



ANALOGIE ENTRE L'IMAGE DE CÔNES ET LE SYSTÈME VISUEL

Tristan Girard, Philippe Roi

► To cite this version:

Tristan Girard, Philippe Roi. ANALOGIE ENTRE L'IMAGE DE CÔNES ET LE SYSTÈME VISUEL. La Théorie Sensorielle. I - Les Analogies Sensorielles, 2013. <hal-03207436>

HAL Id: hal-03207436

<https://hal.science/hal-03207436v1>

Submitted on 24 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

ANALOGIE ENTRE L'IMAGE DE CÔNES ET LE SYSTÈME VISUEL

Par Philippe Roi et Tristan Girard

Avec la contribution de Jean-Daniel Forest^{(1)†}, Serge Picaud⁽²⁾

⁽¹⁾Spécialiste du Proche-Orient Ancien, Chercheur au CNRS, Enseignant à l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne. ⁽²⁾Docteur en Neurosciences, Directeur de Recherche INSERM, Chercheur à l'Institut de la Vision, Responsable de l'équipe : Traitement de l'Information Visuelle.

Relecture : Margarete van Ess⁽³⁾, Joachim Marzahn⁽⁴⁾, José-Alain Sahel⁽⁵⁾ et Édmont Couchot⁽⁶⁾

⁽³⁾Spécialiste du Proche-Orient Ancien, Directeur du département Orient-Abteilung du Deutsches Archäologisches Institut. ⁽⁴⁾Spécialiste du Proche-Orient Ancien, Chercheur au Staatliche Museen zu Berlin, Vorderasiatischen Museums. ⁽⁵⁾Docteur en Médecine, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur des Universités Paris 6 et UC London, Chef de Service CHNO des XV-XX, Fondation Rothschild.

⁽⁶⁾Professeur Émérite des Universités, ancien Directeur du Département des Arts et Technologies de l'image de l'Université Paris VIII.

Pour citer cet article : Roi, Philippe et Girard, Tristan, « L'image de cônes et le système visuel », *La Théorie Sensorielle*.

I - Les Analogies Sensorielles, First Edition Design Publishing (2013) pp. 117-128 et sa bibliographie pp. 279-281.

Copyright 2013 par Philippe Roi et Tristan Girard

Résumé : À la fin du quatrième millénaire avant notre ère, en Basse-Mésopotamie, l'élite Urukéenne dispose désormais de moyens considérables, dans la mesure où sa position, au sommet de l'ordre hiérarchique, lui permet de mobiliser toute la main-d'œuvre dont elle a besoin pour son entretien et pour le fonctionnement de l'État. Elle stimule en outre l'innovation technique à travers la demande qu'elle adresse aux différents corps d'artisans, car tout ce qui est valorisé socialement doit se manifester de façon apparente, voire ostentatoire. Les bâtiments collectifs, dans lesquels se matérialisent les institutions n'échappent pas à cette règle. Ils se doivent d'être les fleurons architecturaux de la cité. Leur situation surélevée, leur volume, la qualité de leurs décors, doivent attirer l'attention, fournir des repères et constituer, au sens propre, un rappel à l'ordre permanent. L'une des solutions adoptées pour embellir ces bâtiments consiste à réaliser, sur leurs murs, des mosaïques constituées de cônes d'argile en couleur. Or, il est intéressant de constater que leur conception repose sur les principes fondamentaux de la vision. Décomposer en points d'image une représentation, faire ressortir ses contrastes, compresser l'information et la traduire sous une forme transmissible dans le but de la reconstruire sont précisément les concepts de base sur lesquels s'appuie l'appareil visuel pour nous procurer une perception de notre environnement.

Abstract: By the end of the fourth millennium BCE, the Urukéan elite in Southern Mesopotamia had gathered enormous resources, as their position at the top of the hierarchy had enabled them to mobilize the labour required for the maintenance and functioning of the state. Furthermore, they stimulated technical innovation through their requests to the various artisans, because what is valued socially had to be shown off, sometimes even ostentatiously. Collective dwellings, in which institutions were set up, were no exception to the rule. They had to be the architectural high points of the city. Built in an elevated position, their size and the quality of their ornamentation would attract people's attention, make them into landmarks and constitute a constant warning. Making mosaics of coloured clay cones on walls was one of the solutions adopted by the Urukéans to enhance these dwellings. However, it is interesting to note that their design is based on the fundamental principles of human vision. The breaking down into image points of a visual representation, the enhancement of its contrasts, the compressing of this information and its transcribing in order to rebuild an image, are the same basic concepts according to which the visual system operates in order to provide us with a perception of the surrounding world.

La culture d'Uruk, qui se développe en Mésopotamie au cours du 4^e millénaire, est particulièrement complexe. Les communautés humaines qui la composent sont à la fois hétérogènes et structurées. En cette fin du 4^e millénaire, la population, essentiellement urbaine, se partage en groupes de parenté pyramidaux, hiérarchisés entre eux. Les plus éminents constituent une élite, au sein de laquelle l'appareil d'État naissant recrute ses

représentants. La gestion du corps social prend ainsi un caractère familial, puisque l'ordre généalogique définit à la fois le statut inné des individus et la répartition des responsabilités. Cette élite a des moyens considérables, dans la mesure où sa position, au sommet de l'ordre hiérarchique, lui permet de mobiliser toute la main-d'œuvre dont elle a besoin pour son entretien et pour le fonctionnement de l'État. Ses exigences sont hors du commun, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif, ce qui la conduit à planifier la gestion des ressources et à gérer la productivité. L'élite modernise ainsi l'activité agricole, structure le tissu urbain, invente des méthodes d'organisation et de gestion, développe une proto-industrie du textile. En outre, elle stimule l'innovation technique à travers la demande qu'elle adresse aux différents corps d'artisans, car tout ce qui est valorisé socialement doit se manifester de façon apparente, voire ostentatoire¹.

C'est probablement par les pratiques vestimentaires que l'élite commence à marquer sa différence la plus profonde et la plus durable. Cette quête du visuel doit logiquement se traduire par des vêtements ornés de couleurs perceptibles de loin. Dans la même perspective, les bâtiments collectifs, dans lesquels se matérialisent les institutions, se doivent d'être les fleurons architecturaux de la cité. Leur situation surélevée, leur volume, la qualité de leurs décors, doivent attirer l'attention, fournir des repères et constituer, au sens propre, un rappel à l'ordre permanent. L'une des solutions adoptées pour embellir ces bâtiments consiste à réaliser, sur leurs murs, des mosaïques constituées de cônes d'argile en couleurs² (*Fig. 1*). La plus ancienne attestation de ce mode de décoration remonte à Tell Mismar, 4000 ans avant notre ère, mais il ne se répand qu'à la fin du 4^e millénaire, comme en témoignent les nombreux fragments qui jonchent les sites urukéens de la plaine alluviale et des colonies urukéennes longeant l'Euphrate. Par la suite, il disparaît totalement, sans doute parce que les Cités-États du 3^e millénaire, de plus en plus engagées dans une spirale conflictuelle, doivent concentrer toutes leurs ressources vers l'effort de guerre. Ces cônes, trapus ou effilés, sont façonnés en terre cuite ou parfois taillés dans la pierre. Ils sont maintenus côte à côte par un mortier argileux, plus rarement par du plâtre, de telle sorte que leurs bases colorées dessinent des décors géométriques sur tout ou partie du mur (*Fig. 2*). Les cônes sont modelés à l'aide d'une tablette de bois, puis séchés au soleil avant d'être cuits au four. La coloration des terres cuites montre qu'il s'agit d'une cuisson en atmosphère oxydante. Quant aux trois couleurs de base, elles sont d'origine minérale : le bitume pour le noir, la chaux pour le blanc et le fer pour le rouge. Elles sont appliquées sur la tête des cônes avant la cuisson, par trempage dans une solution colorante ou à l'aide d'un pinceau³.

Parfois, les cônes couvrent de vastes surfaces, mais ils peuvent aussi être assemblés sous forme de panneaux restreints, encadrés et délimités par l'enduit des murs. Les exemples les plus représentatifs se trouvent à Uruk, dans la zone centrale de l'Eanna, un complexe palatial aménagé au sommet d'un tell plus ancien qui surplombait l'habitat environnant. Parmi les seize édifices mis au jour, quatre sont décorés de mosaïques de cônes. Les motifs géométriques formés de chevrons, damiers, losanges, sabliers, triangles et zigzags (*Fig. 3*), seraient issus d'un répertoire très ancien faisant référence au principe du renouvellement de la société par l'alliance ; mais on ne saurait dire si les motifs ont conservé cette signification à l'époque d'Uruk ou si leur valeur n'est plus que décorative. Il a été suggéré, au sujet d'un de ces bâtiments – le hall aux piliers (*Fig. 4*) – que le décor intérieur pouvait rappeler la marche annuelle du soleil à travers les proportions changeantes des couleurs, le noir correspondant à la nuit et le rouge au jour. On a songé aussi au fait que les motifs retenus désignaient autant de groupes de parenté, formant ainsi une sorte de protohéraldique. On constate

¹ Forest, J.-D. (1996).

