

Un système de traitement d'images vieux de 5000 ans

R. Brémond

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

Résumé

Le système Scribe est le plus ancien système de traitement d'images connu à ce jour. Il a été mis au point par les ingénieurs Egyptiens vers la fin du quatrième millénaire avant Jésus-Christ, avec des fonctionnalités révolutionnaires pour l'époque. Son défaut majeur est la durée de familiarisation avec le système (plusieurs années), largement compensé par une fiabilité à toute épreuve, et une autonomie remarquable (il fonctionne sans courant électrique, sans pétrole, sans silicium, et ne dégage que des quantités minimales de CO₂).

The oldest known image processing package was found around 50 centuries ago in Aegyptus, a country which was recently removed from the United Kingdom's possessions [2]. It mostly consists in small pictures that these people used to draw everywhere.

mots clé : *Traitement d'images, Analyse d'images, Représentation symbolique, filtrage, Blake et Mortimer.*

keywords : *Image Processing, Image Analysis, Symbolic Representation, Image Filtering.*

1 Introduction

L'art Egyptien, et particulièrement celui qui se manifeste en deux dimensions (dessin, écriture, bas-relief) constitue un système d'analyse d'images complet. Il utilise des mécanismes qui étaient en place, pour l'essentiel, à la fin du quatrième millénaire avant notre ère, et n'a pas subi de mise à jour majeure pendant près de trois millénaires [8].

2 Le système « Scribe »

2.1 Principe du système



FIG. 1 – Représentation 3D du système d'analyse d'images « Scribe » des anciens Egyptiens.

Ce système d'analyse d'images [20, 24, 14] est complet, au sens où il prend en charge toute la chaîne de traitement des images, depuis l'acquisition jusqu'à la représentation symbolique dans un langage de haut niveau. On peut, par une simplification hardie, identifier le système complet à sa composante principale, le scribe (Fig. 1)¹. La Fig. 2 résume les principales étapes du traitement.

¹Cette photographie est libre de droits sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Projet:Egyptopedia/Photos>, de même que toutes les photographies d'Art Egyptien utilisées dans la suite de cet article.

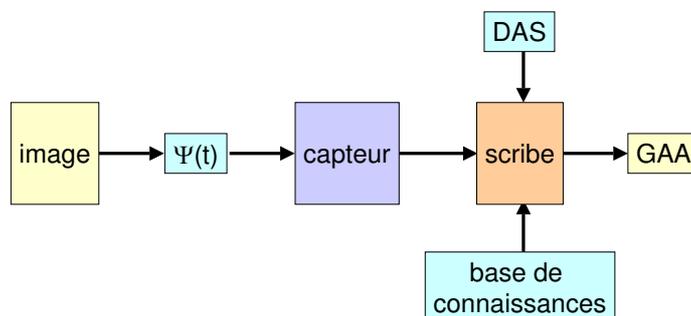


FIG. 2 – Principe de fonctionnement du système d’acquisition et de traitement d’images des anciens Egyptiens. Le filtre idéologique $\Psi(t)$, la base de connaissance et le module de Dessin Assisté par Scribe (DAS) contribuent au résultat de sortie, rédigé en langage de haut niveau *Graphic Aegyptian Art* (GAA).

2.2 Acquisition et filtrage du signal

L’acquisition des images se fait par des capteurs biologiques (principalement les yeux) qui sont placés sur le scribe [28]. Ces images sont tout d’abord filtrées par un filtre idéologique $\Psi(t)$ [16] qui dépend de la période considérée. On peut par exemple observer les modifications de Ψ vers la fin de la XVIII^e dynastie [1]. Mais il faut surtout remarquer la position, très novatrice pour l’époque, de ce filtre, puisqu’il agit *avant* l’acquisition de l’image par les capteurs (contrairement aux systèmes classiques qui ne traitent les données qu’après leur acquisition). Les données récentes en neurosciences permettent d’identifier ce filtre aux modulations *top-down* de l’attention visuelle [12]. Cinq mille ans après, on n’a pas encore réalisé toute la portée de cette innovation. Décidément, les Egyptiens n’ont pas fini de nous étonner [10].

