



Qu'est ce que la stéréoscopie ?

La définition du dictionnaire (petit Robert): procédés permettant d'obtenir l'impression de relief.

Cette définition correspond à l'étymologie du mot (stereo = solide, scopie = observer). L'habitude courante est plus restrictive, en effet les premiers procédés de vision du relief utilisaient deux images. Les procédés qui vinrent ensuite (holographie, réalité virtuelle..) traduisent une complexité technique bien différente. Pour la suite de ce document on considérera la stéréoscopie comme l'ensemble de tous les procédés permettant de comprendre le relief à partir de deux images.

AME 6602

Acquisition des données spatiales

La stéréoscopie

Table des matières :

- 1.Principe.
- 2.Rôle des images stéréoscopiques
 - Mémoriser plus précisément.
 - L'hyper stéréoscopie.
 - La stéréophotogrammétrie.
- 3.Construction des images stéréoscopiques
 - Images de synthèse
 - Doubles photos
 - Appareils spécialisés.
- 4.Présentation des images stéréoscopiques
 - Vue parallèle ou croisée
 - Stéréoscopes divers.
 - Anaglyphes.
 - Lumière polarisée.
 - Écran/lunettes synchronisés.
- 5.Construction des anaglyphes.
- 6.Sites reliés.

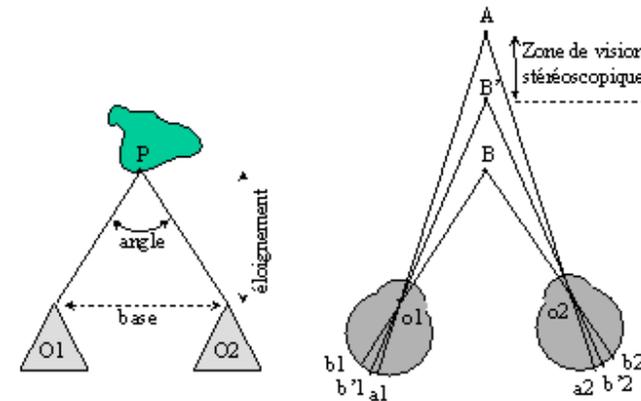
Claude Parisel, mars 2004.

1. Principes :

Pour illustrer le principe de la stéréoscopie je citerais un article de **Pierre Drap** du Gamsau sur les principes de la photogrammétrie :

L'interprétation de la stéréoscopie comme génératrice de la perception du relief date du XII^e siècle. C'est à l'aide des travaux de Kepler sur l'image rétinienne que Huygens peut poser le problème en termes modernes et avancer des hypothèses maintenant plausibles.

En effet nos deux yeux fournissent à notre cerveau deux images non superposables, du fait de l'écartement interpupillaire, mais dans la plupart des cas, quand notre cerveau fonctionne correctement, hors de l'emprise de l'alcool par exemple, il nous restitue une seule image : celle de notre œil directeur. Une seule image, certes mais avec une valeur ajoutée : le relief de la scène observée. Cette perception de la profondeur est à différencier de l'analyse rationnelle de la scène, qui fournit, elle aussi, des renseignements sur la profondeur : étude des parties cachées, connaissance a priori de la taille des objets observés, comparaison de leurs diamètres apparents, etc. La perception du relief est une saisie non intellectuelle de la profondeur de la scène observée. Ce sentiment est une sensation personnelle, l'acuité stéréoscopique n'est pas directement liée à l'acuité visuelle, elle est une caractéristique de l'individu, une traduction de la capacité de fusionnement de deux images non superposables.



Lorsqu'un observateur examine avec ses deux yeux un objet A, deux images " ressemblantes " a1 et a2 se forment en deux points différents des deux rétines. Le cerveau de l'observateur fusionne ces images et ne fournit à la conscience qu'une seule image. Plaçons un deuxième objet B entre l'observateur et l'objet A, assez éloigné de celui-ci. L'observateur continuant à fixer A, voit une image double de l'objet B. Si B se rapproche de A, son image est de moins en moins dédoublée, et arrivé à une petite distance de A, ce dédoublement disparaît, c'est-à-dire que le cerveau est alors capable de fusionner simultanément les deux images de A et B'. Dans cette zone autour de A, **le cerveau interprète les disparités entre les images, et les traduit en différence d'éloignement.** L'observateur perçoit avec une grande sensibilité les différences d'éloignement des objets qui se trouvent dans la zone d'observation stéréoscopique. Cette sensibilité est fonction de la valeur de l'angle formé par les rayons homologues à l'intersection du point observé. Ainsi la

sensibilité de l'observation stéréoscopique dans la profondeur sera plus grande à courte distance des yeux (les objets tenus dans la main tels du fil et une aiguille) qu'à une distance plus grande (faire un créneau avec un camion entre deux voitures déjà stationnées). Pour conserver une sensibilité stéréoscopique toujours acceptable pour satisfaire à la qualité de la mesure, la stéréo-photogrammétrie, dans sa phase de prise de vues, exagère volontairement l'angle d'intersection des deux visées. Pour ce faire, le rapport entre la distance séparant les deux points de vue (base) et la distance à l'objet (éloignement) est choisi proche de 2, de façon à obtenir un angle d'intersection proche de 90 degrés (cf. Figure 19). On obtient ainsi une hyper stéréoscopie, où le relief perçu est exagéré, qui permet d'obtenir une précision d'observation presque aussi bonne dans la profondeur que dans le plan.