² Brandes, M.A. (1968) Edwards, I.E.S. et al. (1971) Charvat, P. (2002) Akkermans, P.M.M.G.; Schwartz, G.M. (2003).

³ Van Buren, E.D. (1946) Brandes, M.A. (1968) Giovino, M. (2007) Von Dassow, E. (2009).

cependant que la plupart des motifs du hall aux piliers sont récurrents, contrairement à ce que l'on attendrait si chaque panneau devait permettre d'identifier un groupe spécifique. On note aussi que les édifices décorés de mosaïques sont tous des bâtiments collectifs. Or, si le pouvoir est entre les mains des grandes familles, et en particulier de celle du roi, ce dernier doit en même temps transcender ses liens d'appartenance pour imposer l'institution qu'il symbolise. Il a donc intérêt à effacer les particularismes, au lieu de souligner l'origine de ceux qui la représentent. En fait, ce n'est ni par leurs dessins, ni par leurs fonctions que les mosaïques de cônes se révèlent être une invention remarquable, mais parce qu'elles constituent le stade initial des procédés de reproduction de l'image. Les décors peints sur les parois des grottes, les murs des maisons ou les panses des poteries ne peuvent en effet être reproduits sans perte de définition. Par conséquent, l'intervention d'artisans exigeants sur les critères de qualité doit pallier cette faiblesse et, ainsi, minimiser cette perte par des travaux longs et fastidieux. Or, au 4^e millénaire, les Urukéens éprouvent le besoin d'étendre, sur les murs des bâtiments publics, des motifs géométriques en quantités considérables si l'on en juge par les nombreuses mosaïques mises au jour et les millions de cônes qui jonchent le sol. Il leur faut donc inventer un système permettant à des ouvriers, et plus seulement à des artisans, de reproduire ces motifs. Or, avec des cônes d'argile standardisés et peints, cette définition peut être dupliquée avec précision, ligne par ligne et point par point, comme on le ferait avec un carton de tapissier. Dès lors, les motifs peuvent être mis en mémoire, enregistrés sur des tablettes de bois ou d'argile, faire l'objet de copies véhiculées à travers l'espace, et cependant être restitués à l'identique. La définition restera toujours égale à elle-même, puisqu'il ne s'agit que de transmettre des diamètres de cônes intangibles, des positions ligne par ligne invariables et des couleurs identiques. À support égal, la copie peut donc être considérée comme le double fidèle de l'original, en d'autres termes, comme son image.

Les mosaïques de cônes étant décrites et replacées dans leur environnement, il est intéressant de constater que leur conception repose sur les principes fondamentaux de la vision. Décomposer en points d'image une représentation, faire ressortir ses contrastes, compresser l'information et la traduire sous une forme transmissible dans le but de la reconstruire sont précisément les concepts de base sur lesquels s'appuie l'appareil visuel pour nous procurer une perception de notre environnement. Pour analyser l'image rétinienne, le système visuel dispose de photorécepteurs. Il en existe deux sortes : les bâtonnets, sensibles à de faibles intensités de lumière, et les cônes, responsables de la vision diurne et de la perception des couleurs (*Fig. 5*). Chez l'homme, la distribution des photorécepteurs est telle que la région centrale à l'origine de l'acuité visuelle, appelée fovéa, ne comporte que des cônes dont la densité diminue rapidement à distance de cette zone (*Fig. 5 et 6*). Les cônes sont aussi subdivisés en trois groupes de sensibilité spectrale différente – bleu, vert, rouge – dont les combinaisons variées permettent la perception de toutes les couleurs du spectre visible⁴. À ce stade, une première comparaison peut être établie avec les mosaïques de cônes de la cité d'Uruk. Leurs motifs sont, en effet, décomposés en points d'image élémentaires ou, si l'on préfère, chaque cône d'argile représente la plus petite surface homogène. Dans la rétine, les points d'image sont constitués par le segment externe, c'est-à-dire la partie photosensible des photorécepteurs. L'ensemble des segments externes est ordonné sous la forme d'une matrice dont la section est semblable aux empilements de cônes des mosaïques d'Uruk. La forme circulaire des points d'image, qu'il s'agisse des segments externes des photorécepteurs ou des cônes d'argile, revêt un avantage particulier pour la formation des images. En effet, l'assemblage oblique de points d'image

⁴ Attwell, D. (1990) Archer, S. (1995) Ahnelt, P.K.; Kolb, H. (2000).

circulaires engendre la perception d'une ligne, tandis que l'empilement en diagonale de points d'image carrés produit un effet d'escalier (*Fig. 7-à gauche*).

Pour augmenter le contraste au bord des objets, le système visuel dispose d'un réseau de neurones, les cellules horizontales, qui produisent des interactions latérales inhibitrices entre les photorécepteurs. Ces interactions sont telles que lorsque des cônes détectent les bords d'un objet gris sur fond noir, il est perçu plus clair sur son pourtour alors qu'inversement, le fond apparaît plus sombre à proximité de cet objet. Cette augmentation des contrastes, au risque de déformer la réalité, a pour objectif de nous permettre de détecter et éventuellement d'appréhender un objet qui se confond avec son environnement⁵. À ce sujet, nous pouvons établir une deuxième comparaison avec les mosaïques urukéennes. La distribution des cônes semble, en effet, volontairement disposée pour augmenter le contraste des motifs. Ainsi, on note que les cônes rouges sont toujours placés au contact direct des cônes blancs et non à proximité des noirs qui auraient pu se confondre avec les rouges, perçus comme gris intense dans la pénombre (*Fig. 7-à droite*). La présence de ces contrastes devait faciliter la perception des mosaïques, renforcer leur pouvoir d'attraction et probablement contribuer à leur mémorisation.

Après avoir été décomposée en points d'image et 'contrastée', l'information visuelle est ensuite compressée dans le second niveau d'intégration de la rétine, appelé couche plexiforme interne. Cette compression peut être mise en évidence dans la réponse des cellules ganglionnaires, dernier relais avant le cerveau (*Fig. 8*). Ces cellules sont réparties en sous-groupes dont certains vont transmettre une information sur la position spatiale de l'objet ou sur la durée de son exposition devant les photorécepteurs. En ce qui concerne l'information sur la position spatiale, la compression se traduit par l'activation transitoire de toutes les cellules ganglionnaires reliées aux cônes stimulés par l'objet. L'activation est transitoire parce qu'elle ne perdure pas, en dépit du maintien de l'objet dans le champ visuel. À l'inverse, l'information temporelle se réduit à souligner la position de l'objet pendant tout le temps d'exposition. Cette compression de l'information est possible, car elle est traitée en parallèle dans chaque direction de visée par une maille neuronale⁶. Ce principe de compression de l'information contenue dans une image nous offre une troisième comparaison avec les mosaïques de cônes d'Uruk. En effet, ces dernières peuvent être subdivisées en partitions, elles-mêmes constituées d'un motif géométrique récurrent – triangle, carré, chevron, zigzag, etc. – de différentes couleurs. Chaque partition correspond au plus petit élément dont la connaissance est essentielle et suffisante pour reproduire l'intégralité d'une mosaïque. De fait, les informations concernant la disposition des cônes sur l'entière surface d'une niche ou l'ensemble d'un mur peuvent être compressées sous la forme d'une partition (*Fig. 9-à gauche*).

Une fois réduite, l'information visuelle doit être traduite pour être véhiculée de la rétine vers le cerveau. En effet, si les photorécepteurs transforment la lumière en une variation de leur potentiel membranaire, l'information visuelle est ensuite codée par la rétine sous forme de potentiels d'action d'amplitude constante, transférables au cerveau sans perte de signal. Ce n'est plus l'amplitude qui confère l'information, mais la fréquence des potentiels d'action ou impulsions. Cette traduction est réalisée dans toutes les cellules ganglionnaires qui se prolongent dans le cerveau par le nerf optique, véritable autoroute de l'information visuelle (*Fig. 9-à droite*). C'est le décodage de ces informations dans le cerveau qui permet de produire les images visuelles à la base de notre perception du monde⁷. De même, après leur compression sous forme de partitions, les informations contenues dans les mosaïques

⁵ Rodieck, R.W. (1998)(2003) Sarthy, V.; Ripps, H. (2001).

⁶ Purves, D. et al. (2004).

⁷ Cohen, B.; Bodis-Wollner, I. (1998).

urukéennes étaient probablement traduites et transcrites sur des tablettes de bois ou d'argile afin d'être reproduites. Pour chaque ligne de la partition, la distribution des cônes d'argile devait être représentée par une séquence de pictogrammes symbolisant la couleur, chaque pictogramme étant associé à des encoches représentant le nombre de cônes consécutifs correspondant à cette couleur. La connaissance du codage de la tablette aurait permis ainsi de reproduire la mosaïque à l'identique (*Fig. 10*). Ces comparaisons avec le système visuel pourraient être généralisées à d'autres procédures de représentation de l'image, qu'elle soit d'origine photographique, informatique ou vidéographique. Les Urukéens ont en effet formalisé une partie importante des principes de base de la reproduction de l'image numérisée, qui est aujourd'hui un moyen d'expression et d'information caractéristique de notre civilisation. La répartition géométrique des cônes et la compression de cette information sur des tablettes d'argile s'apparentent autant à la compression de l'information visuelle dans la rétine qu'à la compression d'images numériques. En effet, la composition des structures à cônes selon des trames verticales et horizontales de points identiques en taille correspond exactement à la composition des images numériques pixélisées, le pixel étant représenté par le cône. Cette structure, organisée selon un repère orthogonal, autorise la compression des images numériques pour leur stockage et leur transfert. Les architectes et/ou artisans de la ville d'Uruk seraient donc les premiers inventeurs de l'image numérique autorisant sa compression pour son transfert à distance sans perte d'informations.

