



## Le rôle de la vision dans la lecture

Christophe Orssaud (1), Nolwenn Berbey (2), Jean-Louis Dufier (3)

(1) Ophtalmologiste, HEGP, AH-HP, Paris (75)  
christophe.orssaud@hop.egp.  
ap-hop-paris.fr

(2) Orthoptiste, HEGP, AH-HP, Paris (75)

(3) Ophtalmologiste, HEGP, AH-HP, Hôpital Necker-Enfants malades, Paris (75)

### Mots-clés

Acuité visuelle

Champ visuel

Fovéation

Équilibre postural

Lecture

Oculomotricité

Sensibilité aux contrastes

Vision binoculaire

### Key-words

Visual acuity

Field of vision

Foveation

Postural balance

Reading

Oculomotricity

Sensitivity to contrast

Binocular vision

### Résumé

**La fonction visuelle joue un rôle essentiel dans la lecture qui est un processus complexe, à la fois perceptif et intégratif cérébral. Plusieurs éléments concourent à une perception correcte, notamment l'acuité visuelle binoculaire de près, l'intégrité du champ visuel, la sensibilité aux contrastes (lorsque le fond est coloré et/ou que les lettres sont estompées) et l'oculomotricité. Outre les problèmes d'équilibre binoculaire, le lecteur expérimenté doit être capable d'effectuer de multiples micro-saccades pour passer d'une syllabe pertinente à une autre. En prenant l'exemple de différentes pathologies affectant ces systèmes, il est possible de confirmer leur importance dans des conditions standard de lecture.**

La lecture est une activité quotidienne automatique au cours de laquelle la vision joue un rôle qui semble aller de soi aux différents âges de la vie. Le terme de vision doit être compris dans son sens le plus large, incluant non seulement l'acuité visuelle, mais également la sensibilité aux contrastes, le champ visuel et l'oculomotricité. De plus, outre une fonction visuelle adéquate, la lecture harmonieuse nécessite aussi des capacités cérébrales d'attention et d'identification, ainsi que de contrôle de l'oculomotricité. Les troubles de concentration peuvent perturber l'analyse des informations transmises et compromettre l'efficacité de la lecture ou de sa compréhension, au même titre que les troubles de la mémoire ou les agnosies. L'intégrité cérébrale constitue donc un élément essentiel dans le cadre de la lecture mais ce thème ne sera pas abordé dans cet article. Le système oculaire doit être en mesure d'envoyer des "informations" pertinentes vers les territoires corticaux. Ceci implique que la personne ait une acuité visuelle binoculaire de près "suffisante" (valeurs variant d'une personne à l'autre selon les conditions d'examen), afin de déchif-

### The role of vision reading

#### Abstract

The visual function plays an essential role in reading, which is a complex process involving simultaneous perception and cerebral integration. Several elements combine to enable correct perception, notably close-up binocular visual acuity, integrity of the field of vision, sensitivity to contrasts (when the background is coloured and/or letters are greyed out) and oculomotricity. Apart from binocular imbalance problems, an experienced reader must be capable of carrying out multiple micro-saccades to move from one relevant syllable to the next. Taking the example of different pathologies affecting these systems, it is possible to confirm their importance in standard reading conditions.

frer les différentes lettres, et qu'il n'ait aucune pathologie maculaire uni- ou bilatérale pouvant interférer. Il est également indispensable que l'oculomotricité soit équilibrée et satisfaisante, y compris chez des patients monophtalmes. La lecture harmonieuse nécessite en effet la réalisation de mouvements de micro-saccades tout au long de la ligne, et de saccades et de vergences symétriques et asymétriques pour passer à la ligne suivante.

L'étude du handicap rencontré par des patients porteurs d'anomalies visuelles ou oculomotrices permet, *a contrario*, de comprendre l'importance de ces différents paramètres. Ainsi, la dégénérescence maculaire bilatérale est responsable d'une atteinte de la vision centrale interdisant aux patients de percevoir les caractères d'un texte lorsque ceux-ci sont trop fins. La présence de micro-scotomes ou de métamorphopsies lors d'une atteinte maculaire unilatérale est également responsable de perturbations altérant les capacités de lecture avec la survenue d'une vision déformée rendant impossible la superposition, et souvent qualifiée de diplopie. Certaines formes



de dyslexie pourraient être dues à des troubles oculomoteurs, notamment des micro-saccades. Enfin, les insuffisances de convergence ou les hétérophories sont à l'origine d'une symptomatologie de fatigue visuelle bien connue et qui amène souvent les patients à laisser leur livre pour passer à d'autres activités.