Il faut noter que le sentiment de profondeur apparaît en comparant les visions d'une même scène depuis deux points de vue différents. Le résultat, la synthèse de ces deux points de vue, l'observation simultanée de ces deux images planes nous offrent une nouvelle dimension qui n'existait dans aucune des deux images et nous permettent de reconstituer un modèle de l'espace 3D que nous observons.

2. Rôle des images stéréoscopiques

Le premier rôle que l'on pourrait retenir c'est celui de mémoriser plus précisément qu'une simple photographie la saisie de la réalité.

Une photographie simple permet de mémoriser cette fourmi de synthèse comme on le ferait d'un bâtiment, d'un paysage, d'un personnage ou d'un événement.

De même que la photographie couleur permet d'enregistrer une perception plus complète de ce que l'on voit, la stéréoscopie permet d'enregistrer la perception de la profondeur en plus.



fig.3 Image de synthèse noir et blanc

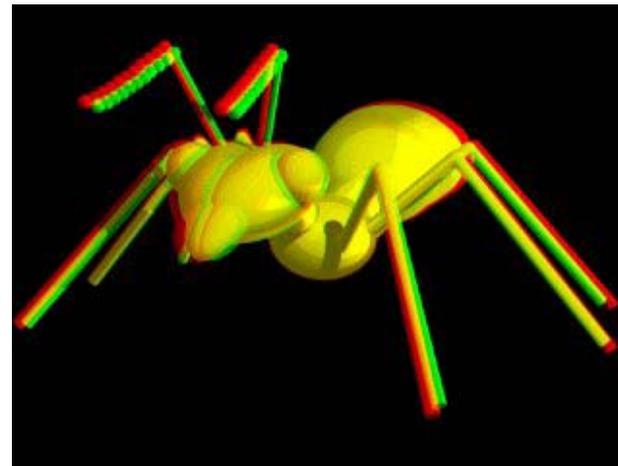


fig.4 Image de synthèse stéréoscopique.

Cette sensation de profondeur peut d'ailleurs être exagérée en écartant les prises de vue à une distance plus grande que l'écartement entre nos yeux.

On obtient ce que l'on nomme une **Hyper stéréo** où la sensation de profondeur est plus grande que nature et permet ainsi de mieux percevoir le moindre dénivelé.