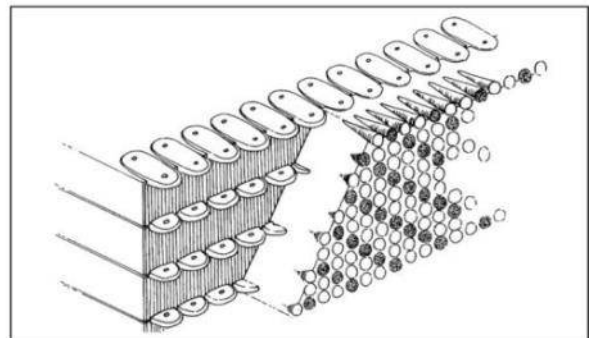
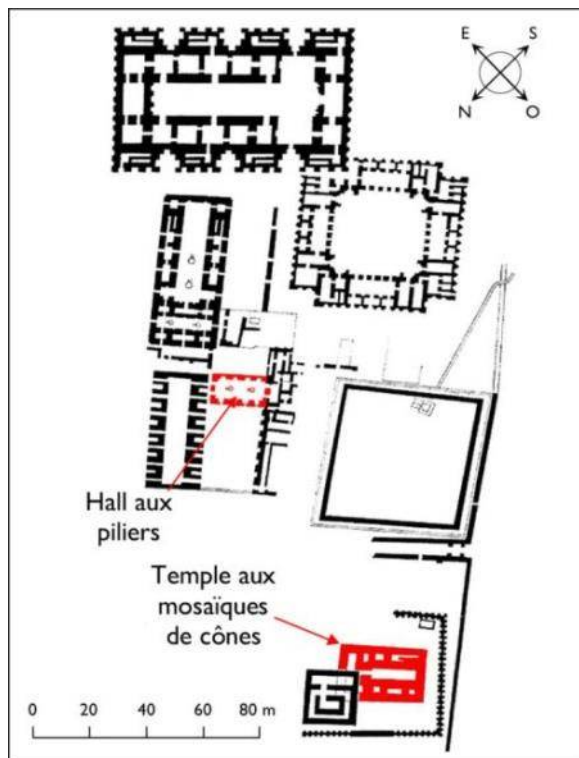


Fig. 1. (à gauche) Plan des principaux bâtiments de l'Eanna d'Uruk à la fin du 4^e millénaire. La plupart étaient jadis considérés comme des temples, mais ils constituaient plutôt un complexe de palais au sein duquel évoluait l'élite. **(en haut à droite)** Cônes en argile peints en noir, blanc et rouge. **(en bas à droite)** Technique de mise en place des cônes. Dans certains cas, des crampons en terre cuite servent à assujettir le revêtement décoratif à la maçonnerie du mur.

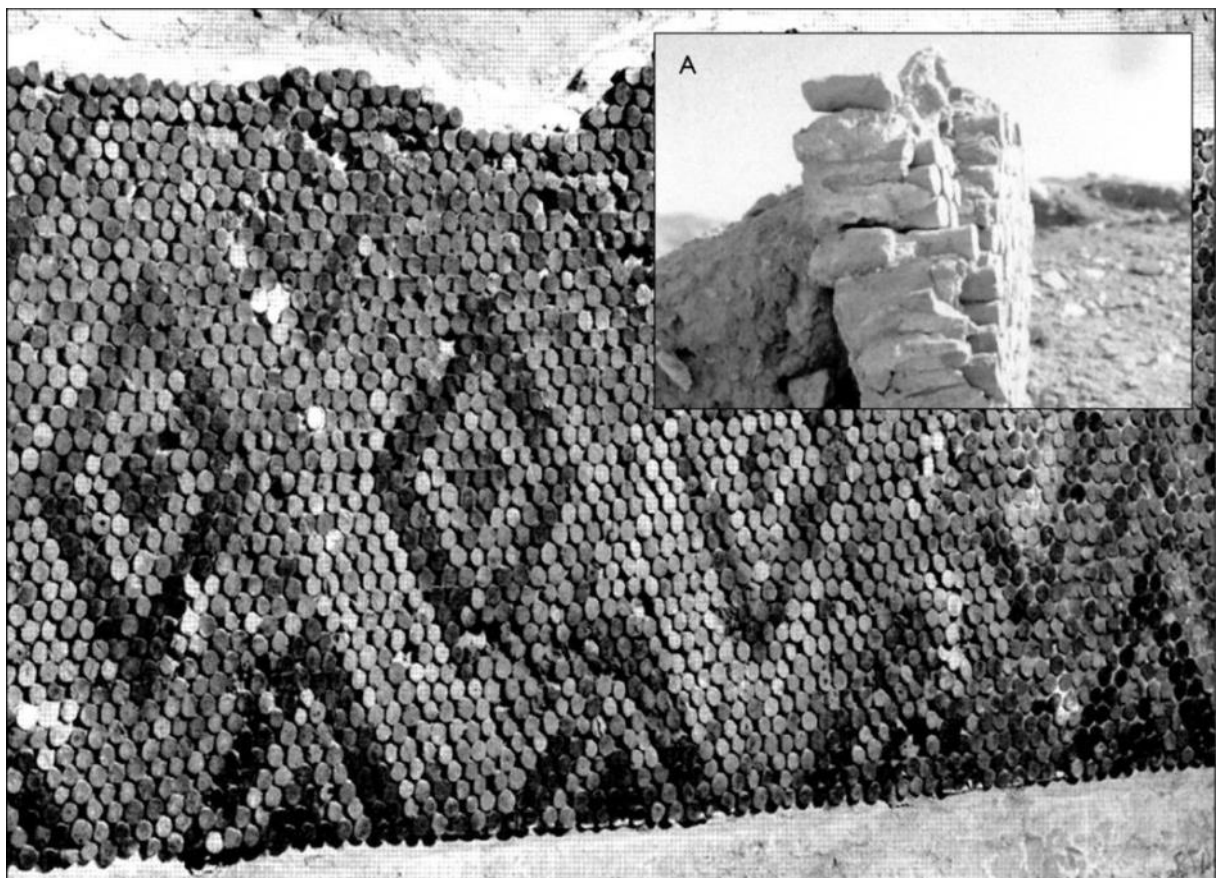


Fig. 2. Cônes d'argile ornant un bâtiment de l'Eanna d'Uruk. Leur couleur étant fanée, les motifs qu'ils formaient sont à peine discernables. Ils sont néanmoins restés en place alors que le mur d'argile s'est effrit. D'une longueur de 10 cm pour un diamètre de 1,5 cm, ces cônes étaient cuits, peints puis enfoncés dans l'enduit pour former des figures géométriques. A) Revêtement de cônes vus de profil.

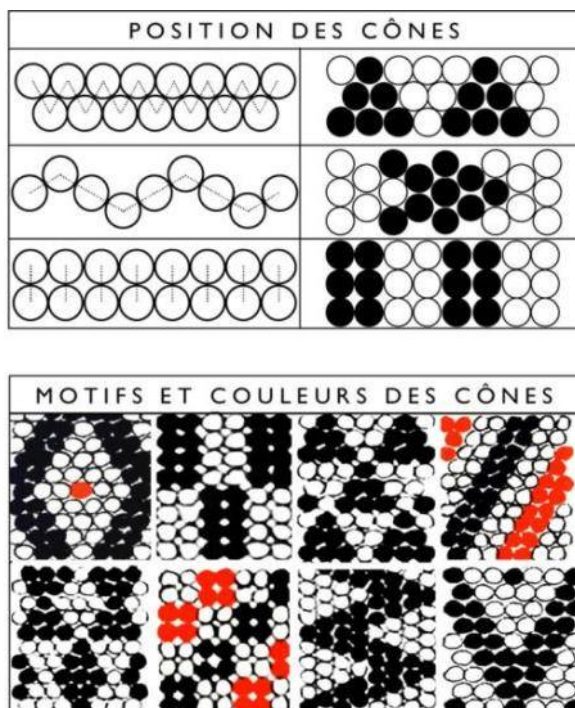
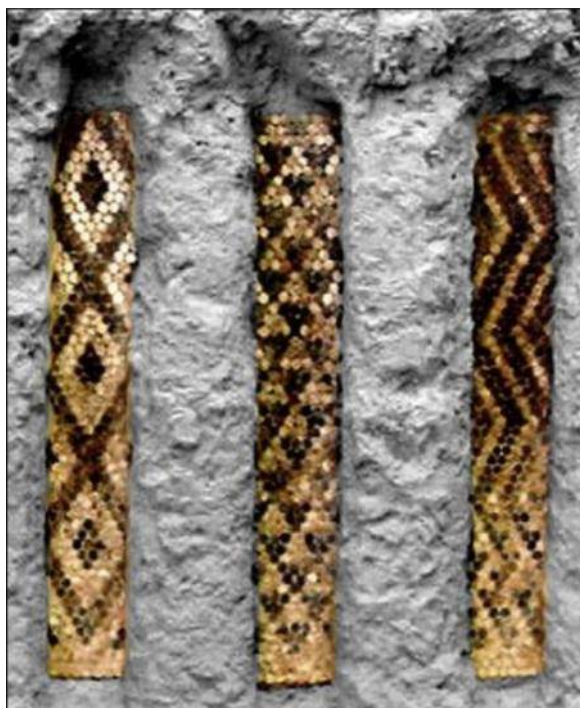


