

Christian Corbé coordonnateur

Avancées en ophtalmologie

Apport de la conquête spatiale



Collection « Optique et Vision »
dirigée par Caroline Kovarski

Avancées en ophtalmologie

Apport de la conquête spatiale

Christian Corbé

coordonnateur
professeur de chirurgie spéciale et de
physiopathologie sensorielle aérospatiale



www.editions.lavoisier.fr

Dans la collection « Optique et Vision »

Contactologie

Barthélemy B., Thiébaud Th., 2^e édition, 2012

Les lentilles de contact. Optimisation de l'adaptation, utilisation et entretien

Michaud L., Breton L., Gagnon F., Simard P., 2012

La malvoyance chez l'enfant – Cadre de vie et aides techniques

Kovarski C., coord., 2010

Les anomalies de la vision chez l'enfant et l'adolescent

Kovarski C., coord., 2010

Instruments d'optique ophtalmique

Hormière J., 2010

Éclairage d'intérieur et ambiances visuelles

Zissis G., Damelincourt J.-J., Corbé C., Paule B., 2010

Traiter la presbytie

Gilg A.-N., 2009

Chez le même éditeur

L'opticien-lunetier : guide théorique et pratique

Kovarski C., coord., 2009

Atlas anatomo-clinique d'ophtalmologie

Offret H., Labetoulle M., Offret O., 2005

Œil et médecine interne – Modifications oculaires dans les maladies systémiques

Tischendorf F., Meyer C., Spraul C., 2005

Direction éditoriale : Emmanuel Leclerc

Édition : Guillaume Saki

Fabrication : Estelle Perez

Couverture : Élise Bonhomme,

Patrick Leleux PAO, Fleury-sur-Orne

Composition : Atelier SMB, Bois le Roi

Impression et brochage : EMD, Lassay-les-Châteaux

© 2012, Lavoisier, Paris

ISBN : 978-2-7430-1468-1

ISSN : 2105-9624

Préface

Parmi les sens dont est doté l'homme, il est probable que celui auquel il est le plus attaché reste sa vision. Du moins s'il lui vient à l'idée qu'il pourrait la perdre, alors qu'il tente d'imaginer ce que deviendrait sa vie, privée de la possibilité de voir, et qu'il ignore les mesures compensatrices dont est capable l'aveugle. Et pourtant, aussi attaché à sa vision qu'il soit, et normalement pourvu de ses deux yeux, l'homme normal ignore la plupart du temps le remarquable don que la nature lui a offert, cette vision dont il jouit sans même y réfléchir. Songe-t-il, même un instant, à l'extraordinaire enchaînement de circonstances qui a permis aux êtres vivants, totalement aveugles dans leurs configurations primitives, de se doter d'un système capable de leur faire percevoir l'espace dans lequel ils se déplaçaient, voir ce qu'étaient leurs partenaires, fuir leurs prédateurs et mieux encore, pouvoir se nourrir en choisissant leurs proies.

Car il y eut un commencement à tout cela. C'était il y a quelque deux ou trois milliards d'années sur notre planète qui, magiquement située à une distance raisonnable de son soleil, trouvait les conditions favorables à une multiplication de la vie. Sur celle-ci, un être unicellulaire, une amibe prise pour exemple, retint sur la paroi limitant le cytoplasme qui la composait, un pigment capable de transformer l'énergie des photons en réaction photochimique et de se servir de la fonction qui en résultait pour jouer avec la lumière. Bien sûr, nous étions loin de la vision mais cette singulière cellule avait ouvert le chemin par lequel ce bricolage moléculaire allait se recomposer de mille façons et perpétuer une formule associant la rhodopsine, ce pigment photosensible qu'elle avait sélectionné, un écran pigmenté et un ganglion nerveux au travers de l'évolution des êtres vivants. La vie avait trouvé « un truc » comme aiment à le dire les biologistes. Ce « truc », un gène de la vision en consolidera le résumé qui se retrouvera transmis aussi bien chez les invertébrés que chez les vertébrés en y développant une infinie variété d'yeux capables de capturer des images de plus en plus précises et d'y adjoindre une analyse neurologique de plus en plus complexe. Extraordinaire aventure en vérité qui permet aux abeilles dotées d'yeux à facettes de s'orienter, de se transmettre des informations ; aux

poissons, munis d'yeux apparentés aux nôtres, d'adapter les capacités de leur œil aux profondeurs de l'océan ; aux oiseaux d'être pourvus d'une vision d'une exceptionnelle qualité ; et à nous primates, apparemment les plus évolués des vertébrés, d'apporter à l'analyse de notre perception visuelle une dimension d'une incroyable potentialité.

On pourrait croire en effet que cette vision, que nous possédons, nous savons en profiter absolument, aussi bien spontanément lorsque nos yeux sont normalement construits et dépourvus de toute aberration optique que lorsque nous plaçons devant eux un verre correcteur nécessaire. Ce qui n'est pas tout à fait exact et c'est précisément ce que mon ami, le Professeur Christian Corbé, s'est efforcé de nous démontrer depuis de nombreuses années. Il faut préciser que les conditions de son exercice médical et scientifique lui offraient un domaine tout à fait singulier et qu'il sut l'exploiter de magistrale façon. Il lui fut confié d'approfondir les capacités visuelles d'une catégorie d'individus auxquels étaient confiées des missions peu banales, celles auxquelles sont confrontés les pilotes de chasse ou les spationautes français. Mission scientifique exaltante dont il tira un riche enseignement concernant aussi bien les exceptionnelles exigences visuelles que suppose un combat aérien pendant lequel une fraction de seconde devient une question de vie ou de mort, que l'étude des capacités visuelles des spationautes placés sur orbite en apesanteur. Sans parler de l'adaptation visuelle à l'interprétation des images que livrent les viseurs adaptés aux combats de nuit. Il en a résulté une nouvelle perception de l'efficacité rétinienne, des interactions sensorielles, de la plasticité cérébrale, voire de la part psychologique dans l'adaptation à des situations inhabituelles. Acquis d'une grande utilité dans la préparation des personnels destinés aux missions particulières que nous avons citées, utile au monde de l'aéronautique mais de façon plus inattendue au handicap visuel. Ce n'est pas la moindre des conséquences des études que le Professeur Christian Corbé a apportées dans ce domaine que celle qui lui permit d'en transposer les applications aux aveugles et aux malvoyants. Il en fit l'un des thèmes majeurs de la rééducation des handicapés visuels qu'il a mis en place à l'Institution nationale des Invalides et dont l'exemple s'est étendu aux centres de prise en charge de tels patients dans les hôpitaux parisiens par le canal de l'Organisation pour la Prévention de la Cécité dont il est le vice-président actif et apprécié.