### Les phénomènes de la lecture

La lecture d'une phrase nécessite une séquence d'opérations incluant une phase de nature perceptive. Le résultat de cette opération perceptive est transmis à travers les voies optiques, d'une part vers les centres cérébraux contrôlant l'oculomotricité et, d'autre part, vers ceux permettant l'analyse du message visuel. Cette analyse se fait par comparaison ou appariement du message avec un stock de mots familiers écrits, constituant un lexique visuel, mais indépendamment de leur format, de leur caractère ou de leur orientation. Lorsqu'il est retrouvé une ressemblance suffisante, la "décision lexicale" active les représentations sémantiques :

- signification du mot ;
- représentation du mot sous forme auditive ou phonologique.

Ces différentes opérations de lecture sont automatiques mais complexes, nécessitant un apprentissage au cours duquel l'enfant doit mettre en relation des séquences de lettres avec leurs représentations phonologiques connues. En effet, bien avant d'être confronté au langage écrit, l'enfant possède déjà un lexique phonologique bien développé<sup>1,2</sup>. Il est alors facile de comprendre la base de la théorie phonologique de la dyslexie selon laquelle ce trouble est lié à une conversion anormale entre lettres et phonèmes, les liens constitués étant anormaux ou difficilement accessibles. Néanmoins, malgré la masse de données documentant le déficit phonologique lors de la dyslexie, son implication isolée dans l'origine de ce trouble n'a pu être prouvée et d'autres théories sont avancées. Ainsi, une part visuelle ne peut être éliminée puisque la reconnaissance de lettres peu différentes ou présentant des éléments de symétrie ("m" ou "n", "b" et "d", "p" et "q") nécessite de bonnes capacités de discrimination.

Nous ne lisons pas "lettre par lettre", hormis lorsque nous déchiffrons un mot nouveau, par exemple lors de l'apprentissage d'une langue étrangère, ou face à ce que les physiologistes nomment un "non-mot" (ou suite non significative de lettres). Chez un lecteur entraîné, la reconnaissance d'un mot ne repose pas sur l'analyse de la totalité des lettres qui le composent ni dans leur ordre. Il a bien été prouvé que nous ne regardons que des syllabes "pertinentes" qui nous permettent de comprendre le sens du mot et/ou de la phrase. Ces données, largement prouvées, en particulier par des enregistrements électrophysiologiques, sont à l'origine de la théorie des anomalies oculomotrices de la dyslexie sur laquelle nous reviendrons.

Ainsi, la lecture met en jeu de nombreux mouvements oculomoteurs. Il faut que les yeux soient capables de retrouver la ligne suivante. C'est pourquoi la vitesse de lecture peut être améliorée par un apprentissage visant à obtenir un élargissement du champ visuel attentionnel. Cette augmentation du champ de vision permet d'englober une plus grande portion du paragraphe lu, si ce n'est sa totalité, et vise à faciliter le retour à la ligne suivante. Mais le processus de lecture en lui-même nécessite que les fovéola se déplacent en permanence d'une syllabe pertinente à une autre grâce à de multiples micro-saccades, de gauche à droite, mouvements de courte amplitude. Chaque micro-saccade est suivie d'une période de fovéation, qui est un temps d'intense activité au cours duquel s'effectue le travail d'analyse visuelle, de traitement perceptif, mais également de préparation de la micro-saccade suivante. Cette préparation requiert la mise en jeu de différentes régions corticales, avec un contrôle de ce qui est en train d'être lu.

### Rôle de l'acuité visuelle

Il est bien établi que cette acuité visuelle de près repose sur la mise en jeu de la région fovéolaire qui ne représente que les quelques degrés centraux du champ visuel. Les possibilités de fovéation et la durée de ces périodes de fovéation sont essentielles pour permettre une lecture de qualité. Elles représenteraient 90 % du temps de la lecture chez un sujet normal.