Fig. 3. (à gauche) Les cônes étaient aussi employés pour décorer les façades internes et externes de certains édifices, comme le Hall aux Piliers de l'Eanna. **(en haut à droite)** Les Urukéens employaient trois méthodes différentes pour disposer les cônes à l'intérieur des niches : la première, dite horizontale, consiste à les emboîter par rangées superposées ; la deuxième, dite verticale, à les décaler de 30 ° vers le haut ou vers le bas, de manière alternative ; la troisième enfin, dite en carré, à les empiler les uns sur les autres, rangée par rangée. **(en bas à droite)** Huit formes principales ont été identifiées, à partir desquelles les Urukéens ont conçu 82 motifs différents – chevrons, carrés, losanges, obliques, rectangles, sabliers, triangles et zigzags – avec lesquels ils constituent des dizaines de dessins, ne variant parfois que par quelques détails.

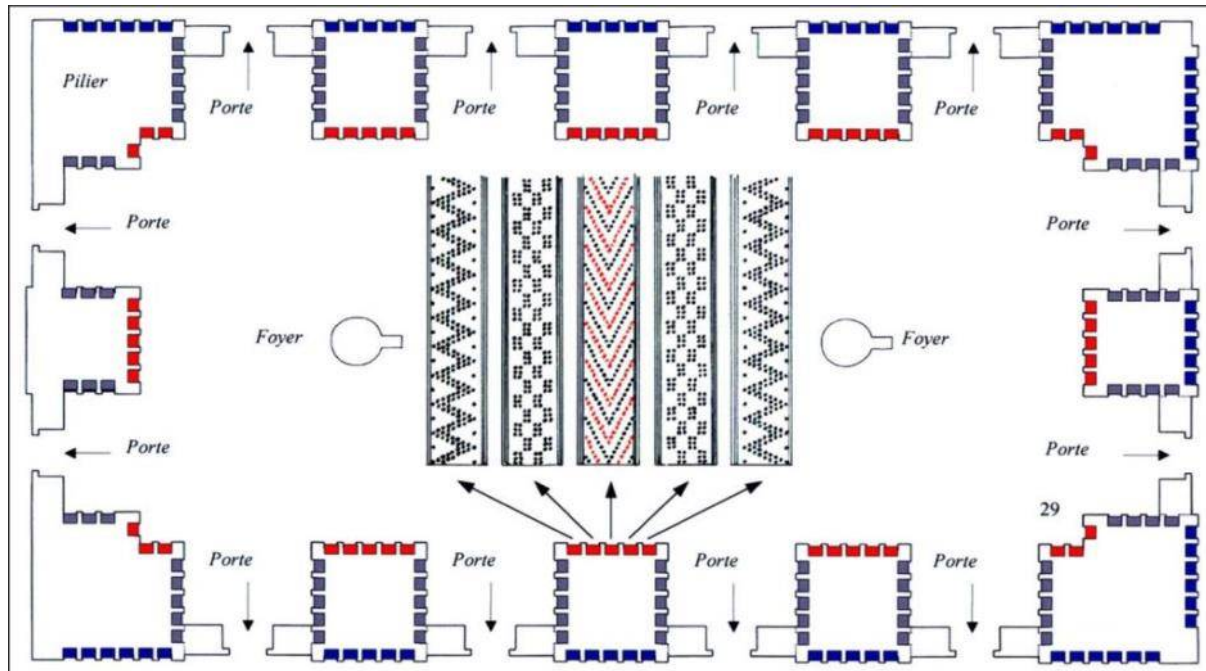


Fig. 4. Le Hall aux Piliers ne mesure que 20 mètres de long sur 12 de large. Construit en briques, il est rehaussé de niches enduites d'un mortier argileux destiné à recevoir les cônes. On dénombre, sur les douze piliers qui délimitent les douze portes de l'édifice, 231 niches décorées de mosaïques en cônes. 71 se trouvent à l'extérieur (en bleu) et 160 à l'intérieur, dont 52 de face (en rouge) et 108 sur les côtés (en gris). Il convient de préciser que, sur ces 231 niches, 20 sont ornées de mosaïques incomplètes et 15 ne possèdent plus qu'un fragment de motif. En outre, les niches des faces externes et internes du bâtiment sont décorées de cônes d'un diamètre de 1,5 à 1,8 cm, tandis que les niches des parois latérales, à l'intérieur de l'édifice, sont incrustées de cônes d'un diamètre de 1,2 à 1,5 cm. Sur le plan des couleurs, les mosaïques se divisent en deux groupes : 108 panneaux sont constitués de cônes noirs et blancs et 123 panneaux de cônes noirs, blancs et rouges.

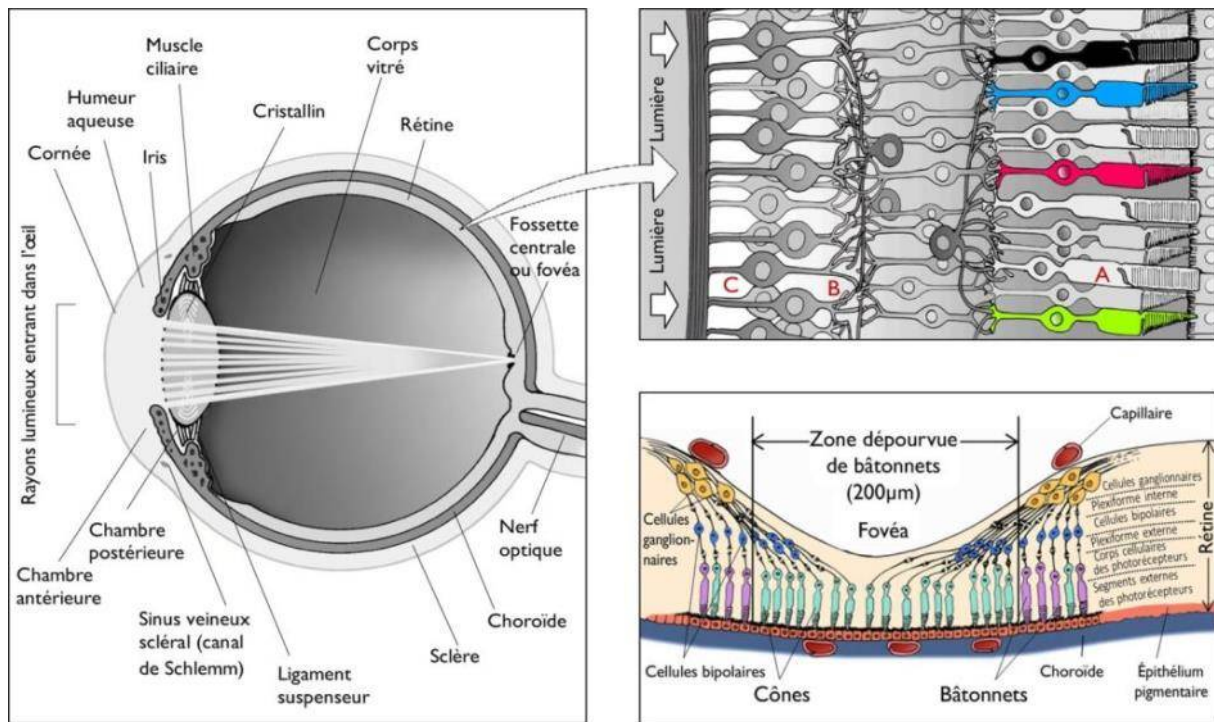


Fig. 5. (à gauche) Structure interne de l'œil. La lumière émanant d'un objet atteint l'œil sous forme de rayons parallèles qui sont focalisés par la cornée et le cristallin sur la fossette centrale de la rétine, ou fovéa. **(en haut à droite)** Schéma des circuits fondamentaux de la rétine. Une chaîne de trois neurones – A) photorécepteurs, B) cellule horizontale, C) cellule ganglionnaire – constitue la voie verticale transmettant les informations visuelles au cerveau. La vision diurne est assurée par trois types de photorécepteurs à cônes (vert, bleu, rouge) alors que la vision nocturne provient des photorécepteurs à bâtonnets (noir). **(en bas à droite)** Schéma d'une coupe de la fovéa humaine. Les vaisseaux et les couches cellulaires les plus superficielles sont déplacés de sorte que les rayons lumineux ne subissent qu'une diffusion minimale avant d'atteindre les segments externes des cônes au centre de la fovéa.