Nous ne pouvons que nous réjouir qu'il ait décidé de porter à la connaissance du public les résultats de ses travaux et de démontrer combien la spécificité de son entreprise initiale s'est révélée porteuse d'applications au départ insoupçonnées. Qu'il sache que la communauté ophtalmologique a suivi avec un grand intérêt son travail scientifique et apprécié l'extension humanitaire qu'il sut entrevoir et appliquer au monde des malvoyants qui, grâce à lui, peuvent retrouver dans des associations neuronales et des interprétations cognitives une part du sens qu'ils avaient perdu.

Professeur Yves Pouliquen de l'Académie Française

Témoignage

De mon vol dans l'espace, je retiens l'impression d'un rêve, les yeux grand ouverts. Le cockpit de la navette était une immense salle de spectacle en trois dimensions bien réelles, et je me déplaçais dans cet univers de formes et de coloris comme le bébé des étoiles de « 2001 ». La lumière transcendait le vol pour le muer en un kaléidoscope vertigineux. Il me faut alimenter de ces feux et de ces couleurs le temps qu'il me reste à vivre, afin d'y puiser des jaillissements chromatiques, des vagues lumineuses.

La lumière est la vie. Quelles que soient leurs cosmogonies, les peuples du monde ont toujours placé cet étrange phénomène physique à l'origine de toutes choses, comme s'ils avaient eu la prescience qu'après un milliard d'années d'expansion, dans le noir total, l'Univers avait vu naître en son sein les jaillissements lumineux des premières étoiles, annonçant alors le lent développement des galaxies, la genèse des planètes, la naissance de la Vie. La lumière préside ainsi au mouvement, à la progression, à ces mille petites actions qui indiquent le sens vital des choses, face aux ténèbres, synonymes de vieillissement, de destruction, de mort. Toutes les personnes ayant vécu une expérience proche de la mort ont raconté, à leur retour, cette lumière extraordinaire et bienfaisante qui les attirait vers un « ailleurs », alors que leur cœur avait cessé de battre. Libre alors à chacun d'interpréter ce phénomène selon sa philosophie ou ses croyances. Mais la lumière demeure, au-delà même de la mort, une source extraordinaire de calme et de beauté. De joie, aussi.

Chacun sait que si les étoiles n'existaient pas, la lumière serait à inventer. Mais en son absence, il ne pourrait y avoir personne pour y réfléchir... Les premiers astres qui se sont embrasés dans le noir absolu de la nuit cosmique ont dû ressembler à ces phares qui, au long des côtes océanes, guident les bateaux vers les ports ou les aident à éviter les zones d'écueils. Les astronomes savent maintenant que les étoiles de cette première génération étaient des centaines de fois plus massives, des milliers de fois plus brillantes que les étoiles de notre époque. En quelques dizaines de millions d'années, elles ont troué l'incommensurable obscurité universelle de

leurs rayons vivifiants, soufflant et ionisant les massives structures d'hydrogène qui les entouraient, ensemencant ces dernières avec les éléments lourds issus de leurs digestions internes grâce à la nucléosynthèse. Pour un temps qui lui était malgré tout compté dès l'origine, l'Univers quittait son manteau de nuit pour se parer des feux multicolores de la vie stellaire.

Essayez d'ailleurs d'imaginer ces ténèbres originelles. Cette nuit d'encre, immense, ce drap de jais sans reflets ni formes, pesant, absolu, massif. Un noir infini que ne trouve aucune luciole, aucune frêle lueur. C'est ce noir absolu que l'on découvre dans l'espace, entourant notre Terre et toutes choses. Tentez de comprendre ce néant insondable, ces abysses plus noires que le noir le plus pur que vous ayez jamais vu, connu uniquement de l'Univers primordial et, peut-être, des non-voyants. Vous ne pouvez que « deviner » le mouvement des particules et des atomes qui, autour de vous, lentement s'assemblent, se regroupent, s'organisent pour un jour faire jaillir la lumière. Songez à cette première étoile, super géante blanche ou bleue, perdue dans cette jungle sans clairière. Ce petit point perdu dans l'espace qui affirme péremptoirement, grâce à un embrasement soudain, le début de son existence malgré sa taille infinitésimale au regard des dimensions de l'Univers. À ce jaillissement ponctuel répond une flambée de scintillances, un incendie multicolore fait de points brillants répandus dans l'Univers entier. C'est ici la première victoire réelle de la Vie, car de ces ardeurs nucléaires vont surgir, au fil des éons, ces éléments qui nous constituent tous. Du néant jaillissent des feux bigarrés. Nous sommes les enfants de la lumière.

À sa naissance, un bébé voit des formes, des ombres, des mouvements flous. Mais surtout un kaléidoscope de tons colorés. Il sort de la nuit intra-utérine pour apparaître en pleine lumière, pour prendre toute sa place dans un monde chamarré en Technicolor. Cette irruption de la lumière dans sa petite et fragile existence signifie pour lui, et pour ceux qui l'accueillent, les prémices d'une fantastique aventure, où ces couleurs lui seront des guides, avant de devenir des êtres qui l'aiment ou des objets qu'il manipule. Sa vision est issue de l'adaptation à la couleur de l'étoile reine de notre système solaire, elle l'accompagne dans sa découverte de la réalité des choses. Jusqu'à sa disparition, elle sera l'un des moyens les plus sensibles pour percevoir son environnement, pour s'y situer, et pour s'en régaler.