Après l’acquisition (qui se trouve en Amon) [19, 18], intervient la phase de traitement proprement dite. Cette étape du calcul est entièrement prise en charge par l’élément clé de ce système d’analyse d’images, le scribe [3]. Le processus utilise ici une base de connaissance évolutive, permettant de segmenter et d’analyser le signal, de manière à éliminer tout ce qui est sans signification, tout cela sans biaiser les informations pertinentes. Ce sont les propriétés typiques des filtres [17], exprimées en termes de *Signal / Noise Ratio* (SNR). La Fig. 3 montre un exemple d’implémentation de la chaîne de traitement « Scribe ».

Le système « Scribe » utilise donc deux filtres très différents dans leur conception et dans leur utilisation : $\Psi(t)$ transmet une image dans laquelle

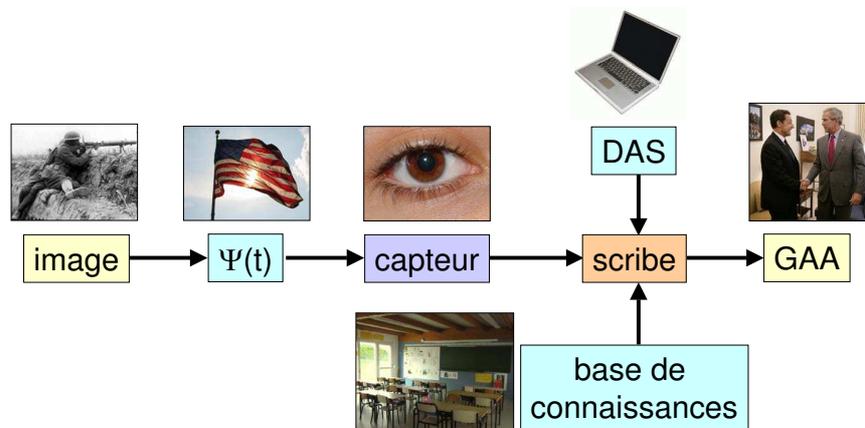


FIG. 3 – Exemple d’implémentation du système d’acquisition et de traitement d’images des anciens Egyptiens, à partir de données mises à jour, utilisant le filtre idéologique *Stars and stripes*, et aboutissant au même résultat que les versions plus anciennes du logiciel : la glorification du Pharaon pendant la bataille (ici le Pharaon Bush II et le gouverneur de France, durant la bataille de Mésopotamie).

on ne voit que ce que l’on sait voir, tandis que le filtre lié à la base de connaissance permet de choisir ce que l’on veut voir parmi ce que l’on sait voir [23, 26].

3 Représentation des données

3.1 Le langage GAA

La phase finale du traitement des images est la représentation symbolique du résultat [4] dans un langage de haut niveau, le GAA (pour *Graphic Aegyptian Art*), au moyen d’outils adaptés (en particulier, le pinceau et le calame). Cette tâche est supportée par le scribe (Cf. Fig. 1), qui réalise la transposition en mode GAA par le truchement du module DAS (Dessin Assisté par Scribe, complété dans la version *Ramses 2.0* par un module de sculpture). Les grandes lignes de cette chaîne de traitement des images sont présentées Fig. 4, qui résume et synthétise le schéma de principe de la Fig. 2.

Le langage de haut niveau utilisé, le GAA, donne à l’art Egyptien son aspect si aisément reconnaissable. Si bas-relief, peinture et écriture ont des formats de sortie différents (Cf. Fig. 5), ils n’en répondent pas moins au même principe d’expression, système délibéré, profond, permanent et inva-



FIG. 4 – Principe général des opérateurs de traitement d’images, et d’ailleurs de tous les opérateurs de traitement de toutes sortes de choses.

riable pendant plus de trois millénaires, ce qui incite à la modestie [9].



FIG. 5 – Exemples de supports matériels pour la sortie du système de traitement d’images des anciens Egyptiens : (a) peinture, (b) écriture et (c) bas-relief.

La philosophie de ce langage de haut niveau [6, 15] est que les variables pertinentes sont les concepts intellectuels. Or le système d’acquisition ne donne de la scène qu’une vision incomplète de l’espace (la corolle du papyrus cache le nid de l’oisillon ; dans une foule, les corps se masquent l’un l’autre), et limitée dans le temps (on ne voit qu’une scène à la fois, et non l’enchaînement des actions). A l’opposé de ces limitations du système de vision biologique [28], le cahier des charges du GAA lui impose de représenter, non pas l’aspect partiel et momentané de l’image, mais sa réalité profonde : le GAA représente les êtres et les choses tels qu’ils sont dans leur essence, débarrassés de leurs attributs contingents [22].