## Points essentiels

- La lecture nécessite des capacités perceptives visuelles (acuité visuelle, champ visuel, sensibilité aux contrastes...), oculomotrices et intégratives cérébrales (attention, analyse lexicale...).
- Chez un lecteur entraîné, la reconnaissance d'une phrase repose sur l'analyse de syllabes pertinentes et non sur un déchiffrement mot à mot. Le passage d'une syllabe pertinente à l'autre se fait par micro-saccades suivies d'un temps de fovéation et de préparation de la micro-saccade suivante.
- L'oculomotricité est essentielle pour la lecture. Toute atteinte de la fixation, de la convergence, des saccades ou de l'équilibre binoculaire perturbe la stratégie visuelle de lecture.



Leur importance est cliniquement bien prouvée si l'on se réfère aux capacités visuelles lors de certaines formes de nystagmus. En effet, toute amélioration du temps de fovéation, telle que l'on peut en observer lorsqu'un patient porteur d'un nystagmus bidirectionnel utilise sa zone neutre ou zone d'inversion, se traduit par une notable amélioration de l'acuité visuelle<sup>3,4</sup>.

En clinique, il est généralement recherché une acuité visuelle de près chiffrée à Parinaud 2 à chaque œil, en ajoutant, si besoin, des verres additionnels chez les patients aphaques ou presbytes. Celle-ci, considérée comme la norme, autorise une lecture facile de la plupart des textes. Mais cette acuité visuelle suffisante doit être modulée en fonction :

- du type de support lu (certains livres sont écrits sur des papiers rendant la lecture difficile tels que le papier glacé ou le papier bible) ;
- de l'éclairage ambiant ;
- du type de lecture effectuée (textes ou chiffres) ;
- de la motivation (distraction, travail).

En revanche, il est difficile, chez chaque patient, de déterminer l'acuité visuelle de près "minimale" nécessaire pour lire et, plus encore, chez l'enfant pour acquérir la lecture. C'est la raison pour laquelle, à tout âge de la vie, il faut être prudent avant d'affirmer qu'un patient va éprouver des difficultés dans ces activités quotidiennes de lecture.

Ainsi, un enfant ayant une malvoyance modérée ( $AV \leq 4/10$  P5 valeurs à moduler), quelle qu'en soit la cause, peut acquérir la lecture avec une acuité visuelle de près réduite et ce, d'autant qu'il va pouvoir s'approcher de son document pour grossir la taille des caractères. Ceci trouve des implications en clinique puisqu'il est admis qu'en présence d'une cataracte partielle, il ne faut intervenir que lorsque la courbe des résultats scolaires s'infléchit. De même, il est possible de laisser très longtemps un enfant poursuivre une scolarité normale avec une lecture en "noire" (et non en Braille). Il faut également saluer les efforts réalisés par l'Éducation nationale pour aider les élèves éprouvant un handicap visuel, avec notamment la mise en place d'un système de soutien scolaire. À l'inverse, il faut savoir orienter ces enfants déficients visuels vers une institution spécialisée dès lors qu'ils n'arrivent plus à suivre cette scolarité normale, malgré les moyens de compensation mis en jeu.

À l'autre extrême de la vie, de nombreuses pathologies viennent compromettre la lecture, qu'il s'agisse d'une pathologie fréquente comme la cataracte, mais surtout de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) ou des membranes épirétiniennes. Il faut associer à cette liste de pathologies altérant la vision, les œdèmes maculaires, survenant plus particulièrement dans le cadre des complications ophtalmologiques du diabète. Ces dernières pathologies sont responsables d'un syndrome maculaire avec déformation irrégulière des lignes, déformation qui diffère d'un œil à l'autre et entraîne une "diplopie". Des micro-scotomes viennent également perturber la lecture et gêner la détection des syllabes. Il résulte de cette atteinte maculaire un handicap visuel d'autant plus difficile à surmonter que le patient est plus âgé et que sa plasticité cérébrale est moindre, le privant alors de la lecture. Néanmoins, celle-ci peut être rendue à nouveau possible grâce à une rééducation fonctionnelle visant à améliorer l'attention visuelle et l'utilisation de systèmes grossissants ou télé-agrandisseurs. Il est intéressant de noter qu'au cours de ces pathologies maculaires, une néo-macula se "constitue", dont la localisation est excentrée par rapport à la macula normale. La présence de cette néo-macula a été bien objectivée par ophtalmoscope à balayage laser, ou *Scanning Laser Ophthalmoscope* (SLO)<sup>5</sup>. De plus, l'enregistrement de potentiels évoqués visuels (PEV) focaux tend à prouver qu'il existerait une réorganisation fonctionnelle de tout le système visuel puisque la stimulation exclusive de cette néo-macula, chez ces patients présentant une destruction de leur région maculaire, est associée à de meilleures réponses des PEV par rapport à ce qui est obtenu lors de la stimulation de la même région maculaire chez des témoins sains.