Lorsque je suis parvenu sur orbite terrestre, j'ai eu aussi l'impression de (re)naître à la vie, de savoir enfin ce qu'est la vraie lumière, généreuse, omniprésente et sensible. La lumière venue de notre Soleil enveloppe véritablement toute chose. Je me suis senti comme immergé dans un océan d'éclat, comme s'il m'enveloppait pour mieux me faire voir et comprendre le spectacle féerique qui s'offrait à mon regard assoiffé d'impressions lumineuses. Dans l'espace, la lumière est totale, absolue. Les écrans et filtres qui nous protègent de sa vivacité, mettent un frein à ses dangers, mais ne parviennent toutefois pas à atténuer sa spontanéité, sa magnificence. À la surface de la Terre ou dans un avion, le Soleil et les étoiles sont véritablement ternis par l'atmosphère. Dans l'espace, les feux sont crus, ils irradiant comme de somptueuses pierres précieuses. Mais avec cet aura d'universalité en plus qui lui confère le pouvoir formidable de faire découvrir le moindre détail.

C'est cette qualité de lumière que les photographies prises par les astronautes ou les satellites, même les plus réussies, ne parviennent pas à retranscrire dans son

intégralité. C'est d'ailleurs la plus grande déception de ceux qui vivent ces voyages palpitants que de ne pouvoir restituer davantage de splendeur. C'est sur orbite que l'on découvre le vrai visage de la lumière. Il est sublime dans cette sphère immense de l'Univers, il n'est qu'éclairage dans le monde fini de notre planète. Je n'ai retrouvé, en partie seulement, une vision correcte de cette iridescence qu'en visionnant le film *Dream is alive*, projeté en format Imax 3D sur écran géant.

Au nombre des phénomènes célestes visibles depuis le sol, le plus grandiose est sans conteste une éclipse totale de Soleil. Durant les heures qui voient le disque lunaire, totalement noir, dévorer petit à petit la surface du Soleil, la lumière n'est en rien affectée par cet obstacle.

Ce n'est que lorsque la face solaire est cachée à plus de 90 % que se fait sentir une modification dans l'ambiance lumineuse. Le jour baisse, mais ce n'est pas le soir qui s'avance. C'est quelque chose de totalement différent : c'est un voile qui nimbe la clarté stellaire et qui la cache doucement. Puis c'est une vision stupéfiante. On voit alors une colonne sombre, terrible et immense, se ruer vers le lieu d'observation, comme un mauvais présage qui s'accomplirait en quelques secondes. Et voilà que le grand luminaire se dissimule derrière le satellite naturel de la Terre. Un silence pesant englobe chaque être et chaque chose, une obscurité ouatée et trompeuse s'installe au-dessus des têtes pour une poignée de minutes.

À bord de la station Mir, Jean-Pierre Haigener a su restituer en photographies cette aire d'où toute lumière solaire semble avoir été bannie. Le temps passe, la température a baissé soudainement, chacun parle à son voisin à voix basse, comme écrasé par ce spectacle naturel, comme n'osant pas rompre le charme intense de ces minutes volées à l'éternité...

Et soudain, l'ombre nous quitte. Là-haut, bien au-dessus des nuages, la Lune n'a bougé que de quelques millimètres à notre échelle. Mais l'impression est fabuleuse : c'est comme si tout à coup, quelqu'un avait rallumé une très puissante lampe halogène en poussant le curseur du variateur d'un coup. Chacun se sent alors attiré vers le haut, vers ce lampion prodigieux dont la disparition avait laissé comme une hébétude. Non, le Soleil n'est pas mort, il n'avait que joué à cache-cache avec la Lune, et pour tous ceux qui ont assisté à cette séquence d'une terrible intensité dramatique, la vie est à jamais différente.

L'un des plus grands peintres français a su, des siècles avant la conquête de l'espace, faire toucher du doigt et du regard ce caractère absolu de la lumière. Je pense que Georges de La Tour est sans conteste celui qui aurait pu le mieux traduire, dans un tableau en deux dimensions, la richesse exceptionnelle de cet univers en trois dimensions s'il avait vécu à notre époque. Prenons par exemple son « Saint Joseph le charpentier ». On y voit le Christ enfant, à droite, éclairer le travail de son père par une bougie dont la flamme est voilée par sa main gauche. L'allégorie est évidente : « Je suis la lumière et la vie » et, sous la lueur dispensée par cette simple source tenue par son fils, Joseph travaille une pièce de bois alors qu'autour d'eux ne règnent que les ténèbres les plus sombres. Si la lumière solaire est des milliards de fois plus intense que celle irradiée par la bougie, elle fait subir aux planètes et aux choses qui y sont exposées le même traitement en clair-obscur. Des plages brillamment éclairées voisinent avec des zones sombres très tranchées. Georges de La Tour, est quant à moi, le premier peintre de l'espace !

À cet égard, il faut savoir que les photos mettant en scène des objets ou des êtres, comme le lancement ou la vie à bord, restituent fidèlement les visions enregistrées lors d'un vol. Mais en ce qui concerne le Soleil, la Terre et le Ciel, elles sont véritablement à des années-lumière de la réalité. Une photographie ne restitue qu'une réalité tronquée, incomplète, quasiment paupérisée. Elle ne reconstitue ni la beauté, ni l'âme de ce que l'on peut voir dans ou depuis l'espace.

Il est d'ailleurs assez paradoxal de constater qu'une photographie ou une image vidéo, dont la nature est même d'exister grâce à l'interaction entre des photons et une surface sensible, interprète cette lumière en la dépouillant de sa majesté. Une image est plate, bidimensionnelle, alors que la troisième dimension est justement la caractéristique la plus essentielle de ce que l'on voit là-haut. Une image reconstitue une scène où manquent à la fois les nuances, les intensités, les éclats. Donc des qualités primordiales pour apprécier véritablement ce royaume majestueux.