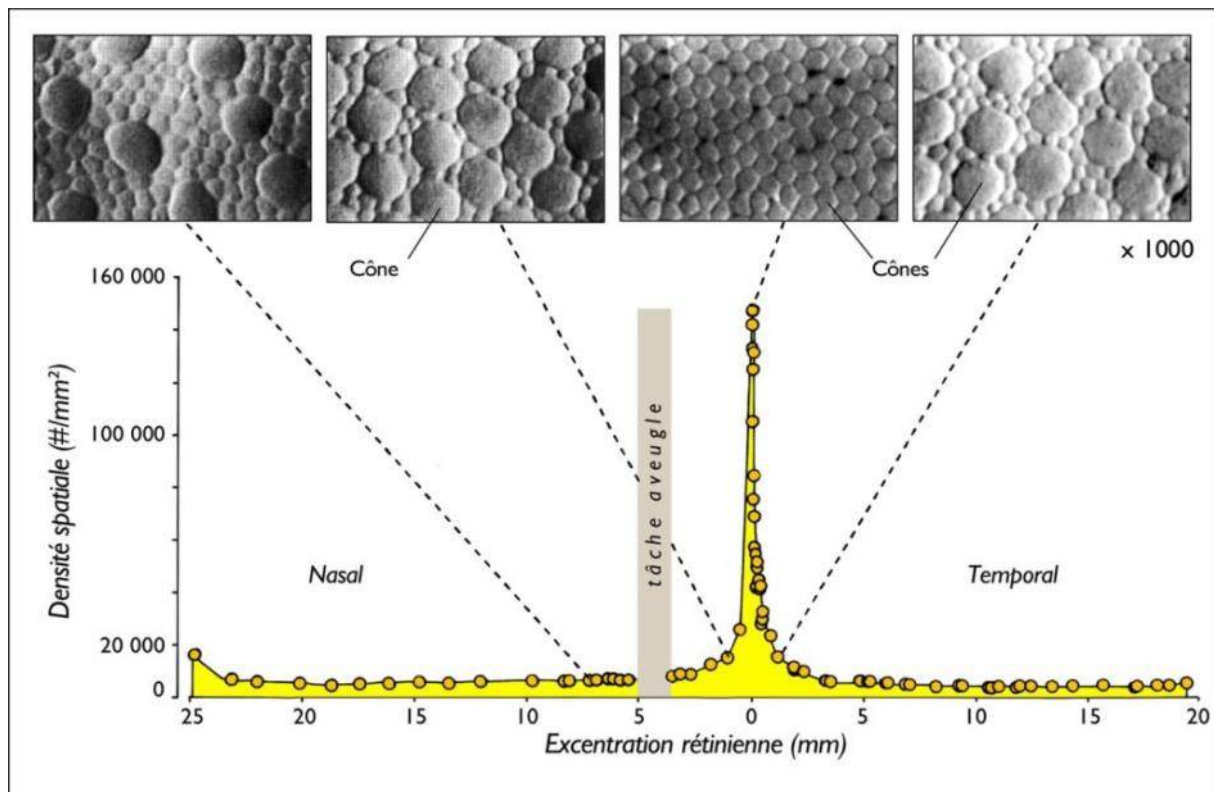


Fig. 6. Diagramme montrant la distribution des cônes, suivant une coupe horizontale de la rétine, passant par la fovéa et la tache aveugle. La région fovéale ne contient que des cônes et est entourée d'un anneau dense de bâtonnets. On peut noter, sur les mosaïques de photorécepteurs en encadrés, la densité décroissante des cônes vers la périphérie.

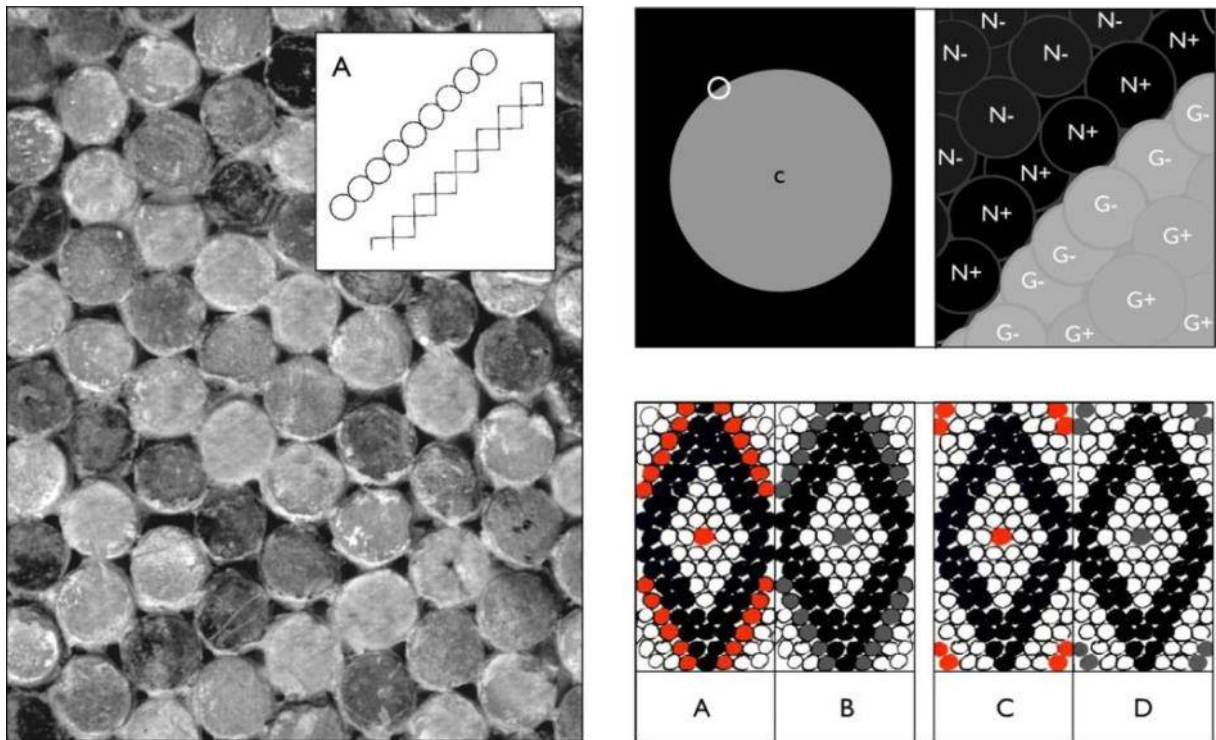


Fig. 7. (à gauche) Cônes d'argile d'un mur vu de face. A) Empilements en diagonale de pixels ronds et carrés. (en haut à droite) Lorsque les cônes visualisent les bords d'un objet gris sur fond noir, ils signalent la présence d'un gris plus clair qu'au centre de l'objet et, inversement d'un noir plus intense que sur l'ensemble du fond. (en bas à droite) Les Urukéens ont compris qu'en plaçant les cônes rouges – indiqués en tramé – près des cônes noirs (A) ceux-ci allaient être perçus comme un gris intense dans la pénombre (B). Par conséquent, ils les ont séparés par des cônes blancs pour renforcer le contraste (C) afin de mieux les percevoir (D).