## Rôle du champ visuel et de la sensibilité aux contrastes

Les atteintes du champ visuel maculaire sont généralement associées à des baisses d'acuité visuelle de près. Néanmoins, de petits déficits paracentraux peuvent influencer peu sur l'acuité visuelle centrale, mais entraîner une gêne fonctionnelle importante en perturbant la fusion ou en



créant une image parasite déformée qui ne peut pas être fusionnée. Les atteintes campimétriques périphériques ne vont pas perturber au sens strict la lecture, mais elles vont la rendre très difficile, notamment si elles touchent l'hémichamp visuel droit, avec un texte à lire de gauche à droite pour suivre la ligne, et si elle touchent l'hémichamp visuel gauche pour le retour à la ligne. Le sujet présente alors plus de difficultés à effectuer avec précision un mouvement de saccade pour revenir au début de la ligne suivante puisqu'il ne la perçoit pas. Ainsi, un champ de vision étroit oblige à une lecture ralentie avec des retours en arrière perturbant la compréhension du texte. C'est la raison pour laquelle nombre de patients gardent des difficultés de lecture lorsqu'ils utilisent des systèmes grossissants. En effet, alors que ces systèmes donnent une acuité visuelle de près suffisante pour détecter les lettres, une lecture suivie reste difficile car le champ de vision est trop restreint. Il arrive que le mot ne puisse plus être vu dans sa totalité. Par conséquent, il n'est plus possible d'effectuer une lecture normale et il faut revenir à un "déchiffrement" de chaque mot. Il est bien connu en clinique qu'il ne faut jamais surcorriger un patient en vision de près pour obtenir Parinaud 1,5, car l'amélioration de l'acuité visuelle entraîne un inconfort. Celui-ci est lié à cette réduction du champ de vision ainsi, bien souvent, qu'à des perturbations de l'équilibre binoculaire. À l'inverse, l'augmentation du champ visuel attentionnel améliore les performances d'un lecteur et est utilisée dans l'apprentissage de la lecture rapide. Il faut rappeler ici que la gêne fonctionnelle liée à l'existence de scotomes dans le champ de vision para-central, comme en ressentent certains patients porteurs de DMLA, peut être diminuée par des "guides lignes"

Les anomalies de la sensibilité aux contrastes ne sont pas systématiquement étudiées en clinique courante. Néanmoins, elles sont sans doute fréquentes chez les personnes âgées porteuses de cataracte ou d'atteinte maculaire. Leur importance est facile à comprendre dès lors que l'on essaie de lire un texte coloré, lui-même écrit sur un papier ou une affiche dont le fond est coloré. Mais ce facteur intervient également pour le déchiffrement de panneaux routiers par temps de brouillard...

## Importance de l'oculomotricité

La lecture ne semble pas être, de prime abord, une activité réalisée dans l'espace tridimensionnelle. Cependant, elle s'effectue à des distances variables, proches, qui exigent le maintien d'une convergence appropriée. La nécessité du maintien d'une telle convergence est encore plus évidente lorsque l'on est amené à lire un texte sur un écran d'ordinateur. Il est donc fondamental de veiller à ce que le patient ait un bon équilibre binoculaire pour que la lecture puisse se faire sans fatigue. L'étude de ce facteur n'a pas besoin d'être développée ici. Il faut simplement rappeler que les troubles de l'équilibre binoculaire peuvent se rencontrer à tout âge et qu'ils sont sans doute sous-estimés chez l'enfant.