En état d'impesance, chacun se retrouve au milieu d'un tableau en 3D, jouant sans vergogne et en toute liberté avec les perspectives, les volumes et les éclats. À l'inverse, tenter de faire partager ces sensations extraordinaires devient un véritable piège pour celui qui en a été l'acteur. Comment rendre compte en effet de la beauté absolue de ce que l'on a vu, alors que seule une image plate, dans tous les sens du terme, vient appuyer sa démonstration ? Certes, les mots, comme ceux que je trace ici, peuvent permettre au lecteur de nourrir son imagination à partir d'une scène photographique, puis d'extrapoler pour en constituer un tableau le plus fidèle possible. Du moins de son point de vue.

Or, il faudrait quasiment inventer un autre moyen d'expression pour amener véritablement celui qui n'a pas été confronté à cette majesté à s'approcher de sa luxuriante réalité. Être naturellement généreux ajoute encore à cette véritable frustration.

On se prend alors à devenir égoïste sans le vouloir, car on n'a dans les mains aucun moyen assez fort pour faire embrasser ce tableau magnifique et presque sur-naturel.

Que voit-on dans l'espace ? Tout sous la lumière crue du Soleil, rien dans l'ombre profonde.

D'abord, il y a les étoiles. Ces myriades de points colorés parsèment le ciel, comme un poudroisement infini. Nulle texture ne peut être identifiée par le regard, mais leur agencement saute littéralement aux yeux. Même les nuits les plus pures des océans de sable que sont le Sahara ou le désert du Nevada ne parviennent à traduire l'immensité de ce fleuve qu'est la Voie lactée. Les étoiles ne scintillent pas : c'est un phénomène qui est provoqué uniquement par les mouvements de l'atmosphère terrestre. Elles brillent simplement, avec la limpidité que confère l'absence apparente de tout obstacle naturel entre elles et nous. L'une est blanche, l'autre bleue, cette dernière rouge. Cette palette de couleurs offre à l'observateur attentif de multiples informations sur leur type spectral, partant sur leur température, donc sur leur taille apparente, c'est-à-dire sur leur masse. De même, alors que l'on ne peut les voir car trop ténus, les grands nuages interstellaires de gaz et de poussières étendent leurs formes torturées et bigarrées sur des surfaces – pardon, des volumes – extraordinaires à l'échelle humaine. Le télescope spatial Hubble, ainsi que les quatre miroirs géants du VLT européen au Chili, offrent maintenant des visions

somptueuses de ces régions évanescences, où des éléments issus de la première flambée d'étoiles s'assemblent encore, lentement, pour former une prochaine génération d'astres lumineux. Ces véritables nurseries cosmiques, réparties dans toute notre Galaxie, sont enceintes des étoiles et des planètes qui, bien après la disparition de la Terre et de l'espèce humaine, sauront reprendre et nourrir flambeau de la Vie.

Le message véhiculé par la lumière permet ainsi de reconstituer leur histoire, de prévoir leur existence et leur destin. C'est l'un des codes de la Nature, l'un de ceux qu'elle a conservés le plus longtemps hors de la compréhension humaine. Mais lorsque les physiciens ont pu traduire ces données en langage, normal ou mathématique, ils ont vu s'ouvrir devant eux le monde merveilleux de la connaissance, et obtenu des réponses à leurs questionnements millénaires.

La lumière est l'esperanto de l'Univers, la langue commune à tous les mondes qu'il abrite.

Même si elle peut se résumer en quelques savantes équations, elle conserve toujours pour le profane cette auréole ténébreuse et énigmatique qui rassure et anoblit à la fois.

La vision de ces immenses étendues stellaires emplit le cœur d'un mélange de sentiments : respect, admiration, émerveillement, silence, relativisation des choses. Elle extirpe l'humain de sa gangue de problèmes et de questions pour le hisser vers un niveau supérieur. Vers une pureté que nul conflit n'a profanée. Vers un espoir fou d'éternité, même si elle n'est qu'illusoire. Vers une aspiration universelle à l'équilibre, à la beauté en somme. Leur lumière se mue alors en un guide qui porte l'âme en direction de contrées ignorées. Elle transporte ce qu'il y a de plus beau dans l'Univers pour effleurer de son aile magique cette Terre si souvent meurtrie de guerres insensées et profanée de nos excès. Elle tente alors d'offrir aux hommes un message infini d'amour et de paix.

Car sous les feux du soleil, la Terre apparaît dans sa globalité, dans son essence même. Ce monde immense, à mon échelle, autour duquel je tournais seize fois par jour, est ma maison, celle de mon espèce, celle de la Vie. Comme la navette se déplaçait à quelques centaines de kilomètres d'altitude seulement, je ne pouvais embrasser d'un seul coup d'œil ce panorama fabuleux, qui se modifiait à chaque instant sous l'influence de notre mouvement orbital. Comme si les phases de la Lune se succédaient toutes les quarante-cinq minutes au lieu de vingt-huit jours... Et, chaque fois que nous émergions de l'ombre, nous ne survolions pas les mêmes paysages. D'une orbite à une autre, la planète bleue avait tourné d'un seizième de tour sur elle-même.

En constatant *de visu* ce phénomène, je me prenais à sourire – mais jamais à me moquer – des hypothèses anciennes, des contorsions intellectuelles qui avaient permis, dans le cours de l'Histoire, à des centaines de chercheurs d'avancer leur propre explication du monde, de la Terre, de ses relations avec les autres corps célestes.

« La vérité d'aujourd'hui se nourrit de l'erreur d'hier », disait le philosophe. À voir cette immense boule bleue resplendir sur le fond noir de l'espace, je me disais que certaines assertions fausses, véhiculées dans les siècles passés, étaient inévitables. Comme la platitude du monde, par exemple. Une vision interne à un

système ne donne qu'une perspective réduite, alors que considérer ledit système de l'extérieur procure un panorama général, faisant mieux apparaître la globalité du mécanisme. Ainsi, depuis l'orbite terrestre, même à moins de cinq cent kilomètres d'altitude, la rotondité et la sphéricité de la Terre sautent aux yeux. Cette courbe gracieuse et lumineuse est déjà perceptible à partir d'une centaine de kilomètres. Elle se dégage alors d'une vision partielle, et je dirais même partielle, pour entrer dans le monde merveilleux de la beauté et de la réalité des choses.