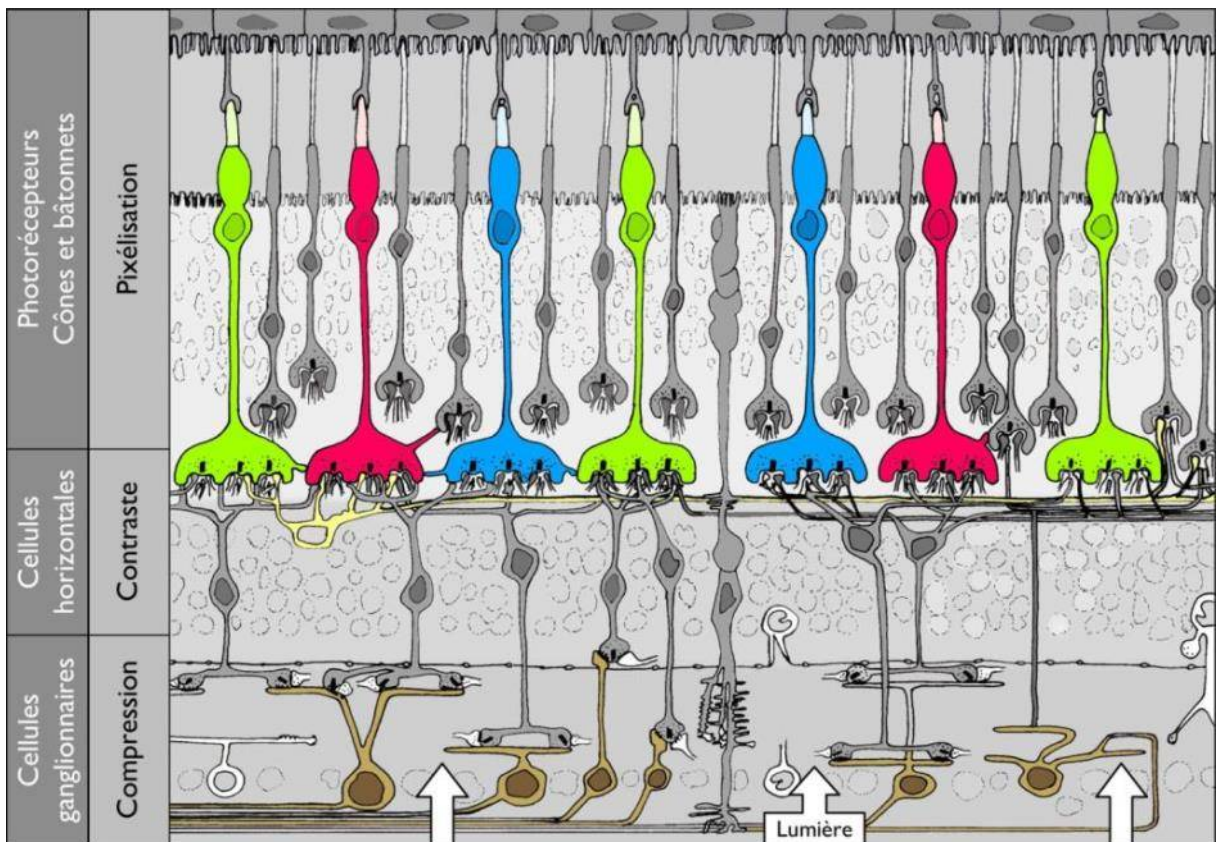


Fig. 8. Schéma représentant les principales classes de neurones rencontrées dans la rétine par la lumière (cônes bleu, vert, rouge ; cellules horizontales en jaune ; cellules ganglionnaires en marron) signalant les différentes sensibilités spectrales. Cette disposition particulière de la zone d'absorption de la lumière, dans la partie la plus externe de la rétine, présente l'avantage de placer les segments externes des photorécepteurs au contact de l'épithélium pigmentaire et de la choriocapillaire qui pourvoient la rétine en oxygène et en nutriments.

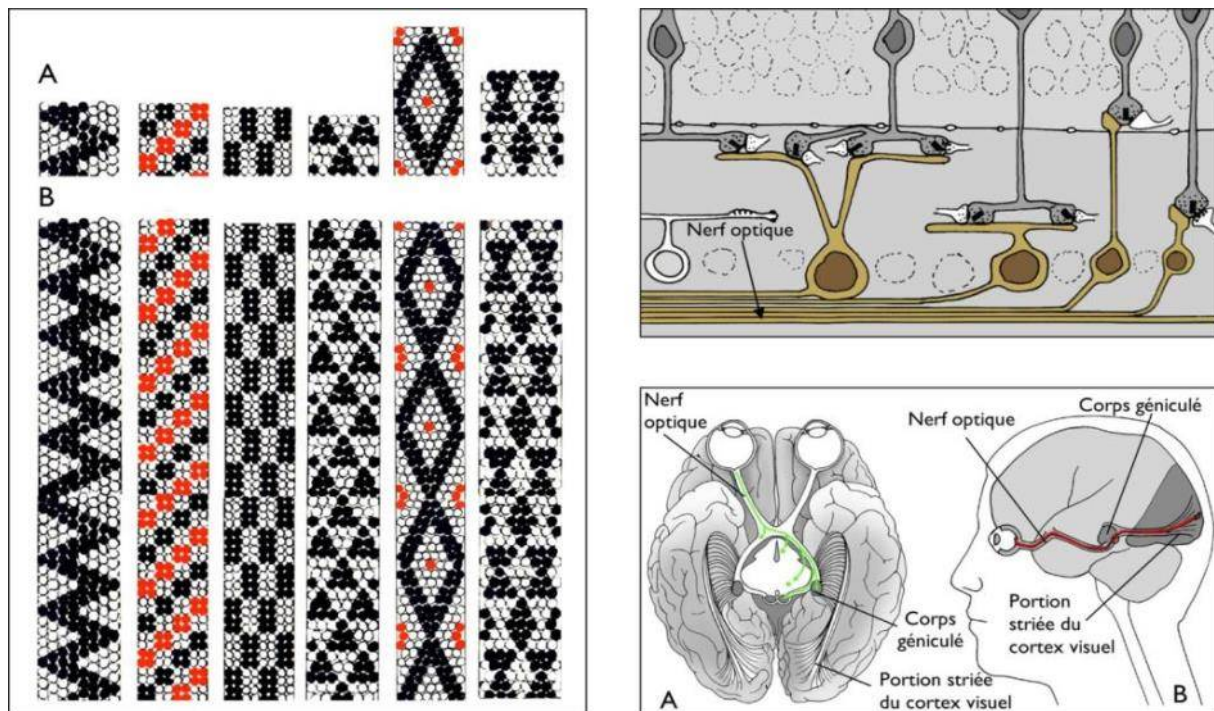


Fig. 9. (à gauche) Les mosaïques de cônes peuvent être subdivisées en partitions (A) chacune d'elles correspondant au plus petit élément dont la connaissance est essentielle et suffisante pour reproduire l'intégralité d'une mosaïque (B). **(en haut à droite)** L'information visuelle, codée par la rétine sous forme de potentiels d'action, est transférée au cerveau par les cellules ganglionnaires qui se prolongent dans le cerveau par le nerf optique. **(en bas à droite)** A) Projection centrale des cellules ganglionnaires de la rétine dans le cerveau ; B) voie visuelle allant de l'œil au cerveau.

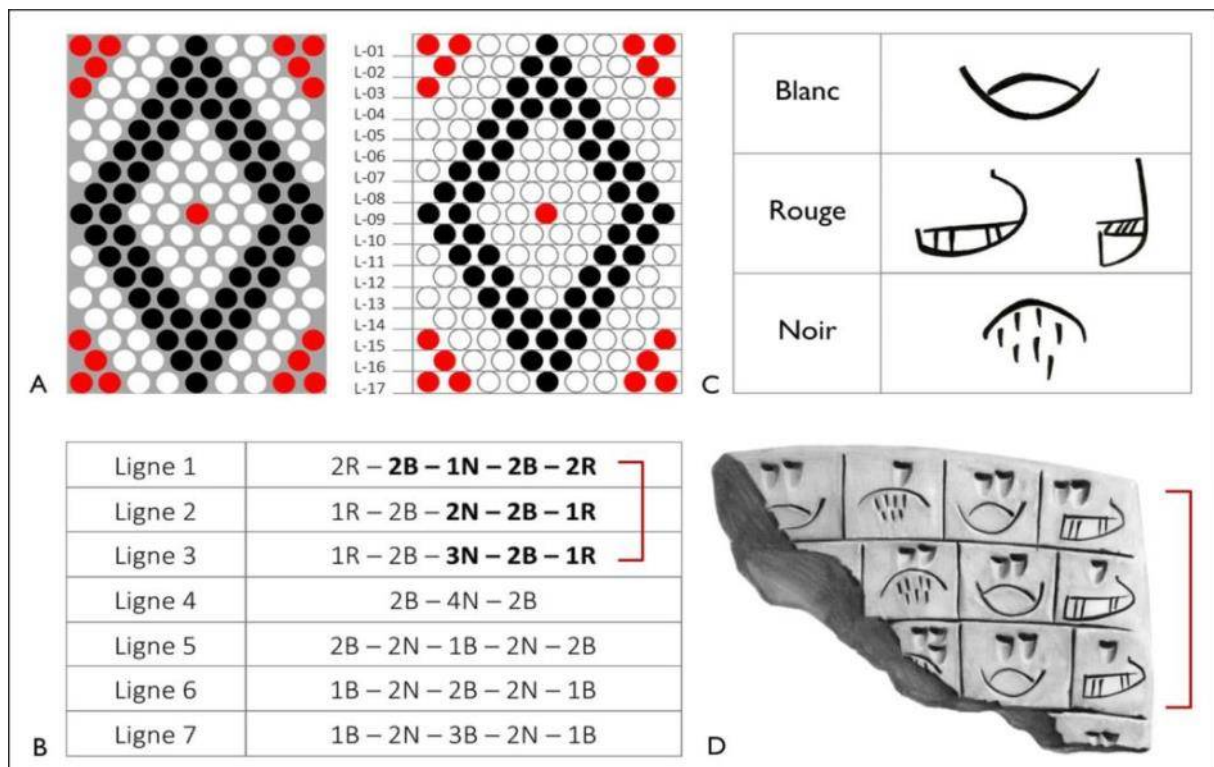


Fig. 10. À l'instar du codage des informations visuelles et des images numériques, les mosaïques de cônes auraient été conçues pour être traduites et transcrites sur des tablettes d'argile. A) Chaque partition se décompose sous la forme de lignes horizontales (Hall aux piliers, porte I, pilier I côté droit, niche 1) ; B) chacune de ces lignes peut être décomposée en valeurs numériques ; C) chaque couleur peut être traduite par un pictogramme ; D) une partition peut être compressée sous la forme de pictogrammes et de valeurs numériques afin d'être transportée sur de longues distances pour être reproduite à l'identique, autrement dit sans perte d'informations. La tablette dessinée ici est une composition artistique dont le modèle original existe peut-être dans les réserves de quelque musée.

