plates, sont autant d'éléments qui minent (ou semblent miner) le pouvoir référentiel de l'intuition visuelle. C'est pourquoi la relation entre l'objet et l'image projetée sur une surface plane dans la chambre noire ou dans un dispositif semblable n'est plus la condition suffisante pour fonder la relation entre le monde des objets et la vision du sujet de la connaissance. Le régime scopique dans lequel Helmholtz évolue met en évidence la dissociation entre l'*Abbild* (la copie prétendue réaliste) et la représentation visuelle. D'où la sémiotisation des impressions (ou sensations) dont traitent plusieurs écrits helmholtziens. Si la sensation causée par un excitant lumineux à la surface réceptrice de l'organisme *ne produit pas mécaniquement* un corrélat intuitif strict, elle n'est nécessairement qu'un signe que l'organisme doit interpréter. Au sujet passif et contemplatif s'est substitué le sujet actif — interprétant incarné dont le sort est de faire l'apprentissage de l'interprétation correcte des signes sensoriels. Or, cet apprentissage étant double — d'une part anté-scientifique, d'autre part scientifique —, la position de Helmholtz peut être considérée comme étant celle l'empirisme gnoséologique. Mais cette caractérisation se révèle être trop superficielle, car tout un volet de cet apprentissage repose sur des connaissances tirées de la recherche expérimentale qui, elle, s'inspire chez Helmholtz d'une épistémologie réaliste. En enfin, il ne faudrait pas non plus sousestimer l'importance que revêt pour lui l'idéalisme de Kant.

Donc, si l'on admet (1) que l'optique physiologie fonde partiellement la théorie de la connaissance, et (2) que cette théorie de la connaissance comporte au moins deux, sinon trois orientations (empiriste, réaliste, idéaliste), il faut en conclure que nous sommes en présence d'une doctrine mixte. En d'autres termes, il s'agit d'un cas auquel la notion d'« impureté philosophique » est applicable [cf. Bachelard 1951, 32].

Bibliographie

ALBERS, IRENE

2002 « Der Photograph der Erscheinungen » – Émile Zolas Experimentierroman. In : *Ordnung der Sichtbarkeit, sous la direction de Peter Geimer*, Frankfurt : Suhrkamp, 2002, 211-251.

BACHELARD, GASTON

1951 *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Paris : Presses Universitaires de France, 1951.

BERNARD, CLAUDE

1865 *Introduction à la médecine expérimentale*. Paris : Baillière, 1865.

BOUVERESSE, JACQUES

1995 *Langage, perception et réalité. Tome 1 : La perception et le jugement.* Nîmes : éditions Jacqueline Chambon, 1995.

CRARY, JONATHAN

1990 *Techniques of the observer : On vision and modernity in the nineteenth century.* Cambridge, MA & Londres : MIT Press, 1990.

DESCARTES, RENÉ

1963 *La Dioptrique.* In : *Œuvres philosophiques, éd. établie par Ferdinand Alquié, t. 1.* Paris : Garnier, 1963, 651-717.

HELMHOLTZ, HERMANN

1867 *Optique physiologique.* Paris : Masson, 1867.

JAY, MARTIN

1988 *Scopic regimes of modernity.* In : *Vision and visuality, dir. par Foster Hal.* Seattle : Bay Press, 1988, 3-27.

MÜLLER, JOHANNES

1826 *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick.* Leipzig : Cnobloch, 1826.

ZIMMERMANN, MICHAEL F.

1991 *Seurat. Sein Werk und die kunsttheoretische Debatte seiner Zeit.* Weinheim : VCH Verlagsanstalt, 1991.

ZOLA, ÉMILE

1968 *Le roman expérimental.* In : *Œuvres complètes, éd. établie sous la direction d'Henri Mitterand, tome X.* Paris : Cercle du livre précieux, 1968.