Mais comme le disait Konstantin Tsiolkovsky : « La Terre est le berceau de l'humanité. Mais on ne passe pas sa vie dans un berceau ».

Au long de mes révolutions autour de la Terre, la zone qui m'a le plus interpellé est sans conteste la partie sud de notre planète. Le Pacifique sud et ses myriades d'atolls parfaitement dessinés, la Cordillère des Andes, aux sommets magiques, et surtout l'Australie. J'attendais toujours avec impatience que ce continent à nul autre pareil apparaisse dans l'espace limité – quel dommage ! – de mon hublot. Cette île immense, perdue entre le Pacifique et l'Océan Indien, est d'une beauté particulière : il émane d'elle une perception différente des contrastes, des couleurs. En la survolant, je m'apercevais que sa teinte dominante était l'ocre. À cinq cent kilomètres sous moi, ce désert sans fin imprégnait de sa marque la lumière qu'il restituait à mes yeux. Ces étendues de sables et de rochers semblaient avoir scruté le spectre solaire pour en extraire une couleur représentative de leur âpreté, de leur dureté, de leur infinitude aussi. Une tonalité particulière, une véritable carte d'identité colorimétrique, qui fait de cette terre la plupart du temps désolée un point remarquable dans l'Univers même. Comme l'affirmation d'une spécificité réelle, celle d'un continent exceptionnel et magnifique.

Par un contraste saisissant, l'Amazonie n'est pas seulement une terre d'eau et d'arbres. Sa couleur reflète les macérations de ses rivières et les teintes de son sol, souvent dissimulé par une végétation luxuriante. Depuis l'espace, le jour, on dirait une orange qui a pourri, dont l'écorce en plein délabrement est parsemée, maculée de zones qui font penser à des moisissures, vertes et très douces en même temps. La nuit, les noires circonvolutions des orages semblaient respirer en s'illuminant de l'intérieur.

Sous mon regard interrogatif et passionné à la fois, ces volutes libéraient par paquets entiers une puissance, une énergie interne considérable.

Les gigantesques étendues liquides de notre planète vivent, elles palpitent sous les yeux de l'astronaute émerveillé. À ce sujet, je voudrais contrecarrer une idée généralement acceptée qui est que notre planète est bleue, et que tous les océans se ressemblent. C'est faux ! En fait, chaque plaine liquide possède une personnalité propre, une espèce de carte d'identité dont elle est dotée grâce à la lumière. Il n'existe pas un bleu, mais un nuancier immense dans lequel la Nature a largement puisé pour apporter sa touche d'originalité à chacune d'entre elles. Passer du Pacifique à l'Atlantique, de la Méditerranée à l'Antarctique est comme passer d'un univers à un autre : chacun de ces océans réfléchit vers l'espace sa propre teinte de bleu. Celle-ci est créée grâce au mouvement du Soleil, à sa hauteur sur l'horizon. La lumière, à chaque fois, change alors de contexte et de texture. La présence de plancton, de micro-algues, de bancs de poissons, les différences dans la salinité, la profondeur, la température et la densité de l'étendue considérée oblige la lumière

solaire à se contorsionner pour émettre alors une tonalité de bleu spécifique à chacune d'elles. Grâce à cette propriété de la lumière, chaque homme de l'espace peut identifier instantanément l'océan ou la mer qu'il survole. L'astronaute rejoint alors le marin, le poète et le musicien qui, chacun à sa manière, ont célébré de tous temps l'attrance humaine pour ces immensités liquides, ces espaces de paix et de liberté.

Ce n'est pas pour rien que les premiers cosmonautes ont qualifié la Terre de planète bleue. L'eau est en effet présente, à sa surface et dans ses profondeurs, selon les trois états que définissent les lois de la physique. C'est un trésor fabuleux pour une petite planète perdue dans l'Univers, qui a enfanté la Vie quelques centaines de millions d'années seulement après sa naissance – même si elle a été quelque peu aidée par les comètes, porteuses des briques prébiotiques. La glace, la vapeur d'eau, l'eau qui court sont à l'origine d'une chimie fabuleuse dont nous sommes tous issus. L'eau est notre matrice universelle et nous devons l'emporter avec nous pour explorer les mondes lointains. Elle nous est vitale, à l'image de l'Univers qui nous a engendrés.

L'Univers, c'est ce monde immense que j'ai découvert avec les yeux émerveillés d'un enfant et les sens aiguisés d'un professionnel. De ces journées extraordinaires passées à bord de la navette Discovery, j'ai retenu plusieurs leçons. D'abord l'universalité de la beauté, depuis ces lointains nuages d'étoiles jusqu'au plus petit détail perceptible à la surface de la Terre. Ensuite, un sentiment de plénitude quand tous les sens que m'a donné la Nature m'ont permis d'entrevoir l'ordre cosmique, qui n'a – Dieu merci – rien d'humain et sur lequel j'ai pu projeter mes doutes, mes aspirations, mes craintes et mes bonheurs. D'autre part, voyager dans l'espace, même en ne tournant qu'autour de la Terre, a été une chance inouïe pour le Terrien que je suis, m'apportant un certain détachement des choses et une sorte de paix intérieure. Le monde est véritablement devenu pour moi une entité à trois dimensions réelles, qui m'attire sans fin et me procure une joie immense en le parcourant.

De la plus lointaine des galaxies à notre sol natal, la Nature et l'espace déploient des trésors de somptuosités infinies dans les formes, les couleurs, les sensations, les forces, les sentiments. À nous tous, à notre « Humanité » d'en être digne. « Ce qui est visible ouvre nos regards sur l'invisible ».

Patrick Baudry,
spationaute, ambassadeur de l'UNESCO
Intervention aux Journées
de la Lumière, 29 septembre 2008

Liste des auteurs

Christian Corbé, Professeur de Chirurgie Spéciale et de Physiopathologie Sensorielle Aérospatiale du Val-de-Grâce, Paris.