DEUTSCHES ARCHÄOLOGISCHES INSTITUT
ORIENT-ABTEILUNG



DAI, Podbielskiallee 69-71, D-14195 Berlin

Philippe Roi - Tristan Girard

Dr. Dr. h.c. Margarete van Ess
Wissenschaftliche Direktorin
Deutsches Archäologisches Institut
Orient-Abteilung
Podbielskiallee 69-71
14195 Berlin

Tel.: ++49 (0)3018 7711-170
Fax: ++49 (0)3018 7711-189
mve@orient.dainst.de
www.dainst.de

Berlin, 24. Oct. 2003

Certificat

Chers Messieurs,

Je soussignée, Dr Margarete van Ess, certifie par la présente que j'ai lu et corrigé l'article « *L'image de cônes et la Rétine* » que Messieurs Philippe Roi et Tristan Girard ont bien voulu partager avec moi, ainsi que leurs différentes hypothèses, au sujet des mosaïques des cônes d'Uruk.

L'analogie entre les mosaïques de cônes utilisées pour la décoration des façades des édifices d'Uruk et le fonctionnement de la rétine de l'œil humain est une théorie remarquable qui projette une nouvelle lumière sur cette technique de décoration. Elle ajoute une surprenante manière, mais cependant crédible, de comprendre cette technique.


(Dr. Margarete van Ess)



DR. JOACHIM MARZAHN

Vorderasiatisches Museum, Bodestr. 1-3, D-10178 Berlin

Bodestraße 1-3
D-10178 Berlin (Mitte)
Telefon (030) 2090 - 5304
Telefax (030) 2090 - 5302
e-mail vam@smb.spk-berlin.de

1.12.2003

Mr Philippe Roi

FAX 00 33 1-43 27 01 04

Commentaires relatifs à un texte concernant les cônes d'argile d'Uruk

Cher M. Roi,

Je soussigné, Joachim Marzahn, chercheur au Staatliche Museen zu Berlin, Vorderasiatisches Museum, et maître de conférence à la Freie Universität Berlin, certifie que j'ai relu l'article concernant l'image et les mosaïques de cônes d'Uruk, à la rédaction duquel j'ai participé, à travers des consultations et des discussions sur le rôle des cônes d'argile à Uruk (en utilisant le matériel que nous avons respectivement à disposition).

Le fait que le texte évoque l'idée selon laquelle les cônes d'argile d'Uruk pourraient à l'époque avoir constitué une méthode très novatrice et complexe de restitution des images me semble tout à fait remarquable. Cette hypothèse va au-delà des hypothèses ayant cours jusqu'à présent, selon lesquelles ces mosaïques ne constituent que de simples représentations de motifs décoratifs. L'introduction de l'observation de la pixélisation comme étant une sorte de restitution de l'image décomposée permettant sa mémorisation en vue d'une reproduction exacte en un autre endroit est une précieuse contribution à la somme des études menées sur les décors de cônes d'argile. La solution proposée permet d'introduire de façon novatrice des considérations modernes et technologiques dans le débat scientifique relatif au Proche-Orient antique.

Vous en souhaitant bonne réception, je vous prie d'agréer, monsieur, mes salutations respectueuses.

Dr. J. Marzahn
Kustos



**UFR 03 - HISTOIRE DE L'ART
ET ARCHÉOLOGIE**

3, RUE MICHELET
75006 PARIS
TEL : 01 53 73 71 11
FAX : 01 53 73 71 13

Je, soussigné, Jean-Daniel Forest, chercheur au CNRS, enseignant à Paris 1, atteste avoir relu le texte sur l'image et les mosaïques de cônes que j'avais contribué à rédiger. Ce texte montre bien que les Urukiens ont inventé l'image dans le sens où l'entendent les spécialistes, c'est-à-dire avec pixellisation.

Fait à Paris, le
3.09.2003

J.D. FOREST

Tristan Girard

Paris le 9 octobre 2003

Je soussigné, Edmond Couchot, Professeur émérite des universités, spécialiste des relations entre les arts visuels et les techniques, atteste avoir lu l'article intitulé « L'Image-mosaïque » et suggéré quelques rectifications à propos de certains termes qui faisaient problème, tels que « pixel », « pixellisation », « représentation », « image ».

Ce travail sur les mosaïques d'Uruk m'a donné l'occasion de prendre connaissance d'une découverte archéologique de première importance dont l'article rend très clairement compte. J'ai apprécié aussi l'hypothèse audacieuse et très convaincante concernant les relations entre la perception et la production des images.



Edmond Couchot
Professeur émérite des universités
Ancien directeur du Département Arts et Technologies de l'Image
de l'Université Paris-8

Laboratoire de physiopathologie cellulaire et moléculaire de la rétine

INSERM U-592

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Dr Serge Picaud

Mr Philippe Roi

Paris, le 17 juillet 2003

Monsieur,

Avant notre rencontre, il ne m'était jamais venu à l'esprit que l'étude des mécanismes intimes de notre vision puisse un jour m'amener à travailler avec des archéologues. Cependant, les mosaïques d'Uruk m'ont séduit par leur beauté et par l'intelligence de leurs concepteurs. En effet, comme la nature réalisant le système visuel ou l'homme moderne produisant des images vidéo, les habitants d'Uruk avaient trouvé des solutions analogues pour résoudre le problème posé par la reproduction de l'image. Dans tous les cas, l'élément créateur de l'image est la transformation du décor en une mosaïque de points ou pixels, à l'exemple des tableaux des pointillistes ou des photographies composées de grains d'argent. Mais les habitants d'Uruk étaient allés bien plus loin. Ils avaient mis au point une méthode de compression de l'image ouvrant ainsi la voie à son codage comme c'est le cas pour la vidéo ou l'informatique. Le texte sur l'analogie entre la vision et les mosaïques d'Uruk devrait permettre à chacun d'apprécier ce degré de complexité atteint par les habitants d'Uruk dans le traitement de l'image. Ce travail montre que les hommes d'Uruk pourraient en quelque sorte prendre leur place parmi les inventeurs de la société de communication par l'image.

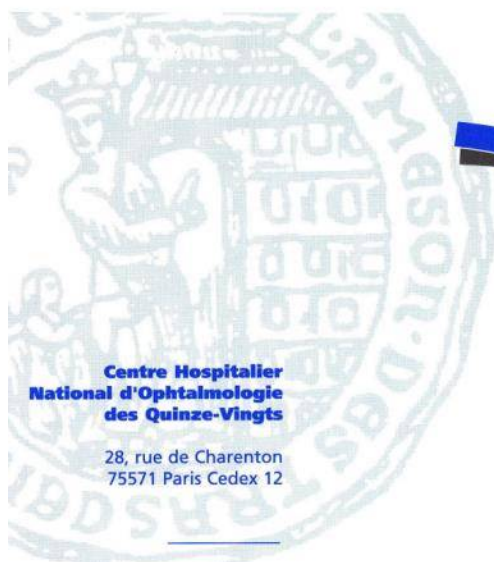
En vous remerciant très sincèrement pour m'avoir fait partager la primeur de ces découvertes archéologiques, je vous prie, Monsieur, d'agréer l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Serge Picaud
Directeur de recherche INSERM

LPCMR

INSERM/ULP U-592
Bâtiment Kourilsky
184 rue du Faubourg Saint-Antoine
75571 PARIS Cedex 12
France
phone: (33) 1 49 28 46 09
picaud@st-antoine.inserm.fr



QUINZE-VINGTS

CENTRE HOSPITALIER NATIONAL D'OPHTALMOLOGIE

**Centre Hospitalier
National d'Ophtalmologie
des Quinze-Vingts**

28, rue de Charenton
75571 Paris Cedex 12

Mr Tristan-Girard,

**Service d'ophtalmologie IV
Chef de service
Pr José-Alain SAHEL**

Paris, le 12 septembre 2003

Praticiens hospitaliers

Dr Moïse Assaraf
Dr Pierre-Olivier Barale
Dr Michel Berche
Dr Nicole Ounnas
Dr Eric Tuil

Assistants

Dr Sébastien Bonnel
Dr Karine Dayma-Loison
Dr Jean-François Girmens

Cadres supérieurs de santé

Agnès Berda
01 40 02 14 03
aberda@quinze-vingts.fr
Brigitte Nagelin
01 40 02 13 52

Cadre de santé

Marie-José Briand
01 40 02 14 21

Secrétariat

Gilda Amar
Lydia Corbin
Nelly Jacquot
01 40 02 14 04

Françoise Gorris
(recherches cliniques)
01 40 02 14 15

Centre de recherches cliniques
Dr Saddek Mohand-Saïd

Je soussigné, Pr José-Alain Sahel atteste avoir relu et amendé le texte concernant l'image écrit en collaboration par Mr Philippe Roi, Mr Tristan Girard et le Dr Serge Picaud. Ce texte décrit une analogie étonnante mais néanmoins justifiée entre les mécanismes de la vision et la structure des mosaïques de cônes de la cité d'Uruk. La connaissance du système visuel, ou tout au moins de l'importance du contraste coloré et de luminance traduit le haut niveau de développement de cette société. Ce niveau de développement avancé est bien mis en relief dans ce texte par la clarté de la synthèse présentée sur les étapes majeures du traitement de l'information visuelle dans la rétine. Enfin, si la signification de ces mosaïques simples et élaborées nous échappe, leur résurgence contemporaine ne peut que susciter notre admiration.

José-Alain Sahel .