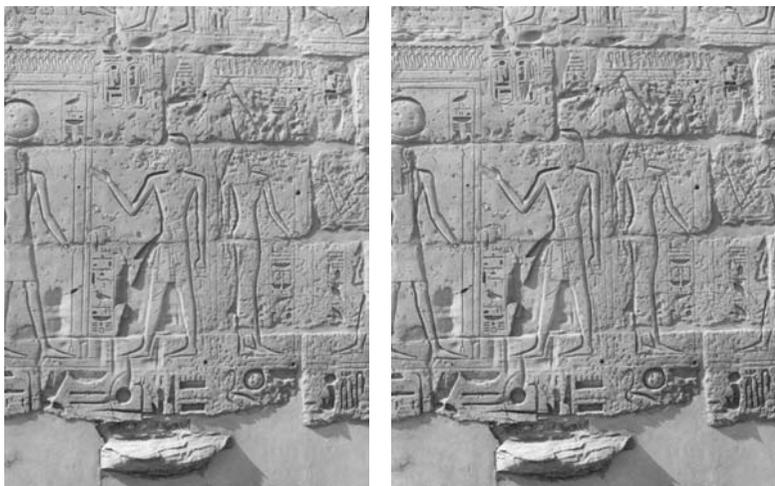


fig.5 Image gauche et droite prises à 5 mètres de différence

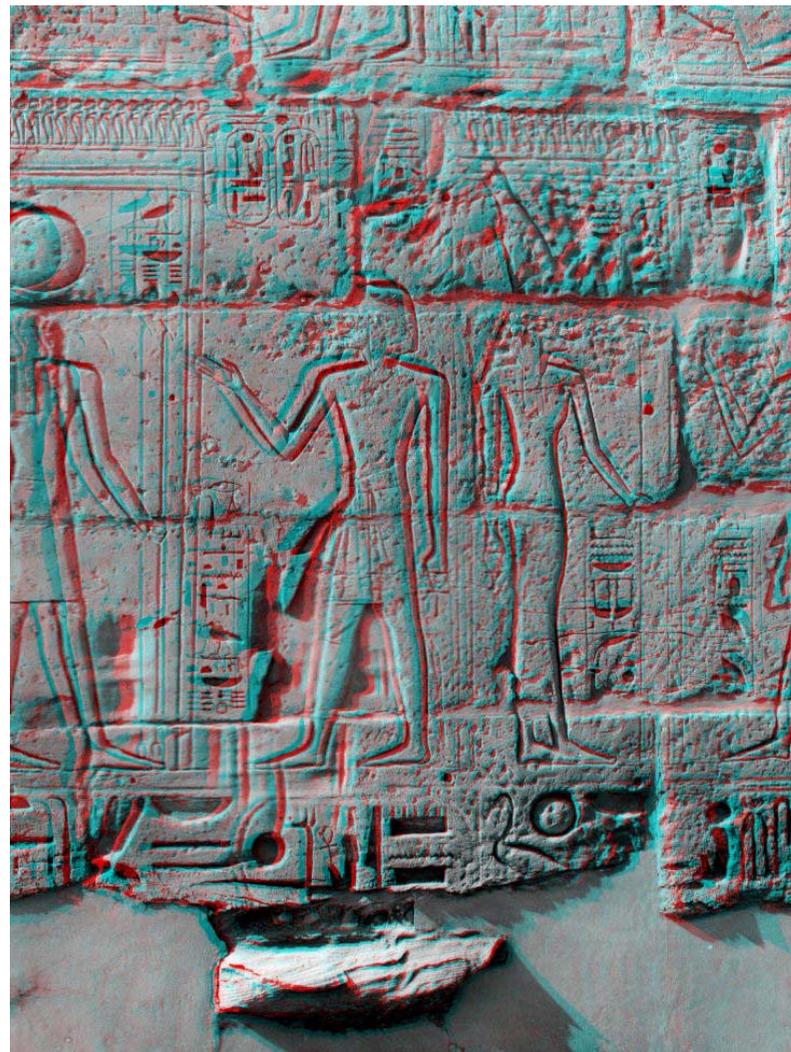


fig.6 Anaglyphe obtenue à partir des deux images précédentes.

On l'utilise aussi en stéréophotogrammétrie.

La vision stéréo combinée avec la photogrammétrie permet de saisir directement des points homologues sur deux photographies en se fiant à la perception stéréoscopique de l'utilisateur.

Par exemple, lors du relevé d'un terrain, le déplacement d'un point virtuel, à hauteur constante, sur l'image stéréoscopique de ce terrain permet de percevoir si ce point flotte au dessus du terrain ou, au contraire, entre dans le sol. Si l'utilisateur se maintient à la surface, il peut alors, tracer une courbe de niveau sur ce terrain.

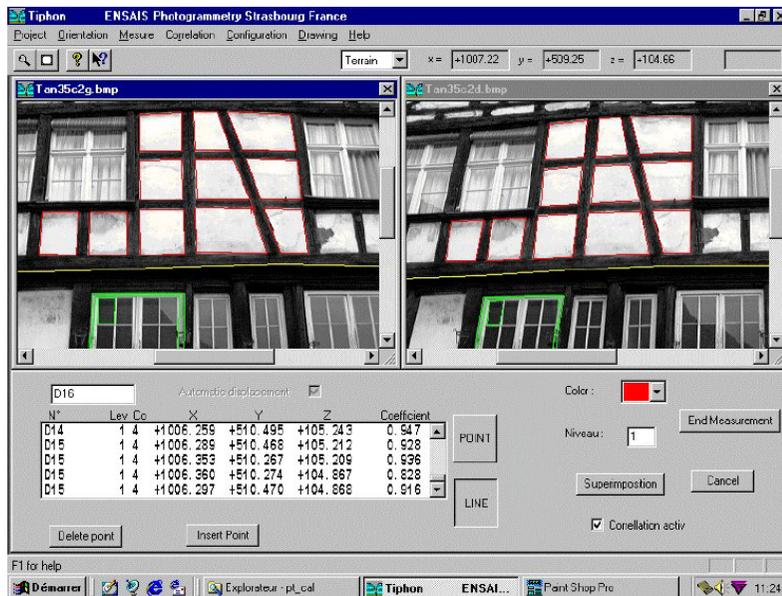


fig.7 Environnement de stéréophotogrammétrie sur TYPHON.

3. Construction des images stéréoscopiques.

3.1. Images de synthèse d'un modèle

Il est devenu très facile aujourd'hui de produire des images de synthèse en stéréo du modèle 3D que l'on a établi.

Il suffit de réaliser deux images de synthèse, chacune étant définies par la position de l'observateur et la position du centre de visée. Il est préférable de choisir la deuxième ligne de visée de telle façon qu'elle soit un translation latérale de la première de façon à pouvoir recouper plus facilement les images pour faire une anaglyphe par la suite.

Plus la translation est forte plus l'effet de profondeur sera grand mais, pour garder un certain réalisme on peut retenir une translation entre 1/30 ème et 1/100 ème de la distance observateur-objet.

Une fois les deux images de synthèse obtenues, elles peuvent être traitées diversement pour l'enregistrement et le visionnement comme ici en anaglyphe.

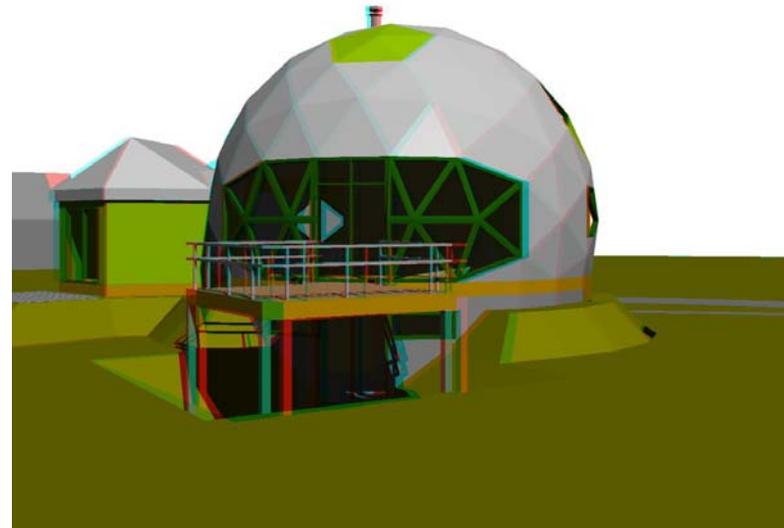


Fig.8 anaglyphe de synthèse d'un dôme géodésique.