Bernard Duval, Ingénieur en éclairage, Délégué général de l'Association Française de l'Éclairage, Paris.

Agnès Guibora, Psychologue, Centre d'éducation pour déficients visuels, Santifontaine, Nancy.

Michel Imbert, Professeur émérite, Université Pierre et Marie Curie, Département d'études cognitives, École Normale Supérieure, Paris.

Michel Kossowski, Professeur du Val-de-Grâce, Otorhino-laryngologiste des hôpitaux, Paris.

Philippe Lanthony, Laboratoire de la vision des couleurs, Centre hospitalier national d'Ophtalmologie des Quinze-Vingts, Paris.

Joaquim Tesson, Orthoptiste, CPEMPN, Hôpital Percy, Clamart.

Jacques Viret, Docteur ès Sciences, Professeur du Val-de-Grâce, discipline Recherche, Grenoble.

Avec la collaboration de :

Béatrice Le Bail, Ophtalmologiste des hôpitaux, SDIDV Saint-Maur, IME Jean-Paul Évy, Présidente de l'Association francophone des professionnels de basse vision (ARIBa), Paris.

Arach Madjlessi, Gériatre, ancien médecin des hôpitaux, clinique Alley Labrousse et Centre médical Luxembourg, Paris.

Remerciements

Cette approche des connaissances du système visuel et de leurs applications pratiques dans le domaine de l'ophtalmologie n'aurait pu être aussi pertinente sans un travail d'équipe et d'échanges continus entre les différents acteurs de la conquête spatiale, de l'aviation militaire et civile et sans l'aide compréhensive de nos maîtres dans la spécialité.

Nous voudrions particulièrement remercier le Professeur Yves Pouliquen pour son soutien indéfectible, lors des premières communications scientifiques qui bousculaient certains concepts sur le fonctionnement du système visuel et le Professeur Henry Hamard de l'Académie de Médecine pour les travaux communs qui nous ont conduits à l'amitié.

Le Professeur Anatoly Grigoriev, de l'Académie des sciences de Russie, directeur de l'Institut des Problèmes Biomédicaux à Moscou, nous a ouvert la cité des étoiles et permis les expérimentations au cours des vols spatiaux. Qu'il en soit grandement remercié.

Nos amis spationautes français et russes, par leur disponibilité, leur gentillesse, leurs retours d'expérience des vols en apesanteur, nous ont autorisé l'audace de la multisensorialité et de la part cognitive et adaptative de la vision et de la Vie, particulièrement le général Jean-Loup Chrétien, premier spationaute français, ingénieur, pilote d'essai, qui a été le vecteur du contact avec le monde spatial, le général Patrick Baudry, ingénieur, pilote de chasse et ambassadeur de l'UNESCO, le général Jean-Pierre Haigneré, responsable européen des spationautes, Madame Claudie Haigneré, médecin, ministre de la recherche dont la ténacité, la volonté, la disponibilité souriante était un soutien indéfectible, Valéry Poliakov, ingénieur, pilote de chasse, qui a accompli le record de durée dans l'espace avec la mission Mir... Et tous les autres.

Marc Alexandre, le partenaire amical et audacieux, et Bernard Maitenaz, le concepteur et inventeur du verre progressif, par leur amitié et disponibilité, ont permis plusieurs adaptations optiques spécifiques aux vols spatiaux, y compris en sorties extravéhiculaires.

Bien entendu, cet ouvrage d'équipe n'a pu arriver à son terme qu'avec la participation de tous les auteurs qui ont accepté malgré leurs contraintes, par amitié, de donner de leur temps pour relater leurs travaux et expériences.

Une mention particulière à Jacques Viret qui a été le garant scientifique des méthodes initiales de réadaptation des malvoyants, ayant validé avec René Thom, par analyse mathématique, le test de sensibilité aux contrastes de luminance adapté à la clinique.

Et, bien sûr, ceux qui, dès le départ, en 1982, ont senti l'intérêt des neurosciences dans le domaine de l'ophtalmologie et les applications en clinique : Michel Imbert, chercheur, Professeur de neurosciences au collège de France, remarquable de disponibilité et qui, du fait de la publication de son ouvrage *Vision* en 1987, a contribué à la validation des connaissances.

Jean-Pierre Menu, chercheur, Professeur du Val-de-Grâce, Christine de la Porte des Vaux, orthoptiste, ont, les premiers, senti l'intérêt des découvertes d'Hubel et Wiesel dans l'évaluation fonctionnelle d'une capacité de vision et d'une association multidisciplinaire étroite. Béatrice Le Bail, dévouée, attentive, efficace, associée dès le début avec Bruno Delhoste, opticien, dans l'équipe de recherche appliquée, installée à l'Institution Nationale des Invalides, qui a par sa bonne humeur permanente et son enthousiasme, permis de sublimer les difficultés d'une équipe expérimentale, médicalisée, agrégée au profit des déficients visuels, à laquelle s'est jointe Catherine Dauxerre.

Philippe Lanthony, spécialisé dans la physiopathologie de la vision colorée, au Centre Hospitalier National d'Ophtalmologie des Quinze-Vingts, dont la palette permet une compréhension pratique de ce sens variable.

Agnès Guibora, Présidente de l'Association des Psychologues Spécialisées dans la déficience visuelle, se devait, naturellement, de faire part de son expérience et montrer le nécessaire appoint des psychologues dans la prise en charge des patients malvoyants.

Bernard Duval, Ingénieur, délégué général de l'Association Française de l'Éclairage, qui a su, par son talent pédagogique et sa profonde connaissance de l'énergie « lumière », expliquer l'introduction de cet environnement dans le bien-être et les tâches ergonomiques de toute personne.

Michel Kossowski, ORL, Professeur du Val-de-Grâce, chef de service à l'hôpital Percy de Clamart, a mis en œuvre très tôt l'application du concept de multisensorialité dans la pratique courante, alors que le docteur Jean-Pierre Diard avait ouvert la voie par une communication remarquée à la Société française d'ophtalmologie, en 1998, sur « la vision sans l'oreille, point de salut ».

