

Réalisation de fantôgrammes

Introduction	1
Prise de vue	2
Prise de vue réelle	2
Placement de l'appareil photo	2
Mise en place d'un cadre	2
En image de synthèse	4
Correction des perspectives	5
Un peu de géométrie... ..	6
En pratique	7
Utilisation de Adobe Photoshop	8
Utilisation de GIMP	9
Utilisation de StereoPhoto Maker	11
Conclusion	16
Liens Internet utiles	16

Introduction

Les fantôgrammes (ou *phantograms* en anglais¹) sont à la mode depuis quelques temps ! Ces anaglyphes à la perspective forcée qui semblent sortir de la feuille où ils sont imprimés sont effectivement très spectaculaires !



Un fantôgramme de souris sans fil.

Le principe des fantôgrammes est de réaliser la prise de vue à 45° au-dessus de l'objet à reproduire, de corriger les perspectives avec un logiciel de traitement d'image, d'imprimer l'anaglyphe et de l'observer sous le même angle de 45°². S'ils sont traditionnellement présentés sous la forme d'anaglyphes rouge-cyan, rien ne s'oppose à utiliser un autre moyen de présentation : vision parallèle ou croisée par exemple.

¹ Les fantôgrammes sont aussi connus sous les noms de « pop-up anaglyph », « anaglyphe surgissant », « anaglyphe en jaillissement », « morphoglyphe », « anamorphoglyphe », « phantaglyph® »,...

² Les fantôgrammes, pour leur majorité, sont créés avec un angle de 45° mais tous les angles de 0 à 90° sont – en théorie – possibles (en pratique, on utilise la plage d'angles de 30 à 60°). De plus quand on parle de fantôgramme à 30°, on ne sait pas s'il s'agit de 30° depuis la verticale ou depuis l'horizontal, 45° évite cette ambiguïté ! Dans le reste du document on parlera pour simplifier de « 45° » mais d'autres angles sont bien sûr envisageables.

Prise de vue

La prise de vue d'un fantôgramme s'effectuera de manière traditionnelle en photographie classique ou avec une caméra virtuelle en image de synthèse. Dans les deux cas, les principes de base de la stéréoscopie s'appliqueront.

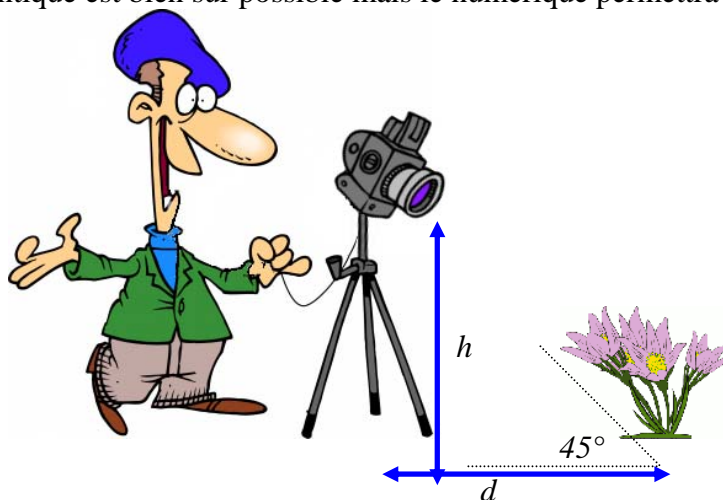
Deux contraintes nouvelles vont se présenter au photographe :

- prise de vue à 45° au-dessus de l'objet à reproduire,
- utilisation d'un « cadre » donnant des références géométrique et permettant par la suite de redresser les perspectives. Le cadre deviendra la fenêtre stéréo du fantôgramme.

Prise de vue réelle

Placement de l'appareil photo

Pour obtenir résultats satisfaisants il est recommandé d'utiliser un trépied photographique si possible équipé d'un niveau à bulle. On pourra, au choix ou selon le sujet (nature morte ou vivante, macrophotographie), utiliser un appareil stéréoscopique ou un appareil unique monté sur une réglette permettant positionnement précis et de contrôler le déplacement latéral. La photographie argentique est bien sûr possible mais le numérique permettra plus de souplesse.