3.2. La photographie

A la prise de vue nous pouvons :

- utiliser un seul appareil que l'on déplace pour prendre les deux photos.
- utiliser deux appareils synchronisés (câble de commande électrique, radiocommande, ...) ou un appareil à deux objectifs construit pour.
- utiliser un objectif incorporant un système de prismes ou miroir ou de filtres colorés pour obtenir deux images en une seule prise.

Dans les deux premiers cas il faut respecter certaines règles. Voici le texte sur l'utilité de la stéréoscopie de **P.Gidon** :

Comment réaliser de bonnes photos stéréoscopiques ?

Le choix de la base, le cadrage, et les réglages de l'appareil sont les paramètres principaux à surveiller avant de prendre une stéréo. Ils sont très importants et plus difficile à maîtriser que dans la photo traditionnelle. Une imperfection de ses réglages et la stéréo est difficile à voir. C'est pour moi la première cause de la désaffection pour ce système. Prenons les dans l'ordre.

Le choix de la base :

Les yeux sont espacés de 6,4 cm en moyenne. Pour obtenir un relief réaliste il faut prendre 2 photos avec un objectif de focale dite normale (50 mm pour film 24 x 36 mm) espacées de 6,4 cm.

Mais ceci n'est pas absolu, on a généralement intérêt, pour une telle base, à prendre des objectifs plus courte focale (plus grand angle) en vue d'une présentation très agrandie pour que le spectateur ne soit pas gêné par le cadre de l'image qui n'est pas en relief.

Il n'est pas forcément intéressant de faire du relief réaliste car, pour les objets à plus de 20 m et à moins de 20 cm, nous ne discernons pas le relief par la stéréoscopie mais par les autres mécanismes de la vision. Il est alors

intéressant de choisir une autre base. La règle à respecter : faire une base de $1/100$ ième de la distance au centre du cadrage. Le centre du cadrage est difficile à définir dans certaines conditions. Par exemple si vous voulez obtenir le relief sur une montagne à 10 Km de vous, faites une base de 100 m. Vous comprenez très bien alors que les premiers plans vont poser un problème. C'est la première partie du point suivant :

Le cadrage :

Il faut faire attention à ne pas avoir des premiers plans trop proches, leurs images sont alors trop différentes sur les deux clichés. Dans la réalité nos yeux changent de convergence et d'accommodation. Si nous regardons quelque chose de proche nous ignorons les lointains flous et vice-versa. Sur une photo l'accommodation ne peut plus se faire et les lointains resteront nets et seront gênants en stéréo. Il faut donc les éliminer à la prise de vue et c'est ce qui est le plus difficile à réaliser. N'acceptez aucun premier plan à une distance inférieure à 5 fois la base.

Il faut aussi que les objets soient reliés les uns aux autres, sinon vous verrez une maquette en plans de carton. Un objet devant un autre devient un plan de carton devant un autre. Il faut prendre la précaution de photographier la liaison entre les 2 objets (par exemple le sol) pour rendre leurs épaisseurs aux objets. Des poissons dans un aquarium ressemblent à des plans, des branches entremêlées ressemblent à la réalité.

Photographier quelque chose qui a beaucoup de relief n'est pas suffisant, il faut des liaisons entre les différentes parties de l'image, et beaucoup de présentations ont déçu pour n'avoir pas respecté cette règle. Il faut aussi préférer les surfaces tourmentées aux surfaces lisses. Une colonne de marbre lisse sera très difficilement vue en relief, par contre toute moulure ou détail de surface lui redonnera son épaisseur. Un plan d'eau calme ne sera pas vu en relief si l'on ne voit pas un de ses bords s'enfuir dans l'image ou des objets à sa surface.

Le réglages :

En particulier pour la mise au point, nous devons lutter contre les habitudes prises pour la photo classique, où l'on recherche à donner la profondeur par un flou ou un effet de brume et des ombres. La stéréo va séparer les plans, et le flou de l'arrière plan ou de l'avant plan va devenir gênant. Il faut une photo nette sur tous les plans. Il faut une photo détaillée, car les détails

luttent contre l'impression de plans de carton. Il faut éliminer les ombres trop sombres dans lesquelles il n'y a rien à voir. Les contraintes techniques sont donc plus grandes qu'en photo classique, mais si l'on n'y fait pas attention la photo stéréo devient plus gênante qu'utile.

Respectez donc ces règles :

Une base de 1/100 ème de la distance au centre du cadrage.

Pas de premier plan à moins de 5 fois la base.

Reliez les objets entre eux dans l'image

Conservez tous les détails, évitez les flous et les écarts d'éclaircement.