Bibliographie

L'image de cônes

- Akkermans, P.M.M.G.; Schwartz, G.M., *The Archaeology of Syria: From Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies* (c.16,000-300 BC). Published by the Cambridge University Press (2003) p. 191.
- Becker, A., *Uruk. Kleinfunde I. Deutsches archäologisches Institut*. Verlag Philipp Von Zabern (1993).
- Brandes, M.A., *Untersuchungen zur Komposition der Stiftmosaiken an der Pfeilerhalle der Schicht IVa in Uruk-Warka*. Mann Verlag (1968).
- Charvat, P., *Mesopotamia Before History*. Published by Routledge (2002) pp. 124-125.
- Crawford, H., 'The Uruk Period.' *Sumer and the Sumerians*. Cambridge University Press (2004) p. 90.
- Curcio, C.A.; Sloan, K.R.; Kalina, R.E.; Hendrickson, A.E., 'Human Photoreceptor Topography.' *The Journal of Comparative Neurology*. Vol. 292. Published by Wiley (1990) pp. 497-523.
- Edwards, I.E.S.; Gadd, C.J.; Hammond, N.G.L., *Early History of The Middle East*. Vol. 1/2. Cambridge University Press (1971) pp. 75-78.
- Forest, J.-D., 'La Mésopotamie aux 5^e et 4^e millénaires.' *Archéo-Nil*. N° 14. Éditions Cybele (décembre 2004) pp. 59-80.
- Forest, J.-D., *Mésopotamie - L'apparition de l'État – VII^e-III^e Millénaires*. Éditions Paris Méditerranée (1996) pp. 128-138.
- Giovino, M., 'The Assyrian Sacred Tree: A History of Interpretations.' *Orbis Biblicus et Orientalis*. Vol. 230. Published by Academic Press Fribourg (2007) p. 184-185.
- Isler, M., *Mesopotamie. Sticks, Stones, and Shadows: Building the Egyptian Pyramids*. Published by University of Oklahoma Press (2001) p. 28.
- Lenzen, H.J.; Brandes, M.A. et al., XXII. *vorläufiger Bericht über die von dem Deutschen Archäologischen Institut und der Deutschen Orient-Gesellschaft aus Mitteln der deutschen Forschungsgemeinschaft unternommenen Ausgrabungen in Uruk-Warka*. Winter 1963/64. Mann (1966).
- Lindemeyer, E.; Martin, L., *Uruk. Kleinfunde III*. Deutsches archäologisches Institut. Verlag Philipp Von Zabern (1993).
- Lloyns, C.L.; Papadopoulos, J.K., *The Archaeology of Colonialism*. Published by the Getty Trust (2002) pp. 39 ; 46.
- McIntosh, J.R., *Ancient Mesopotamia: New Perspectives*. Published by ABC-CLIO Ltd (2005) p. 65.
- Nissen, H.J., 'The Period of Early High Civilization.' *The Early History of the Ancient Near East, 9000-2000 B.C*. Published by the University of Chicago Press (1990) pp. 98-99.
- Nöldeke, A.; Falkeinstein, A.; v. Haller, A.; Heinrich, E. ; Lenzen, H., *Abhandlungen der Preußischen Akademie der Wissenschaften*. N° 11. Verlag der Akademie der Wissenschaften (1938).
- Stein, G.J., 'Material Culture and Social Identity : the Evidence for a 4th Millennium B.C. Mesopotamian Uruk Colony at Hacinebi, Turkey.' *Paléorient*. Vol. 25/1. Published by Éditions du CNRS (1999) pp. 11-22.
- Trokay, M., 'Les cônes d'argile du Tell Kannäs.' *Syria*. Vol. 58/1-2. Éditions IFPO (1981) pp. 149-171.
- Van Buren, E.D., 'Archaic Mosaic Wall Decoration.' *Artibus Asiae*. Vol. 9/4. Published by Artibus Asiae (1946) pp. 323-345.
- van Ess, M., *E. Weber-Nöldeke, Arnold Nöldeke - Briefe aus Uruk-Warka 1931-1939* (2008).
- van Ess, M., *Die Ausgrabungen in Uruk-Warka, Deutsches Archäologisches Institut, Orient-Abteilung - Außenstelle Baghdad, 50 Jahre Forschungen im Irak 1955-2005* (2005) pp. 31-39.
- von Dassow, E., 'A cone in a Shoebox and a Clay Nail from Uruk.' *Journal of Cuneiform Studies*. Vol. 61. Published by The American Schools of Oriental Research (2009) pp. 63-91.

Le système visuel

- Ahnelt, P.K.; Kolb, H., 'The mammalian photoreceptor mosaic-adaptive design.' *Progress in Retinal and Eye Research*. Vol. 19/6. Published by Elsevier (2000) pp. 711-777.
- Archer, S., 'The Outer retina.' *Molecular Biology of Visual Pigments*. Published by Chapman and Hall (1995) pp. 79-131.
- Attwell, D., 'The photoreceptor output synapse.' *Progress in Retinal Research*. Vol. 9. Published by Elsevier (1990) pp. 337-362.
- Barlow, H.B.; Mollon, J.D., *The Senses*. Published by the Cambridge University Press (1982).
- Baylor, D.A., 'Photoreceptor signals and vision. Proctor lecture.' *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. Vol. 28. Published by Cadmus (1987) pp. 34-49.
- Born, M.; Wolf, E., *Principles of optics*. 2nd (revised) edition. Published by Pergamon Press (1964).
- Boucart, M. ; Hénaff, M.-A. ; Belin, C., *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*. Éditions Solal (1998).

Buser, P.; Imbert, M., *Vision*. Published by Bradford (1992).

Cohen, B.; Bodis-Wollner, I., *Vision and the Brain: The Organization of the Central Visual System*. 1st edition. Published by Springer (1998).

Couchot, E., *Images. De l'optique au numérique*. Éditions Hermès (1988).

Dowling, J.E., *The Retina: An Approachable Part of the Brain*. Revised Edition. Published by the Belknap Press of Harvard University Press (January 15th, 2012).

Gowdy, P.D.; Cicerone, C.M., 'The spatial arrangement of the L and M cones in the central fovea of the living human eye.' *Vision Research*. Vol. 38. Published by Elsevier (1998) pp. 2575-2589.

Gregory, R.L., *L'Oeil et le Cerveau*. Éditions De Boeck (2000).

Herault, J., *Vision: Images, Signals and Neural Networks: Models of Neural Processing in Visual Perception*. 1st edition. Published by World Scientific Publishing Company (2010).

Marr, D., *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. Published by The MIT Press (2010).

Masland, R.H., 'The Functional Architecture of the Retina.' *Scientific American*. Vol. 255/6. Published by Nature Publishing Group (August 1986) pp. 102-111.

McIlwain, J.T., *An Introduction to the Biology of Vision*. Published by the Cambridge University Press (1996).

Palmer, S.E., *Vision Science: Photons to Phenomenology*. 1st edition. Published by Bradford (1999).

Purves, D.; Augustine, G.J.; Fitzpatrick, D.; Katz, L.C.; Lamantia, A.S.; McNamara, J.O., 'La vision : l'oeil – Les voies visuelles centrales.' *Neurosciences*. 3^e édition. Éditions De Boeck (2005) pp. 179-222.

Reichenbach, A.; Bringmann Müller A., *Cells in the Healthy and Diseased Retina*. Published by Springer (2010).

Robert, S.; Thompson, P.; Troscianko, T., *Basic Vision: An Introduction to Visual Perception*. 2nd edition. Published by Oxford University Press (2012).

Rodieck, R.W., *La vision*. 1^{ère} édition. Éditions De Boeck Université (2003).

Rodieck, R.W., *The first Steps in Seeing*. 1st edition. Published by Sinauer Associates (1998).

Sarthy, V.; Ripps, H., *The Retinal Muller Cell: Structure & Function*. 1st edition. Published by Springer (2001).

Schwartz, S., *Visual Perception: A Clinical Orientation*. 4th edition. Published by McGraw-Hill Medical (2009).

Tritsh, D.; Chesnoy-Marchais, D.; Feltz, A., 'Physiologie du neurone.' *Un système sensoriel à haute performance, la rétine des vertébrés*. M. Piccolini et A. Navangione. Éditions Doin (1998) pp. 605-653.

Trobe, J.D.; Leonello, T.K., *The Neurology of Vision*. 1st edition. Published by Oxford University Press (2001).

Wade, N.J., *A Natural History of Vision*. Published by The MIT Press (2000).

Wässle, H.; Boycott, B.B., 'Functional architecture of the mammalian retina.' *Physiological Reviews*. Vol. 71/2. Published by the American Physiological Society (April 1991) pp. 447-480.

Werner, J.S.; Backhaus, W.G.; Kliegl, R., *Color Vision: Perspectives from Different Disciplines*. Published by Walter de Gruyter (1998).

Extrait de *La Théorie Sensorielle. I - Les Analogies Sensorielles* (2013) Roi, P. & Girard, T. Published by First Edition Design Publishing. Library of Congress Cataloging in Publication Data.

Dépôt légal à la Bibliothèque royale de Belgique.

Tous droits réservés ©2013. Philippe Roi et Tristan Girard

Contact : theoriesensorielle@gmail.com