Pour obtenir un angle de 45° , on doit avoir $d = h$

Mise en place d'un cadre

Pour corriger les perspectives dans les images produites on a besoin d'un cadre qui donnera des angles droits et la dimension de la scène. Il est recommandé d'utiliser un cadre carré ou rectangulaire, dans ce dernier cas les proportions du rectangle nous seront utiles pour la suite. Le cadre doit être plus grand que le sujet à photographier : il ne doit pas être trop petit ou trop proche du sujet pour qu'il soit possible, par la suite, de découper l'image pour le faire disparaître. Il faudra cadrer suffisamment large pour que le cadre soit entièrement visible sur les deux images du couple stéréo.

Exemples de cadres possibles :

- Pour des petits objets posés sur une table, le cadre peut être une simple feuille de papier, blanc ou coloré, sur laquelle on aura dessiné ou imprimé le cadre.
- Pour des plus grands sujets ou dans la nature, on se construira un vrai cadre, par exemple avec des baguettes de bois ou d'aluminium. Il sera alors posé sur le sol. Des petites pattes ajustables à chaque coin pourront être utiles pour assurer l'horizontalité

sur un sol irrégulier. Des petits niveaux à bulle montés sur le cadre seront aussi très utiles. Il est à noter que rien n'empêche de suspendre le cadre verticalement si le sujet à photographier le demande !

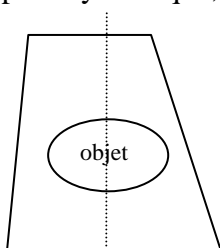
- Du cadre ne servent en fait que les coins qu'on peut matérialiser avec des piquets, des tees de golf ou de simples petites branches plantées dans le sol.
- Il est aussi possible d'utiliser un cadre « naturel » : un carrelage, un dallage régulier voire un motif sur un tissu ou le veinage d'une planche en bois.

Comment procéder ? Voici quelques conseils pour la prise de vue d'un sujet horizontal utilisant un appareil ordinaire monté sur une réglette.

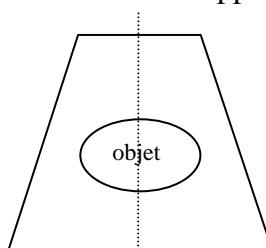
- Positionner l'appareil sur le trépied de manière à ce que sa hauteur par rapport au sol soit (à peu près) égale à la distance au sujet. On obtient ainsi un angle de visée de 45° vers le bas. En supposant que le sol (ou ce qui en tient lieu) est horizontal, bien vérifier que la réglette l'est également pour que l'appareil se déplace parallèlement au sol.
- Placer l'appareil au centre de la réglette et cadrer alors le sujet à photographier. Bien se rappeler que le cadre doit être entièrement visible. Au besoin, reculer (et donc aussi hausser) l'appareil.
- Le cadre doit apparaître comme un trapèze bien symétrique. Déplacer latéralement l'appareil (ou le sujet si c'est le plus pratique !) pour que le cadre apparaisse comme un trapèze symétrique, centré dans le viseur de l'appareil photo.



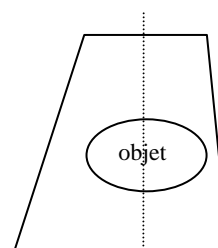
Utilisation du motif de la nappe comme cadre pour un fantôgramme fait à main levée !



Appareil trop à gauche !



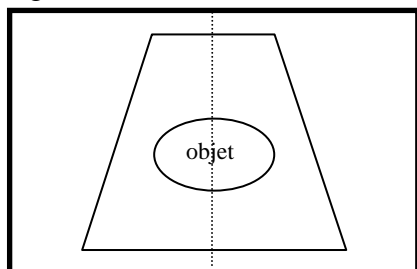
Trapèze symétrique :
l'appareil est bien placé.



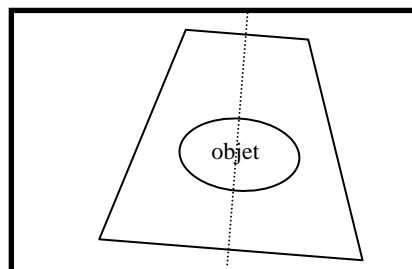
Appareil trop à droite !

Par contre, quand on va décaler l'appareil

- Le côté du cadre le plus proche de soi doit être bien parallèle au bord inférieur de l'image vue dans le viseur :



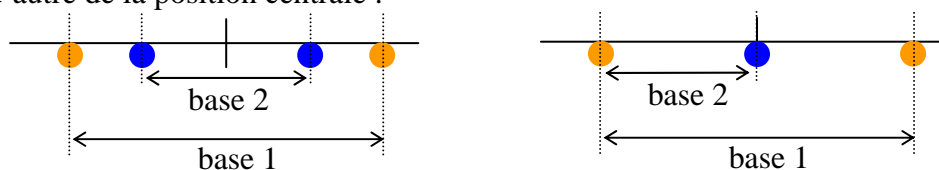
Oui !