Une anomalie du système de fixation oculaire, de la convergence ou des micro-saccades, peut être responsable d'une perturbation plus ou moins marquée de la stratégie visuelle, aboutissant à des difficultés pour parcourir rapidement un texte et en retrouver les mots. De plus, chez le lecteur entraîné, les micro-saccades amènent les yeux à s'arrêter préférentiellement sur certaines lettres ou syllabes, et à balayer les autres. Leur perturbation peut aboutir à des inversions ou superpositions de lettres ou de syllabes<sup>6</sup>. Ainsi, lorsqu'un patient doit lire le mot "niche" et qu'il inverse la première et la dernière lettre, le sens du mot lu ("Chine") change complètement. De même, si les yeux ne "s'arrêtent" pas sur la lettre ou la syllabe "pertinente" d'un mot, celui-ci n'est pas immédiatement compris. Chez les enfants dyslexiques, ces anomalies oculomotrices peuvent être secondaires au trouble de lecture. Néanmoins, dans bien des cas, elles semblent constituer le *primum movens* de la dyslexie et être à l'origine des anomalies phonologiques retrouvées<sup>7</sup>. Elles peuvent également trouver leur origine en un déficit de la voie magnocellulaire visuelle, avec un dysfonctionnement du traitement temporel de l'information visuelle<sup>8</sup>. En effet, la voie magno-cellulaire visuelle traite les stimuli visuels brefs, transitoires, mobiles et de faible contraste, et est attachée au traitement du mouvement et de la localisation spatiale<sup>9-12</sup>. Il peut ainsi être proposé qu'un déficit de la voie magno-cellulaire puisse être à l'origine d'un manque de guidage des mouvements oculomoteurs

## Points essentiels



- Une atteinte de l'hémichamp visuel droit altère la capacité à suivre la ligne lue, et celle du champ visuel gauche perturbe la capacité à effectuer les saccades de retour à la ligne. Un champ visuel étroit (ou un champ de vision réduit par la puissance des verres) ralentit la lecture.
- L'équilibre postural joue un rôle important puisqu'on ne regarde pas uniquement avec ses yeux. Un changement de direction du regard implique bien souvent une modification de la position de l'ensemble du corps.



## Références

- Gallagher A, Frith U, Snowling M. Precursors of literacy delay among children at genetic risk of dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2000; 41: 203-13.
- Scarborough HS. Very early language deficits in dyslexic children. *Child Dev*. 1990; 61: 1728-43.
- Hertle RW, Dell'Osso LF. Clinical and ocular motor analysis of congenital nystagmus in infancy. *J Aapos*. 1999; 3: 70-9.
- Hertle RW, Maldonado VK, Maybodi M et al. Clinical and ocular motor analysis of the infantile nystagmus syndrome in the first 6 months of life. *Br J Ophthalmol*. 2002; 86: 670-5.
- Cohen SY, Le Gargasson JF, Guez JE et al. Apport des potentiels évoqués visuels générés par SLO dans l'étude de la fonction visuelle résiduelle des patients atteints de dégénérescence maculaire liée à l'âge traités par photocoagulation périmaculaire. *Ophthalmologie*. 1995; 9: 187-9.
- Biscaldi M, Gezeck S, Stuhr V. Poor saccadic control correlates with dyslexia. *Neuropsychologia*. 1998; 36(11): 1189-202.
- Eden GF, Stein JF, Wood HM, Wood FB. Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision Res*. 1994; 34(10): 1345-58.
- Fischer B, Hartnegg K. Stability of gaze control in dyslexia. *Strabismus*. 2000; 8: 119-22.
- Stein J, Walsh V. To see but not to read: the magnocellular theory of dyslexia. *Trends Neurosci*. 1997; 20: 147-52.
- Everatt J, Bradshaw MF, Hibbard PB. Visual processing and dyslexia. *Perception*. 1999; 28: 243-54.
- Borsting E, Ridder WHR, Dudeck K et al. The presence of a magnocellular defect depends on the type of dyslexia. *Vision Res*. 1996; 36: 1047-53.
- Vidyasagar TR, Pammer K. Impaired visual search in dyslexia relates to the role of the magnocellular pathway in attention. *Neuroreport*. 1999; 26: 1283-7.
- Quercia P, Robichon F, Alves Da Silva O. Dyslexie de développement et proprioception : approche clinique et thérapeutique. Beaune : Graine de Lecteur, 2001.
- Pascual-Leone A, Dhuna A, Torres F. Somatosensory cortical reorganisation in braille readers: a human study of learning-induced cerebral-plasticity. *Neurology*. 1991; 41(Suppl 41): 265.