Pour se libérer de la connaissance incomplète que les images d’entrée du système donnent de cette réalité « essentielle », on doit dans un premier temps se débarrasser des aspects non permanents de la scène : les illusions dues à la perspective [27], à l’éclairage [25], etc. afin de ramener le sujet à ses aspects invariants, par rapport à l’espace et au temps [11].

3.2 Principes du calcul symbolique

Trois grands principes permettent de représenter, au niveau de l'implémentation du GAA, le contenu des scènes :

- le Principe de l'Association des Points de Vue (PAPV) ;
- le Principe de Suppression des Masques à la Visibilité (PSMV) ;
- le Principe de la Variété des Tailles (PVT).

3.2.1 Le premier principe (PAPV)

Le GAA aborde son objet à la fois de face, de profil et de trois quarts, choisissant les traits les plus spécifiques, et les associant dans une synthèse qui est une reproduction « totale » de l'être ou de l'objet représenté [13]. Sur le papyrus d'Elephantine (XIX^{ème} Dynastie), un hippopotame sacré se prélassait dans le Nil. Les oreilles sont représentées de face, tandis que le fleuve est vu en coupe longitudinale. Autre exemple plus classique (Cf. Fig. 6), l'homme comme le Dieu sont représentés avec le visage de profil, afin de mieux rendre compte des traits du visage, l'œil étant toutefois figuré de face (le regard est un élément essentiel de la personne, que l'on ne saurait tronquer). Le torse se déploie également de face, tandis que le bassin est vu de trois quart, et les membres de profil. Dans la représentation de la femme, le sein est vu de profil sur le torse qui est figuré, lui, de face ; son galbe est ainsi mis en évidence.



FIG. 6 – Principe de l'association des points de vue (PAPV) dans le GAA des anciens Egyptiens : la représentation des corps humains et divins.

Le PAPV est également utilisé dans l'espace de la scène représentée : par exemple, le Nil est toujours vu en plan, sinon comment pourrait-on distinguer les vaguelettes à la surface de l'eau, ou estimer la largeur du fleuve ? Mais

les barques qui y voguent gaiement sont figurées en élévation de profil, pour qu'on voit bien les rameurs.

3.2.2 Le second principe (PSMV)

Le Principe de la Suppression des Masques Visuels (PSMV) consiste à supprimer tous les obstacles qui seraient nuisibles à la compréhension générale de la scène [5]. Les principes et méthodes utilisés pour le PSMV sont au nombre de trois, comme les dix commandements (*modulo* les sept péchés capitaux), ce qui n'est certainement pas dû au hasard [21]. Si O est l'objet courant, on écrit :

- la coupe $C(O)$;
- le décalage latéral $L(O)$;
- le décalage vertical $V(O)$.

Ainsi, lorsqu'un contenant O_1 masque un contenu O_2 , on appliquera $C(O_1)$, qui permettra de révéler O_2 . Dans la tombe de Knoumhotep, à Beni Hassan, une peinture figure ainsi un acacia touffu, découpé longitudinalement, laissant apparaître une foule d'oisillons pépiançant innocemment, inspirés qu'ils sont par la délicieuse poésie du printemps finissant. Mais je m'é gare.

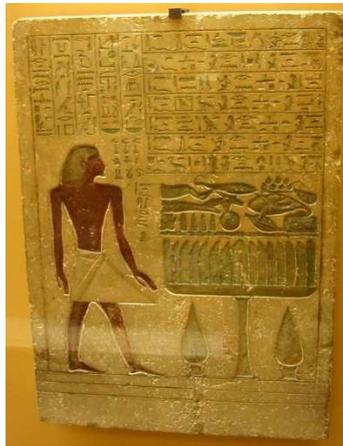


FIG. 7 – Principe du décalage vertical dans le GAA des anciens Egyptiens : repas funéraire présenté de manière à éviter tout masquage des aliments entre eux.