Non !

- Vérifier maintenant en déplaçant l'appareil dans la réglette à gauche et à droite (d'une demi base stéréo) que le cadre reste toujours visible en entier dans le viseur.
- Vérifier également que l'objet photographié n'empiète pas sur le cadre pour les deux positions gauche et droite de l'appareil photo.

- Tout est prêt ? Bien ! Effectuer maintenant les deux clichés. Notez que si vous expérimentez plusieurs bases stéréo, les positions doivent toujours être de part et d'autre de la position centrale :



Oui !

Non !

- Expérimentez ! Faites plusieurs séries d'images en faisant varier l'exposition, l'ouverture, l'éclairage (en le gardant constant entre les deux clichés du même couple stéréo),...
- Si vous travaillez chez vous sur une table, vous pouvez utiliser le même dispositif pour réaliser des fantôgrammes d'autres objets de même taille : sans toucher à rien d'autre, mettez un autre objet dans votre cadre.

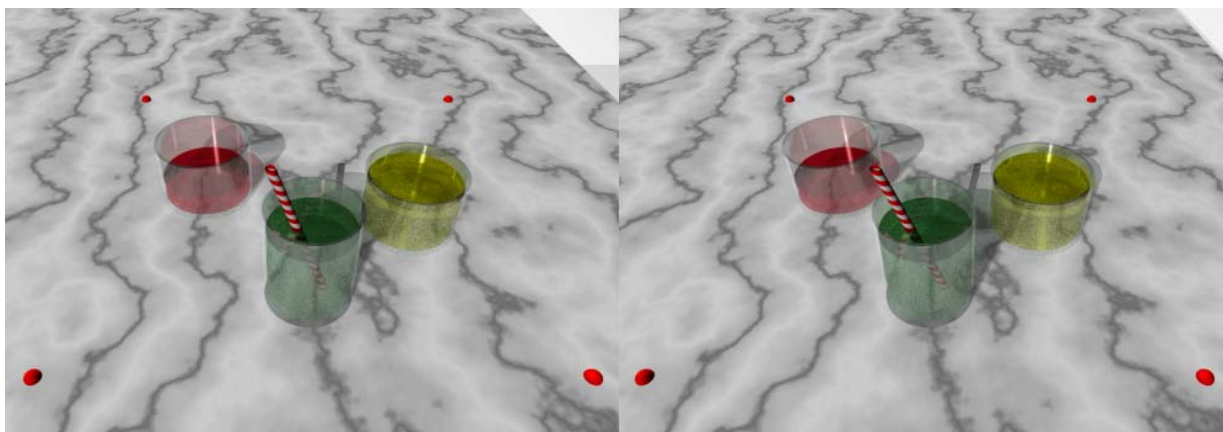
Quelques conseils :

- 1) Il n'est pas obligatoire de cadrer finement l'image. Il vaut mieux avoir une image de plus grande taille et découper dedans la zone utile.
- 2) Les objets plutôt plats marchent souvent mieux pour construire des fantôgrammes.
- 3) Des auteurs conseillent d'utiliser une base stéréo standard (6,5 cm) quelle que soit la position de prise de vue de manière à bien restituer la taille réelle des objets. D'autres par contre préconise d'augmenter la base par l'inverse du sinus de l'angle (donc d'augmenter de 40% pour un angle de 45°). Boris Starosa conseille d'utiliser la base suivante : $\text{Base} = \text{Base standard} * \text{Taille réelle} / \text{Taille imprimée}$. En numérique, on n'hésitera pas à faire plus de deux clichés fait à des espacements variables pour disposer de plusieurs bases stéréo.

En image de synthèse

Si la réalisation de fantôgramme en photographie classique demande une grande précision à toutes les étapes de la réalisation les images de synthèse nous facilitent par contre la tâche : il est facile dans le monde virtuel d'avoir un angle d'exactement 45° ou des éléments rigoureusement parallèles.

Les lecteurs intéressés pourront se reporter au document « *Premier pas en image de synthèse* » qui indique comment procéder avec le logiciel gratuit POV-Ray, le principe restant applicable pour d'autres logiciels d'image de synthèse.