## Conflit d'intérêts

L'auteur n'a pas déclaré de conflit d'intérêts.

nécessaires pour une lecture harmonieuse dans certaines formes de dyslexie. Plusieurs travaux sont venus étayer cette hypothèse oculomotrice de la dyslexie en démontrant que les enfants dyslexiques présentent un nombre accru de saccades d'amplitude anormale ou de fixations dont la durée est également perturbée.

La mobilité oculaire équilibrée constitue donc une condition première pour une lecture harmonieuse, efficace et facile. Il est difficile de préciser le temps nécessaire pour préparer la micro-saccade qui permet de passer d'une syllabe pertinente à une autre. Cependant, il n'est pas impossible qu'une certaine lenteur de lecture observée chez les enfants puisse être attribuée à un allongement du temps nécessaire à la préparation des micro-saccades ou des saccades de retour à la ligne. L'enfant s'aide souvent de son doigt pour cette tâche de suivi de ligne. De plus, chez l'enfant de 6 à 7 ans, le système visuo-moteur n'a pas encore atteint son efficacité maximale, qui se forge au fil de l'apprentissage. Il existe encore un déficit de la coordination binoculaire en vision rapprochée et le système visuel et oculomoteur doit en permanence procéder à un ré-étalonnage des commandes motrices. Cet apprentissage oculomoteur s'effectue au moment de l'apprentissage de la lecture, aux environs de 6 à 7 ans. L'enfant doit apprendre en même temps à lire et à coordonner les mouvements de ses yeux.

## Notion de posture

Le rôle de l'équilibre postural dans la lecture est également important s'il est compris comme un ensemble de mécanismes mettant en jeu l'oreille interne, la vision et le système proprioceptif. Nous n'évoquerons pas ici les données controversées concernant l'éventuelle existence d'un "syndrome de déficience posturale" chez l'enfant dyslexique<sup>13</sup>. Il ne faut pas considérer que la direction du regard ne repose que sur les mouvements des yeux contrôlés par les seuls muscles oculomoteurs. En effet, lorsque le regard se déplace d'un journal vers une télévision ou, en classe, du tableau à un cahier, la totalité de la position du corps est généralement modifiée. Les changements de direction du regard impliquent des déplacements de segments du corps, allant

bien au-delà des yeux. Cette variation de position, qui dépend du contexte, se retrouve dans de nombreuses, voire toutes, les activités actives ou passives. Ainsi, un professeur ou un instituteur est capable d'apprécier si son interlocuteur ou un élève l'écoute, simplement à la manière dont il se tient. S'il est distrait, la position de son corps n'est pas la même que s'il est attentif.

## Conclusion

Le rôle de la vision et de l'oculomotricité dans la lecture apparaît essentiel aux différents âges de la vie. Cependant, ceci semble ne pas être toujours aussi vrai selon le sens donné au mot "lecture". De fait, ce terme est utilisé autant pour la lecture labiale et la lecture "en noir" que pour la lecture de l'alphabet Braille qui s'adresse principalement aux patients non voyants ou profondément malvoyants. Mais il a été démontré *in vivo*, chez des sujets non voyants de naissance, que la lecture d'un texte en alphabet Braille active le cortex visuel primaire, confirmant qu'en raison de sa grande plasticité, le cerveau est capable de faire assurer le traitement d'informations non visuelles par des territoires corticaux initialement dévolus à la vision. Cette plasticité intervient à d'autres niveaux puisqu'il a été également démontré, à l'aide de potentiels évoqués somesthésiques, l'existence d'une augmentation de la zone de projection des afférences provenant du doigt lisant le Braille dans la région somatosensorielle pariétale ascendante correspondante<sup>14</sup>. La connaissance de ces réorganisations des projections cérébrales des afférences sensorielles est très importante et doit guider les techniques de réadaptation chez des patients porteurs d'anomalies sensorielles, en particulier des anomalies du système visuel. Ces projections corticales anormales limitent, dans le temps, les possibilités d'avoir recours à des traitements visant à rétablir des projections "normales"; tels que les puces rétiniennes ou les greffes de rétine, chez des patients non voyants de naissance. Ainsi, chez ces patients n'ayant jamais vu, le cortex visuel s'est "réorienté" vers l'analyse d'autres modalités sensorielles et il sera difficile de le faire revenir à une modalité visuelle lorsque les effets de la plasticité cérébrale auront nettement diminué. ●