Joaquim Tesson, orthoptiste, en conciliant la spécificité aéronautique, avec la médecine du sport et la réadaptation de patients malvoyants, nous apporte une expérience clinique conforme aux bases fondamentales neurophysiologiques.

Le docteur Arach Madjlessi, gériatre, a été le partenaire infatigable, imaginatif, et de complicité intellectuelle qui a permis l'expansion de l'Unité sensoricognitive à l'Institution Nationale des invalides.

Un grand merci aux éditions Lavoisier qui ont accepté la publication de ce manuscrit, avec le soutien énergétique et dynamique de Caroline Kovarski.

Table des matières

Préface	III
Témoignage	V
Liste des auteurs	XIII
Remerciements.....	XV
Préambule	1

Partie I

Notions sommaires sur l'intégration du message visuel

Introduction	7
--------------------	---

Chapitre 1

Rappel sommaire d'anatomie oculaire (<i>Christian Corbé</i>).....	11
---	----

Chapitre 2

Captage de l'information visuelle pertinente (<i>Christian Corbé</i>)	17
1. Phénomènes induits par le rayon lumineux.....	17
2. Phénomènes induits par la structure des milieux transparents	18
2.1. Aberrations	18
2.1.1. L'aberration sphérique.....	18

2.1.2. La coma	18
2.1.3. L'astigmatisme	18
2.1.4. La distorsion	18
2.1.5. L'aberration chromatique	19
2.2. Autre phénomène.	19
3. Phénomènes induits par la nature dynamique de l'organe-œil	19

Chapitre 3

Intégration rétinienne (Christian Corbé)	21
---	-----------

Chapitre 4

Transfert rétino-cortical (Christian Corbé)	23
--	-----------

Chapitre 5

Analyse corticale (Christian Corbé)	25
--	-----------

Partie II

Contraintes liées à l'environnement du point de vue sensoriel, de la nécessité d'approfondir les mécanismes sensoriels physiologiques

Introduction	31
-------------------------------	-----------

Chapitre 6

Cahier des charges visuelles en fonction d'une tâche (Christian Corbé)	33
---	-----------

Chapitre 7

L'œil en tant que capteur actif (Christian Corbé, Philippe Lanthony)	39
---	-----------

1. Test de sensibilité au contraste de luminance – Intégration spatiale visuelle – Enveloppe de vision.	39
1.1. Sensibilité au contraste spatial de luminance	41
1.1.1. Principe	42
1.1.2. Méthode d'analyse.	42
1.1.3. Interprétation.	43
1.2. Sensibilité au contraste temporel de luminance.	43
1.3. Facteurs de variation.	44
1.4. Indications	45
1.4.1. Analyse d'une capacité visuelle.	45

1.4.2. Amétropies	45
1.4.3. Cataracte	46
1.4.4. Diagnostic d'une neuropathie glaucomateuse	47
1.4.5. Neuropathies optiques	47
1.4.6. Atteinte du système nerveux central	48
1.4.7. Analyse de la vision de l'enfant	48
1.4.8. Exploration d'un patient malvoyant	48
1.4.9. Conclusion	49
1.5. Facteurs négatifs	49
2. L'œil en tant que capteur actif – Place de la vision des couleurs dans la discrimination spatiotemporelle	50
2.1. Avantages de la couleur pour la vision spatiale	50
2.2. Vision spatiale et couleur	51
2.3. Contraintes de la vision spatiale colorée avec isoluminance	51
2.4. Sensibilité au contraste coloré	52
2.4.1. Fonction de sensibilité au contraste spatial	52
2.4.2. Facteurs influençant la FSC colorée	54
2.4.3. Illusions optico-géométriques	54
2.5. Vision spatiale colorée avec variations de luminance et de couleur	55
2.6. Fonction spatiotemporelle de sensibilité au contraste coloré	56

Chapitre 8

L'œil dans le sensoriel, la co-occurrence et l'application à l'équilibre (Michel Imbert, Michel Kossowski)	57
1. Intégration multimodale	57
2. Redondance intermodale	58
3. Intégration multisensorielle et plasticité au cours du développement	62
3.1. Visualisation cérébrale des interactions multimodales	63
3.2. Imagerie cérébrale des intégrations multimodales	64
3.3. Réorganisations corticales consécutives à une privation sensorielle précoce	65
3.4. Réorganisations corticales chez les sujets aveugles ou sourds	66
3.5. En résumé	69
4. Application à l'équilibre	70
4.1. Introduction	70
4.2. Vision et équilibre	71
4.2.1. Vision périphérique et équilibre	72
4.2.2. Vision centrale et équilibre	72
4.2.3. Cécité et équilibre	73
4.3. Oculomotricité et équilibre	74
4.3.1. Système visuo-oculaire : saccades, poursuites, optocinétique	74
4.3.2. Système vestibulo-oculaire	75
4.4. Notions de conflits sensoriels visuels	76
4.5. Conclusion	77

Chapitre 9

Œil et cognition (Michel Imbert)	79
1. Les images oculaires sont très bruitées	80
2. Les grandes théories de la perception visuelle	81
3. La vision est-elle intelligente ?	82
4. Conclusion	85

Chapitre 10

La fonction biologique de la vision. Phénomènes de plasticités physiologique, neuro-corticale et cognitive (Jacques Viret)	87
1. Modélisation géométrique de la fonction visuelle	87
1.1. La fonction physiologique	87
1.1.1. Qu'est-ce qu'une fonction physiologique ?	87
1.1.2. Introduction imagée d'une queue-d'aronde	88
1.1.3. Modélisation d'une fonction physiologique	91
1.1.4. Une fonction membranaire, le transport de l'influx nerveux	92
1.2. La fonction visuelle	96
1.2.1. Fonction locale moléculaire (cycle de la rhodopsine)	97
1.2.2. Fonction locale membranaire (génération du signal électro-physiologique)	97
1.2.3. Fonction locale de perception visuelle	98
1.2.4. Fonction locale cognitive	100
2. Retour à la fonction globale	101
3. Conclusion	102