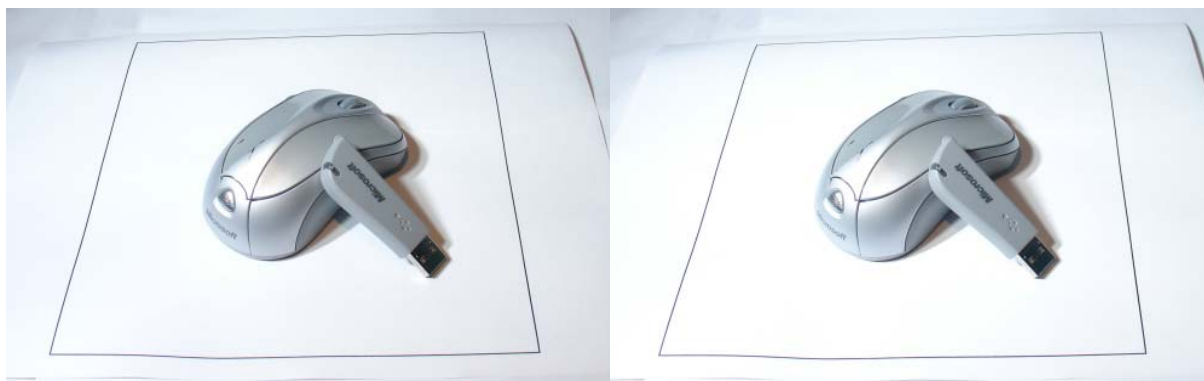


Exemple de cadre virtuel en image de synthèse, ici seuls les coins sont matérialisés.

Correction des perspectives

Nous avons vu que la correction des perspectives est le « truc » des fantôgrammes, c'est ça qui va les faire sortir du support et les faire apparaître sous leur aspect d'origine.

Visuellement la transformation à appliquer aux images brutes paraît assez simple : les trapèzes doivent être convertis en carrés (ou rectangles). Prenons comme exemple les images ci-dessous, effectuées en photographie numérique. Notez que le cadre est ici simplement tracé sur une feuille de papier.



Redressement des perspectives



Les angles droits ont retrouvé leurs 90° et le cadre son aspect carré.



Image recadrée avec StereoPhoto Maker, le cadre a disparu.

Il ne reste plus qu'à la transformer en anaglyphe pour obtenir l'image de la première page.

Un peu de géométrie...

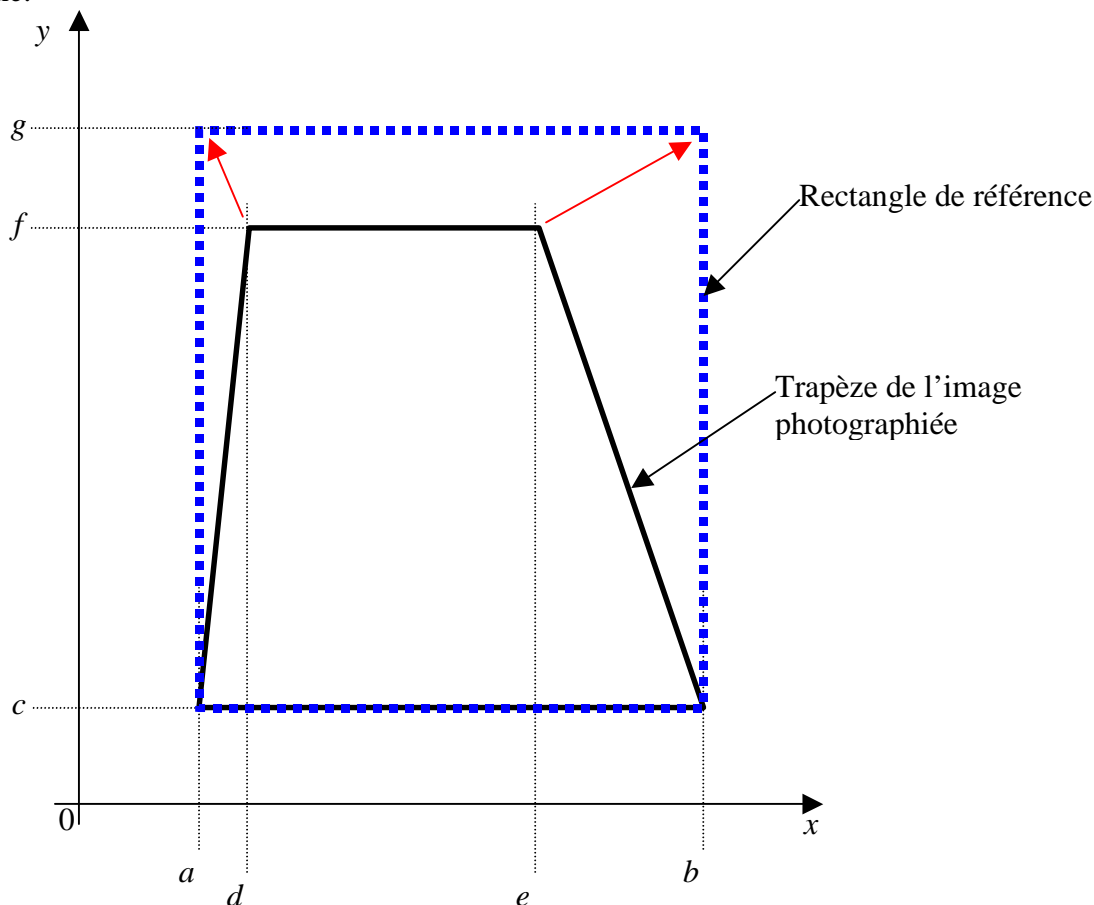
Notre collègue mathématicien Edmond Bonan a bien voulu se pencher sur le problème des fantôgrammes. Il nous livre les formules qui permettent de redresser les perspectives.