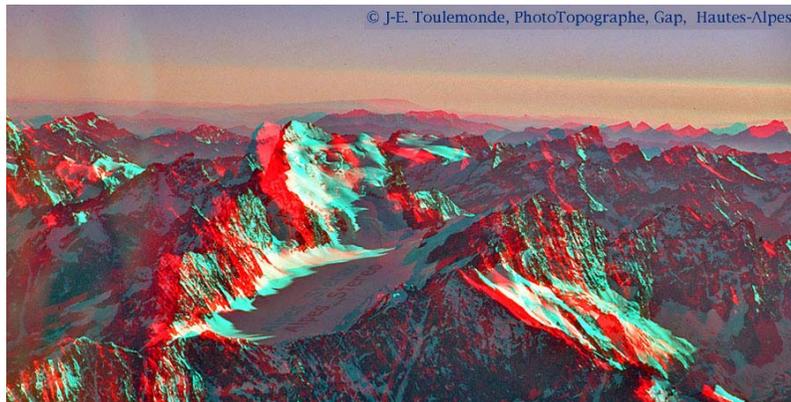


fig. 9 photo stéréo des Alpes

3.3. Les appareils spécialisés.

Beaucoup d'appareils ont été proposés dès le début de la photographie. Le principe étant de diviser le négatif en deux parties en utilisant prismes ou miroir, ou encore, à combiner deux appareils en un (2 lentilles).



fig.10 adaptateur pour appareil photo par Loreo.



fig. 11 Appareil photo numérique pour photo stéréo

4. La présentation des images stéréoscopiques

A la présentation nous pouvons :

- simplement forcer ses yeux à loucher ou à regarder en parallèle (méthode utilisée pour les autostéréogrammes) pour voir des images de quelques cm de large.

Cette méthode ne nécessite pas d'outils spécialisés mais reste difficile à réussir et cause souvent des maux de tête en raison des mouvements anormaux des yeux.

- utiliser des lunettes-loupes pour voir deux images de 6 cm de large côte à côte (stéréoscope).
- utiliser des lunettes à prismes pour voir deux images placées l'une au dessus de l'autre.
- utiliser un système optique à miroir pour voir des images de tailles quelconques.

C'est la méthode classique utilisée pour regarder des couples de photos aériennes du gouvernement du Québec.

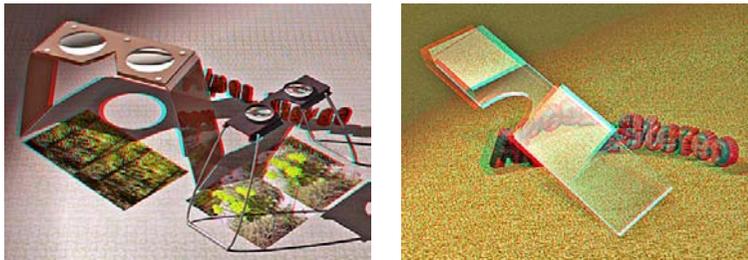


fig.12 Lunettes loupes et lunettes à prisme

- Utiliser en double un appareil de vision monoculaire de diapositive



fig.13 visionnement des deux diapositives

- utiliser la complémentarité des couleurs pour superposer les deux images sur le même tirage papier ou le même écran et utiliser des lunettes à verres colorés pour que chaque oeil ne voie que l'image qui lui est destinée. ().

L'image obtenue est appelée une **anaglyphe**.

Ce procédé est le plus simple pour obtenir un document imprimé, envoyer une image stéréo sur le web ou la regarder sur un écran. Sa fabrication est détaillée plus loin.

- utiliser la polarisation de la lumière pour projeter les deux images en polarisation croisé sur un écran commun et porter des lunettes à verres polarisants pour que chaque oeil ne voie que l'image qui lui est destinée.

C'est le procédé courant du cinéma en relief et IMAX. On peut aussi l'utiliser avec deux projecteurs diapositives, deux filtres

polarisés, un écran qui ne dépolarise pas la lumière et des lunettes polarisées. Ainsi on peut faire une projection à un auditoire d'images stéréos.

- utiliser l'alternance rapide dans le temps de deux images sur un écran et porter des lunettes à verres actifs (cristaux liquide) synchronisés qui s'obscurissent pour que chaque oeil ne voie que l'image qui lui est destinée.

C'est un procédé encore très étudié pour la télévision le cinéma et les écrans d'ordinateur. Il existe des appareils qui synchronisent les lunettes avec l'affichage de l'écran. L'ensemble est cependant coûteux.

- utiliser un réseau de micro-lentilles cylindriques posé sur une surface photo sensible pour y enregistrer des points de vue différents et restituer le relief sans lunettes.

C'est une technique utilisée, il y a quelques années dans la publicité. La profondeur est très limitée.

5. Construction d'une anaglyphe

On doit s'assurer d'abord que les deux photos soient de même grandeur en nombre de pixels et couvrent le même sujet. C'est pourquoi il est préférable d'adopter une translation de la direction de vue entre les deux photos qu'une rotation. On peut, plus facilement, recouper chacune pour ne retenir que la partie commune, c'est à dire apparaissant sur les deux.