Partie III

Application dans la mise en place de normes médicales pour la sélection des spationautes en début de conquête spatiale et réactualisation après expérience

Introduction	107
---------------------------	-----

Chapitre 11

Mise en place des normes compte tenu des premiers vols spatiaux et retour d'expérience en clinique (Christian Corbé)	109
---	-----

Chapitre 12

Normes spécifiques au visuel (Christian Corbé)	113
---	-----

Partie IV

Nouvelles données et nouveaux tests fonctionnels issus
de la sélection pour les vols habités

Introduction	117
--------------------	-----

Chapitre 13

Test d'analyse multisensorielle (Michel Kossowski)	119
1. Introduction	119
2. Test d'organisation sensorielle	120
2.1. Test de contrôle moteur	121
2.2. Test d'adaptation	122
3. Test d'organisation sensorielle sur Multitest®	122
4. Résultats	123
5. Conclusion	123

Chapitre 14

De la valeur de la vision stéréoscopique et de la vision binoculaire (Michel Imbert, Joaquim Tesson)	125
1. Le relief en vision monoculaire	126
2. Le relief en vision binoculaire – Les images doubles en vision binoculaire	127
3. Géométrie de la vision binoculaire	127
3.1. Disparité binoculaire et perception de la profondeur	129
4. Test de la vision de la profondeur	134

Chapitre 15

« Attracteur ou adaptabilité » de survie fonctionnelle (Jacques Viret)	139
1. Réaction de l'organisme au stress : modèle expérimental	140
1.1. Taux de survie après intoxication	140
1.2. Activité de l'acétylcholinestérase cérébrale	141
2. Modélisation géométrique	143
2.1. Approche globale : attracteurs vital et létal	143
2.2. Réaction de l'organisme : attracteur de survie	144
2.3. Signification de l'attracteur de survie	145
3. Autres manifestations de l'attracteur de survie	146
3.1. Vision	146
3.2. Audition	149
3.2.1. Évolution des pertes auditives	150
3.2.2. Évolution de l'amplitude du PAC	151
3.2.3. Mise en évidence de l'attracteur de survie fonctionnelle auditive	151
4. Conclusion	152

Chapitre 16

Entrée en scène du psychologue – Le passage d'un état sans contrainte à un nouvel état, différent mais efficient

(*Agnès Guibora*) 155

Partie V

Applications pratiques : optimisation et réhabilitation des capacités visuelles

Introduction 163

Chapitre 17

Sportifs de haut niveau (*Jacques Viret, Christian Corbé*) 165

1. Optimisation dans la fonction 165
 - 1.1. Rappel des différentes phases d'une fonction sportive 166
 - 1.2. Aspects temporels d'une fonction sportive 167
 - 1.2.1. Durée des phases 167
 - 1.2.2. Moments du cycle 169
 - 1.3. La gestion de l'entraîneur 170
 - 1.3.1. Gestion des phases 1 et 2 170
 - 1.3.2. Gestion des phases 3 et 4 171
 - 1.4. Retour sur la réadaptation basse vision 171
2. Émergence gestuelle et sélection 172
 - 2.1. Exemple expérimental 172
3. Retour sur la problématique sensorielle 174
4. Un exemple en consultation 174

Chapitre 18

Personnes malvoyantes (*Christian Corbé, Béatrice Le Bail, Jacques Viret*) 177

1. Plasticités 179
 - 1.1. Plasticité neurocorticale 179
 - 1.2. Plasticité adaptative 180
 - 1.3. Plasticité visuo-corticale 181
 - 1.4. Notion d'attracteur et de vision indifférenciée en clinique 182
2. En pratique 184
3. Méthode d'évaluation et de réadaptation de la vision fonctionnelle 185
4. Principe de la prise en charge de la compensation des déficits 186
5. Mise en œuvre des moyens 189
6. Où s'adresser 190
7. Conclusion 190

8. À titre d'exemples	191
8.1. Monsieur D	191
8.2. Monsieur L	193
8.3. Monsieur F	195

Chapitre 19

Malades d'Alzheimer (<i>Christian Corbé, Arach Madjlessi</i>)	197
1. En pratique	198

Chapitre 20

Attitude médicale et sociale vis-à-vis des sujets âgés (<i>Christian Corbé</i>)	201
---	-----

Chapitre 21

Une application négligée : la remodelisation de la lumière artificielle (<i>Bernard Duval</i>)	203
Conclusion	211
Bibliographie	213
Index	221



L'aventure spatiale a imposé une connaissance approfondie des mécanismes d'interface entre l'homme et un environnement hostile. Elle a mis en évidence la complexité du système visuel, son intégration avec les autres sens et la place essentielle des facteurs que sont l'attention, la cognition et la représentation mentale. La vision est donc apparue non seulement comme une fonction dédiée à un organe particulier, mais surtout comme une des fonctions nécessaires à la survie d'un organisme entier.

Fruit d'une approche pluridisciplinaire, ***Avancées en ophtalmologie – Apport de la conquête spatiale*** montre comment la recherche en neurosciences liée aux vols spatiaux habités a permis des progrès remarquables dans le domaine des spécialités de la vision.

Cet ouvrage relate également une aventure médicale et précise les bases physio-pathogéniques qui ont contribué à la structuration médicalisée du concept de malvoyance, puis à sa prise en charge et à son enseignement. Il s'adresse non seulement à l'ensemble des professionnels de la vision, mais aussi aux ergothérapeutes, psychomotriciens, instructeurs en locomotion, psychologues, gériatres, chercheurs, médecins généralistes, etc.

Christian Corbé,
Professeur de chirurgie
spéciale et de physiopa-
thologie sensorielle
aérospatiale, est Président
fondateur de l'Association
représentative des initia-
tives en basse vision,
Vice-président de
l'Organisation pour la
prévention de la cécité,
ancien Directeur de
l'Institution nationale
des Invalides.

www.editions.lavoisier.fr



9 782743 014681