Représentons le problème de manière graphique sur le schéma ci-dessous.

Le cadre de référence est représenté par le rectangle en pointillés bleus, il est représenté par les coordonnées : (a,c) (b,c) (a,g) (b,g). Désignons par R le rapport entre sa largeur et sa hauteur. On peut donc écrire $g = c + R.(b-a)$

Le trapèze en trait noir continu est l'image du même cadre telle qu'elle apparaît dans les photographies (la vue gauche ou la vue droite du couple, le même traitement est à effectuer sur les deux vues du couple). Le trapèze est représenté par les coordonnées (a,c) (b,c) (d,f) (e,f).

La transformation consiste à projeter les points contenus dans le trapèze dans la surface du rectangle. Autrement dit la couleur d'un pixel de coordonnées (x,y) dans l'image anamorphosée (ou redressée) sera celle du pixel de coordonnées (X,Y) dans l'image d'origine.



A partir des données, on définira les valeurs suivantes :

$$a' = \frac{d-a}{b-a}$$

$$b' = \frac{e-a}{b-a}$$

Formules de passage qui applique en particulier le rectangle sur le trapèze.

Pour (x,y) parcourant l'image anamorphosée on calcule la couleur à partir du pixel (X,Y) de l'image initiale :

Rétraction :

Passage de (a,c) (b,c) (a,g) (b,g) à (0,0) (1,0) (0,1) (1,1)

$$x' = \frac{x-a}{b-a}$$

$$y' = \frac{y-c}{R(b-a)}$$

Application :

Passage de (0,0) (1,0) (0,1) (1,1) à (0,0) (a',0) (0,1) (b',1)

$$X' = (b'-a') \times x' + a' \times y' \quad Y' = y' \quad Z' = (1 + a' - b') \times y' + b' - a'$$

Déploiement :

Passage de (0,0) (a',0) (0,1) (b',1) à (a,c) (b,c) (d,f) (e,f)

$$X = \frac{X' \times (b - a)}{Z'} + a \quad Y = \frac{Y' \times (f - c)}{Z'} + c$$

On vérifie par exemple que le sommet (b,c+R(b-a)) du rectangle a pour couleur celle du sommet (e,f) du trapèze.

Pseudo-code :

```

pour y valant de c à g
  pour x valant de a à b
    ' Transformation utilisant les formules (non détaillées) ci-dessus
    X = f(x)
    Y = f(y)
    Couleur du pixel (x,y) dans l'image anamorphosée =
      couleur du pixel (X,Y) dans l'image de référence
  fin_pour
fin_pour

```

Formules inverses

Formules de passage qui appliquent en particulier le trapèze sur le rectangle. On doit utiliser la formule inverse pour savoir où atterrit un détail qui devra figurer impérativement dans l'anamorphose. En particulier la taille en hauteur, en convenant toutefois de garder la largeur initiale de l'image initiale. À partir des données, on définira les valeurs suivantes :

$$a' = \frac{d - a}{b - a} \quad b' = \frac{e - a}{b - a}$$

Pour (X,Y) parcourant l'image initiale on calcule les coordonnées (x,y) de l'image anamorphosée.