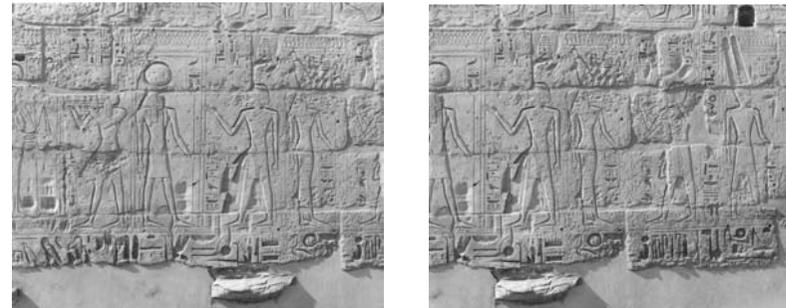
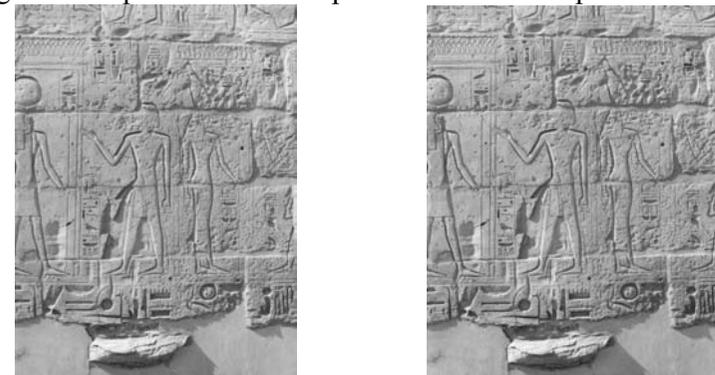


fig.14 les 2 photos avant et après avoir été recoupées.



On utilise ensuite un logiciel de traitement d'image comme PaintShopPro ou celui qui est illustré ici, PhotoShop.
 On charge les deux images et on s'assure qu'elles soient en mode RGB ou RVB. Une photo noir et blanc devra être convertie en RVB.

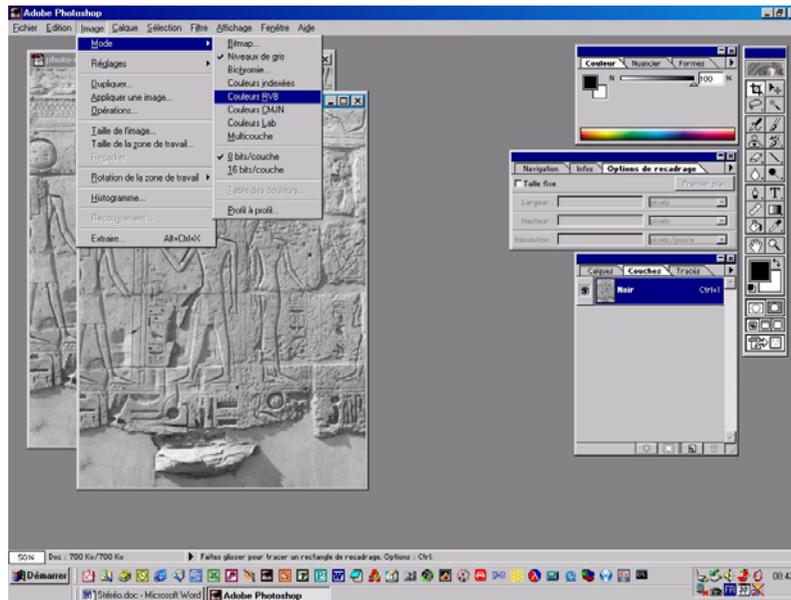


fig.15. 2 photos en mode RGB

On sépare alors les 3 couches de chaque photo pour obtenir en fin de compte 6 images :
 Gauche-rouge, gauche-vert, gauche-bleue &
 Droite-rouge, droite-vert, droite-bleue.
 On retient alors les fenêtres suivantes :
 Gauche-rouge, droite-vert, droite-bleue.

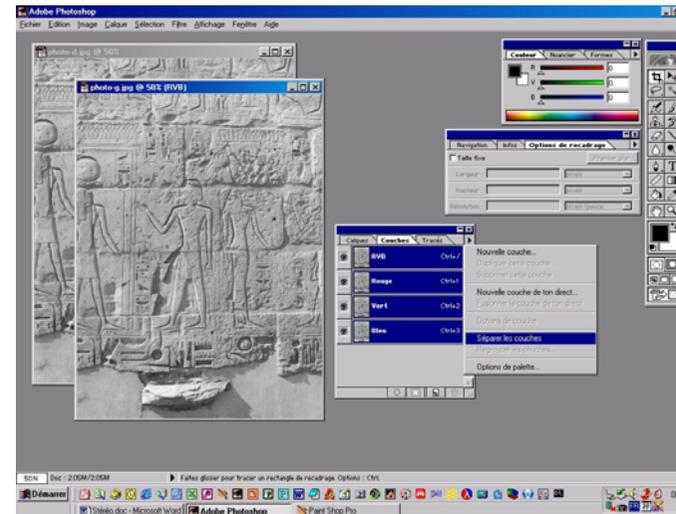


fig.16 séparation des couches

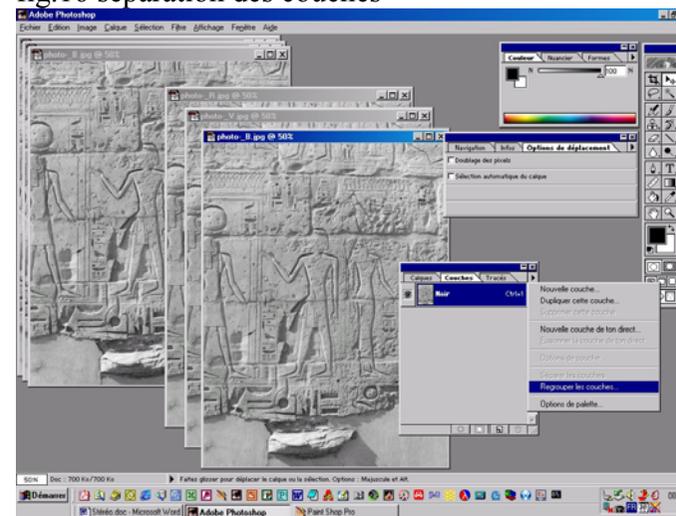


fig.17 Séparation des couches

On recompose alors une image à partir de ces trois fenêtres, la rouge de l'image gauche et la bleue et la verte de l'image droite.