Le décalage latéral permet au GAA de faire glisser, l'une à côté de l'autre, sur un même plan, des silhouettes qui se recouvrent dans la réalité optique du signal d'entrée. Ainsi, et c'est bien pratique, on distingue tout d'un seul coup d'oeil. A partir de la XVIII^e dynastie, une alternance voulue, régulière,

des couleurs, souligne ce décalage latéral. Par exemple, les porteurs du mobilier funéraire du Vizir Ramose, décalés latéralement avec soin, sont peints alternativement en ocre clair et ocre foncé. Leur nombre exact est ainsi plus facile à appréhender.

L'opérateur $V(O)$, que l'on traduit approximativement par « décalage vertical », est le procédé le plus fréquemment utilisé en GAA. Lorsque des objets sont amassés en tas, en vrac, ou même de manière bordélique, ils se masquent plus ou moins les uns les autres, de sorte qu'aucun n'est complètement visible (bordel dit « total »), et dans certains cas, des objets peuvent même devenir entièrement masqués (bordel dit « intégral »). Pour les rendre tous discernables, le GAA élève tous les objets l'un par rapport à l'autre. Ainsi, les offrandes mises en tas (ou en vrac, etc.) pour le défunt ou pour les Dieux sont-elles figurées d'une manière qui reflète leur richesse et leur variété (Fig. 7). Les représentations de bataille sont soumises au même traitement, avec les soldats décalés verticalement.

3.2.3 Le troisième principe (PVT)

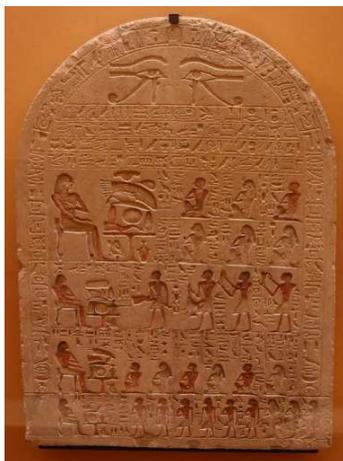


FIG. 8 – Principe de variété des tailles (PVT) dans le GAA des anciens Egyptiens : Sasatet, chef de service du bureau du chancelier et ses misérables employés.

Les Dieux, hommes et objets étant ainsi présentés intégralement, il reste au GAA à en traduire l'importance respective. C'est la taille de la représentation qui en rendra compte. Ainsi, le Principe de la Variété des Tailles (PVT) rend immédiatement sensible la variété familiale : époux plus grand que l'épouse, père de plus haute taille que son fils, maître plus important que

ses serviteurs (Cf. Fig. 8). L'échelonnement des tailles peut aussi traduire la hiérarchie divine : Pharaon est souvent représenté de taille colossale.

Ce principe de diversité des tailles peut également souligner l'élément principal d'une scène. Ainsi, lorsque le Pharaon Montouhotep III chasse la belette dans les marais du Nil (sur un papyrus anonyme de la XI^e Dynastie), le petit animal, caché dans un sycomore, est représenté de la même taille que l'arbre, afin que l'on comprenne bien que c'est lui le personnage principal de cette pittoresque historiette (et pas le sycomore).

4 Conclusion

Comme on peut le concevoir aisément à l'issue de cette rapide présentation, le *Graphic Aegyptian Art* (GAA) constitue un système robuste et épatant de traitement des images. Au vu des résultats obtenus, on ne peut que regretter que le dispositif de formation des scribes ne soit plus maintenu depuis quelques siècles [7] malgré quelques tentatives récentes [10] (Cf. Fig. 9²), et encourager la communauté scientifique à proposer une mise à jour, avec les moyens technologiques du vingt-et-unième siècle [29], de cette méthode complète et efficace.

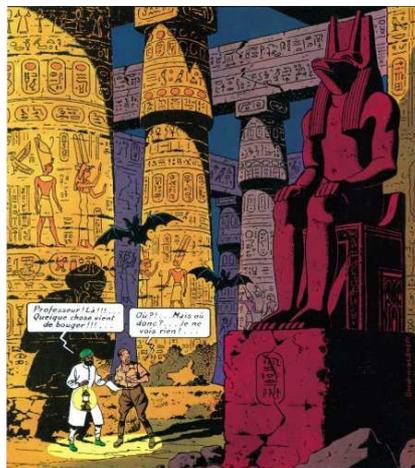


FIG. 9 – By jove !