Rétraction :

Passage de (a,c) (b,c) (d,f) (e,f) à (0,0) (a',0) (0,1) (b',1)

$$X' = \frac{X - a}{b - a} \quad Y' = \frac{Y - c}{f - c}$$

Application :

Passage de (0,0) (a,0) (0,1) (b,1) à (0,0) (1,0) (0,1) (1,1)

$$x' = X' - a' \times Y' \quad y' = (b' - a') \times Y' \quad z' = 1 - (1 + a' - b') \times Y'$$

Déploiement :

Passage de (0,0) (1,0) (0,1) (1,1) à (a,c) (b,c) (a,g) (b,g)

$$x = \frac{x' \times (b - a)}{z'} + a \quad y = \frac{y' \times R \times (b - a)}{z'} + c$$

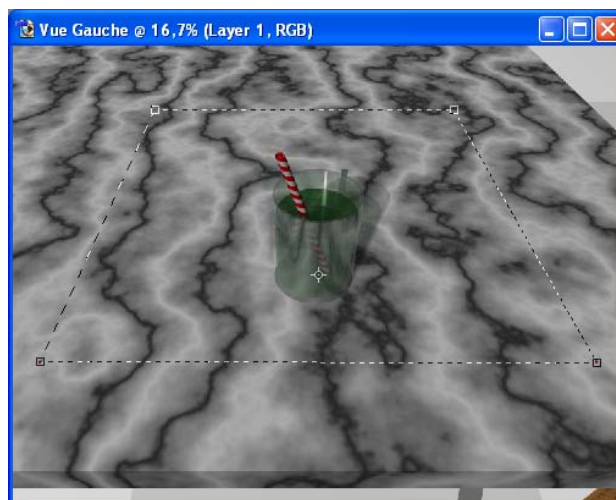
En pratique

Les transformations mathématiques vous paraissent peut-être trop complexes, heureusement, elles peuvent être réalisées facilement avec des outils standard de traitement d'image.

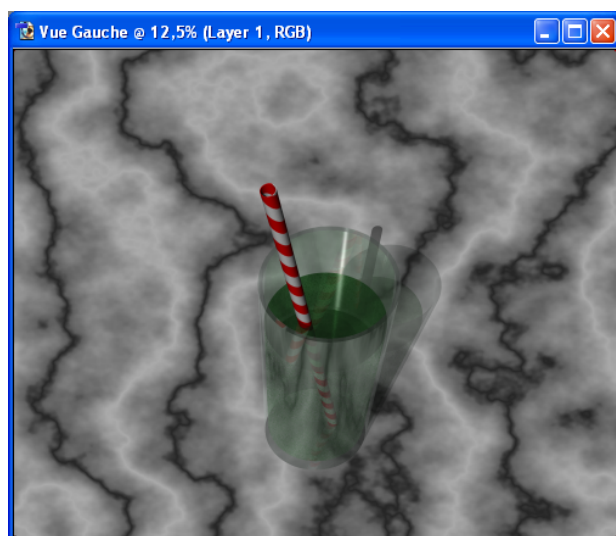
Note : Pour des photos réelles il pourra être utile de « monter » les images brutes avec, par exemple, StereoPhoto Maker avant de procéder à la correction des perspectives.

Utilisation de Adobe Photoshop

L'outil de découpe de Photoshop (ici la version 7) a une particularité très intéressante : en plus de tracer un rectangle de sélection avec la souris, on peut déplacer chacun des coins indépendamment des autres. Les deux vues du couple stéréo sont à traiter de la même manière. Ouvrir une vue et, avec l'outil de *Découpe* (ou *Crop Tool*) sélectionner notre cadre virtuel. Il faut cocher l'option *Perspective* pour pouvoir déplacer chaque coin indépendamment. Utiliser un zoom important pour positionner finement chaque coin sur la bille rouge correspondante :



Valider l'opération. On obtient alors l'image suivante :



Photoshop a éliminé les parties de l'image en dehors du cadre et a rétabli les angles droits, il faut maintenant rétablir les proportions de l'image. À l'origine notre cadre est un carré. Nous allons donc redimensionner l'image pour quelle soit carrée :