On obtient alors l'anaglyphe recherché.

Pour le voir, il faut se munir de lunettes rouge et vert ou rouge et cyan.

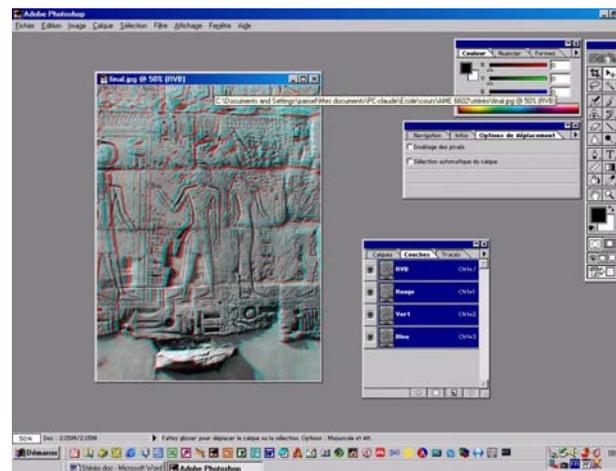


fig. 18 Recomposition des couches

Derniers conseils :



Vous pouvez le faire directement à l'écran, par projection, ou en l'imprimant. Quelque soit le cas, pour voir le relief, vous aurez besoin de **lunettes rouge et cyan** (qui est la combinaison du bleu et du vert), le rouge étant placé à gauche. Voici une adresse (il y en a d'autres sur internet) :

<http://stereoscopy.com/3d-images/glasses.html>

Si cela ne sort pas bien à l'impression, saturez les deux photos d'origine (avant le montage) de 30 à 60 %, ou utilisez l'option (suivant le modèle d'imprimante) impression de graphiques - les couleurs étant plus vives. Donc, n'hésitez pas à augmenter les rouges, ou les autres teintes si avec les lunettes, le résultat vous donne l'impression de voir le « fantôme » d'une des deux images.

Pour mémoire, on garde le rouge à gauche pour composer l'anaglyphe, et on regarde l'image composée au travers des lunettes, avec le filtre rouge à gauche.

Anaglyphes & anamorphoses

Les anaglyphes peuvent être combinées avec les anamorphoses pour produire des images construites très intéressantes, particulièrement efficaces pour présenter des constructions géométriques

On a qu'à remarquer que notre position naturelle en face d'un document posé sur une table est de le regarder sous un angle proche de 45°. Il suffit alors de poser un objet virtuel sur la feuille de papier et de le projeter sous cet angle à partir de la position naturelle de nos deux yeux.

La perspective est en fait une anamorphose (projection sur un tableau qui n'est pas perpendiculaire à la ligne de visée) et la séparation des images se fait comme une anaglyphe.

Pour produire ces images, une petite fonction LISP fait la double projection. [2ANA.lsp](#) sur un environnement préétabli pour une feuille de 8.5 x 11.

Chaque point a est projeté sur le plan de la feuille à partir de la position de chaque œil.

Le résultat est fait pour être vu à 11" de la base de la feuille et à 12" de hauteur par rapport à la table soit sous un angle proche de 45 degrés.

La feuille doit être disposée en format portrait et non paysage.

Les images, sauvées en WMF, sont transformées en JPEG et recoupées sur le cadre de la feuille avec une résolution de 773 x 1000 pixels.