²Couverture réalisée pour le journal Tintin, annonçant « Le mystère de la grande pyramide ». Image extraite du site <http://www.london-arts.com/>

Remerciements

Merci à Pierre Soille et Jean-François Rivest pour avoir inspiré, à leur insu, la rédaction de cet article, et à Jean-Philippe Tarel pour m'avoir encouragé à le soumettre à publication.

Références

- [1] C. ALDRED. *Akhenaten : King of Egypt*. Thames and Hudson, Rep edition, 1991.
- [2] C. AYAD. *Géopolitique de l'Égypte*. Complexe, Bruxelles, 2001.
- [3] J.-F. CHAMPOLLION. *Principes généraux de l'écriture sacrée égyptienne : appliquée à la représentation de la langue parlée*. Institut d'Orient, Paris, 1836 (réimpr. 1984).
- [4] M. R. DALIRI and V. TORRE. Robust symbolic representation for shape recognition and retrieval. *Pattern Recogn.*, 41(5) :1799–1815, 2008.
- [5] J.A. FERWERDA, S. M. PATTANAIK, P. SHIRLEY, and D.P. GREENBERG. A model of visual masking for computer graphics. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, pages 143–152. ACM Press, 1997.
- [6] A. H. GARDINER. *Egyptian Grammar - Being an Introduction to the Study of Hieroglyphs*. Oxford University Press, UK, 1927.
- [7] R. GOSCINY and A. UDERZO. *Axtérix et Cléopâtre*. Dargaud, 1965.
- [8] N. GRIMAL. *Histoire de l'Égypte ancienne*. Fayard, 1982.
- [9] D. HUME. *Essays, Moral and Political : Of Impudence and Modesty*. Edinburgh, 1741.
- [10] E. P. JACOBS. *Le mystère de la grande pyramide (vol. I et II)*. Casterman, 1954.
- [11] A. KHOTANZAD and Y. H. HONG. Invariant image recognition by zernike moments. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 12(5) :489–497, 1990.
- [12] E. I. KNUDSEN. Fundamental components of attention. *Annual Review Neuroscience*, 30 :57–78, 2007.
- [13] C. LALOUETTE. *L'Art figuratif de l'Égypte pharaonique*. Flammarion, Paris, 1996.
- [14] D. MARR. *Vision*. W.H. Freeman and Company, San Fransisco, USA, 1982.

- [15] G. MASPERO. *Introduction à l'étude de la phonétique égyptienne*. H. Champion, Paris, 1917.
- [16] M. MERLEAU-PONTY. *Phénoménologie de la perception*. Gallimard, 1945.
- [17] B. NIFFENEGGER. *Photoshop filters toolkit*. Lavoisier, 2004.
- [18] R. ROJAS. *Neural Networks - A Systematic Introduction*. Springer, 1996.
- [19] F. ROSENBLATT. The perceptron : A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6) :386–408, 1958.
- [20] A. ROSENFELD and A.C. KAK. *Digital Picture Processing (vol. 1 and 2)*. Academic Press, Orlando, USA, 1982.
- [21] A. SAFRAN. *Sagesse de la kabbale*. Stock, 1986.
- [22] J.-P. SARTRE. *L'être et le néant. Essai d'ontologie phénoménologique*. Gallimard, 1943.
- [23] B. SCHOLKOPF and A. J. SMOLA. *Learning with Kernels. Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond*. MIT Press, 2001.
- [24] J. SERRA. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Academic Press, London, 1982.
- [25] J. THUILIER. *Georges de La Tour*. Flammarion, 1992.
- [26] V. VAPNIK. An overview of statistical learning theory. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 10(5) :988–999, 1999.
- [27] J. P. VIATOR. *De Artificiali Perspectiva*. Toul, 1505.
- [28] B. A. WANDELL. *Foundations of vision*. Sinauer associates, Sunderland, MA, USA, 1995.
- [29] B. A. WANDELL, A. ELGAMAL, and B. GIROD. Common principles of image acquisition systems and biological vision. *Proceedings of the IEEE*, 90(1) :5–17, 2002.