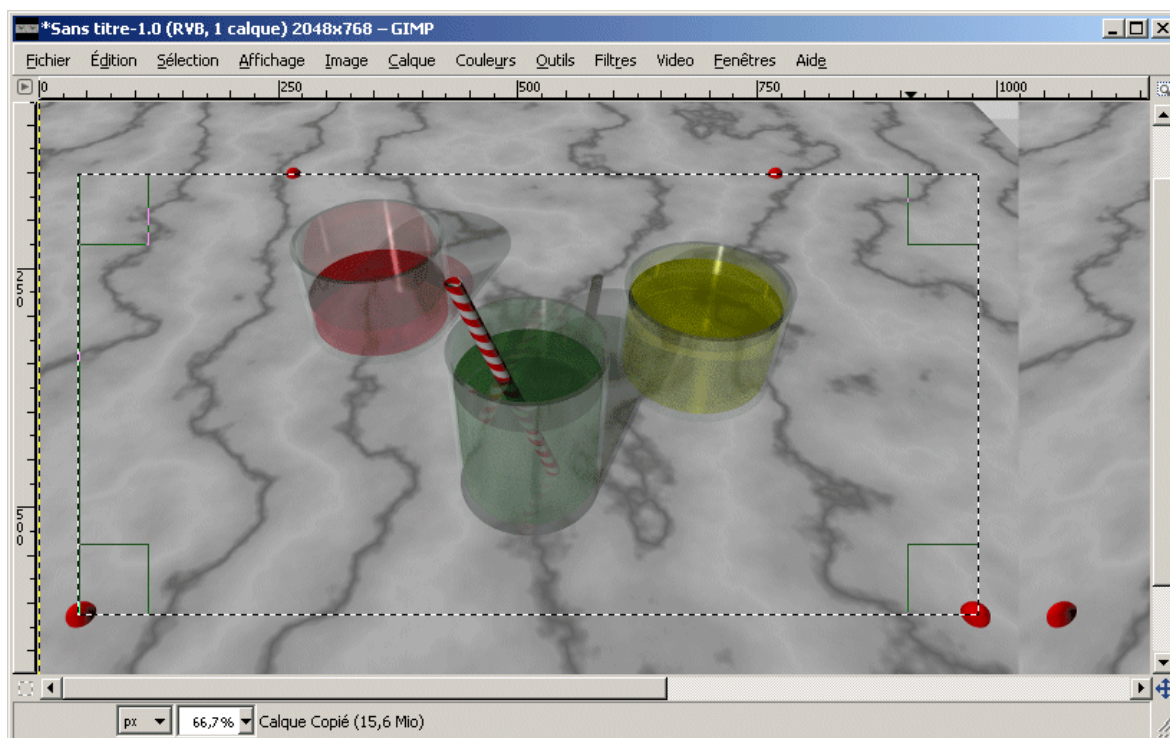


Enregistrer l'image et répéter les mêmes opérations pour la vue droite du couple. Générer ensuite un anaglyphe et l'imprimer sur une feuille de papier.

Utilisation de GIMP

GIMP est un éditeur d'image gratuit et disponible sur de nombreuses plates-formes (Windows, Mac, Linux,...). Dans bien des domaines il rivalise avec les logiciels les plus coûteux. La version 2.6 est ici utilisée.