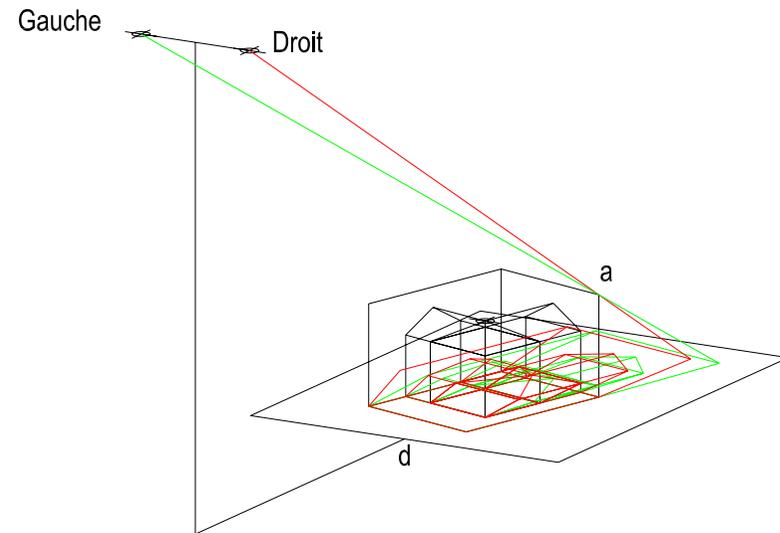
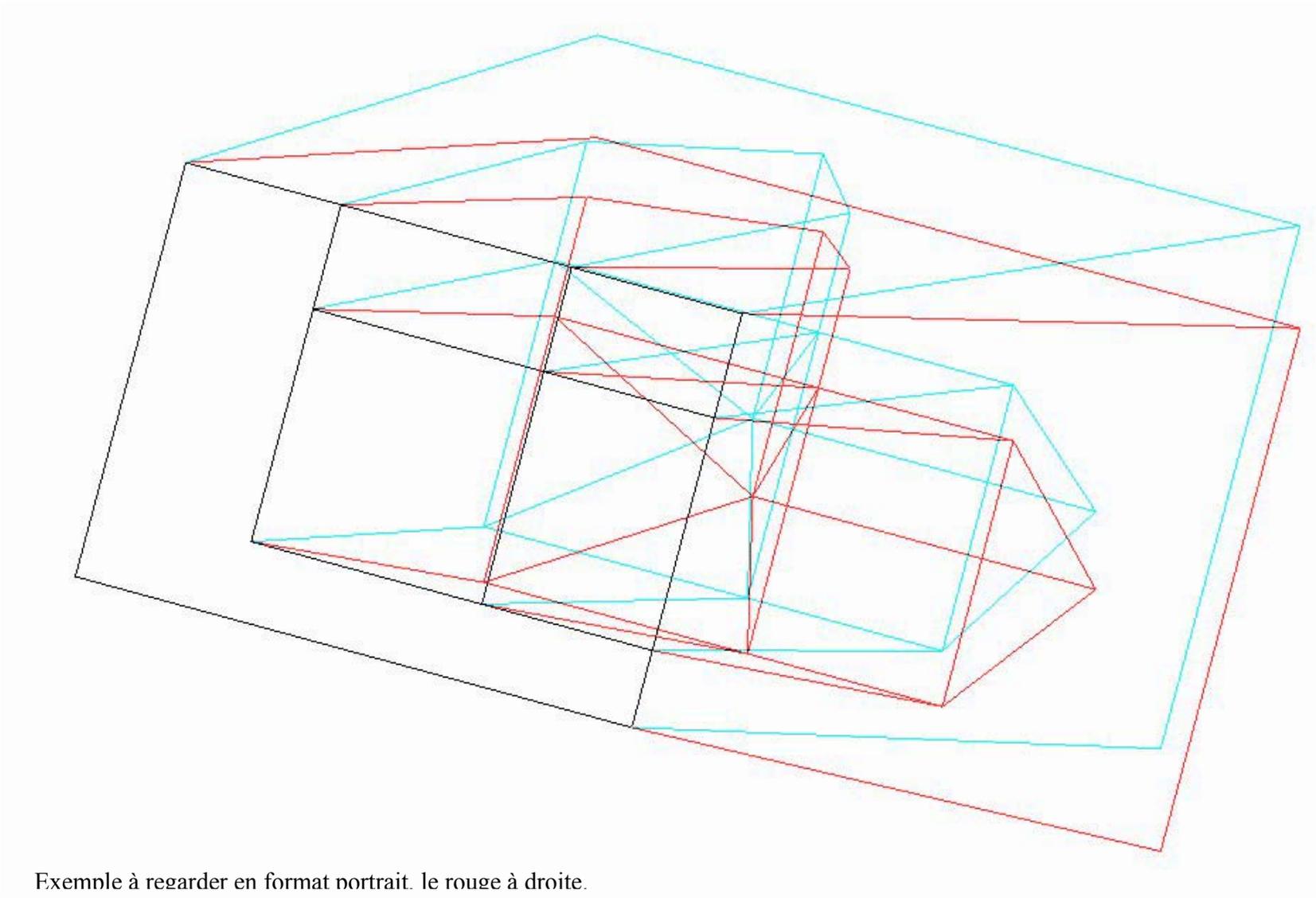


fig. 19 Environnement de construction et d'observation



Exemple à regarder en format portrait. le rouge à droite.

6. Sites reliés :

<http://perso.wanadoo.fr/alpes-stereo/liens.htm>

Source de nombreux sites et documents sur la stéréo

<http://archilinux.free.fr/concevoir/anaglyph.html>

Description de la façon de construire des anaglyphes de synthèse

<http://www.stereoscopy.com/downloads/index.html>

ensemble de logiciels gratuits pour faire ou voir des anaglyphes sur toutes les plateformes.

<http://www.nsa-3d.org/>

Magasin de produits pour la stéréo.

<http://www.3-d-loreocamera.com/>

Magasin de lentilles pour prendre des photos stéréo. S'adapte à divers appareils.

<http://www.3dvf.net/>

Magasine sur la 3D en général.

<http://www.3d-test.com/news/index.htm>

Magasine sur les développements technologiques concernant la 3D en général.

Archives complètes.

<http://perso.wanadoo.fr/alpes-stereo/anaglyph.htm>

présentation de divers formes de stéréoscope.

<http://perso.wanadoo.fr/alpes-stereo/stereo.htm#anchor128845>

site de P.Gidon très général sur la stéréo, principe, conseils exemples.

<http://perso.wanadoo.fr/alpes-stereo/tecphoto.htm>

Faire ses propres photos en relief.