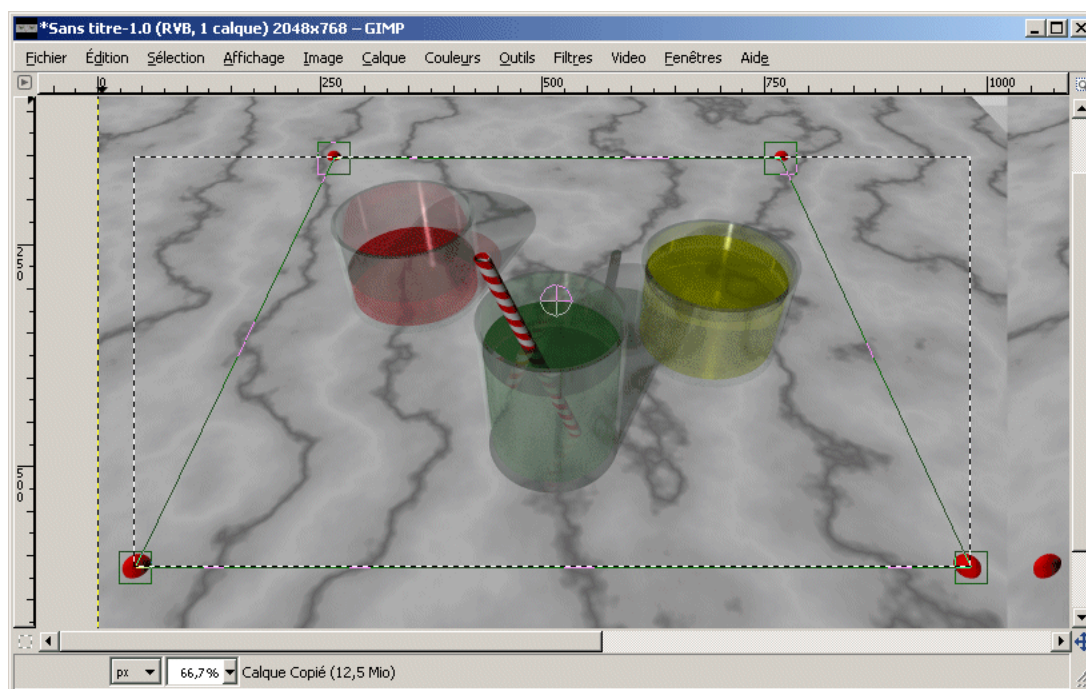
Ouvrir l'image comportant les deux vues du couple avec la commande *Ouvrir* du menu *Fichier*. Dans la *Boîte à outils*, sélectionner l'outil de *Sélection rectangulaire* (le premier en haut à gauche, ou la touche R). Sur la première vue du couple tracer un rectangle de sélection passant, pour les deux coins inférieurs, par les deux billes rouges les plus proches et pour sa bordure supérieure par les deux billes rouges en arrière. Au besoin, utiliser le zoom et les poignées de la sélection pour affiner la sélection :



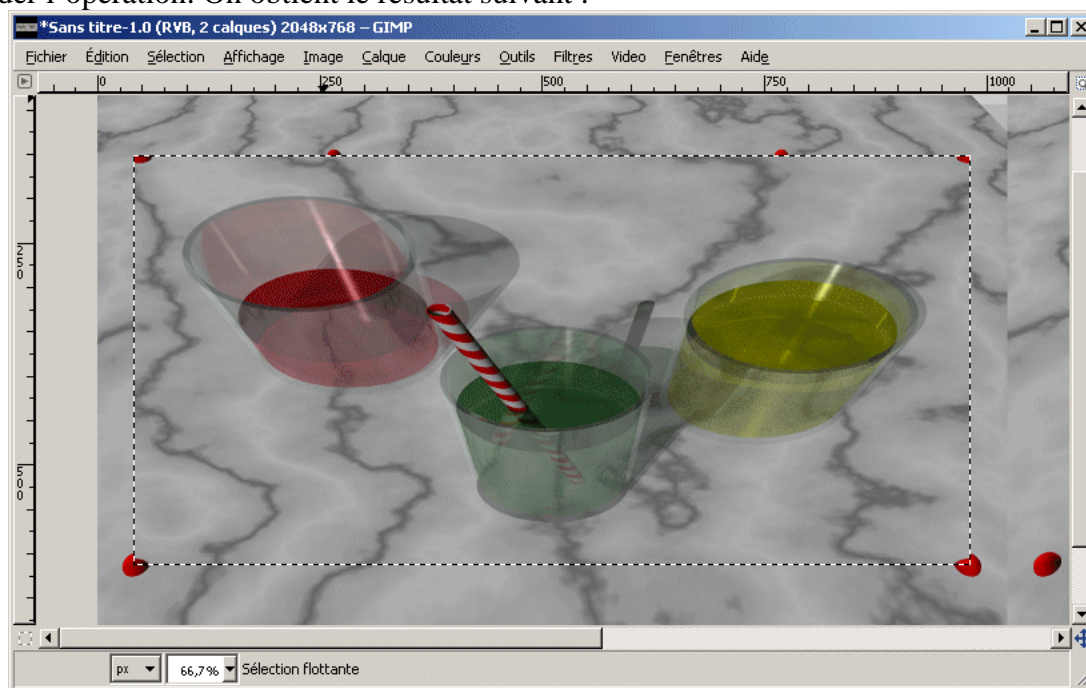
Sélectionner ensuite l'outil *Perspective* dans la *Boîte à outils* (ou appuyer sur les touches Maj+P). Dans les options de cet outil (en dessous de la boîte à outils), sélectionner les paramètres suivants :

- *Transformer* : cliquer la première icône marquée *Calque* ou *Image*.
- *Direction* : sélectionner *Correctif (en arrière)*.
- *Rognage* : sélectionner *Rogner*.

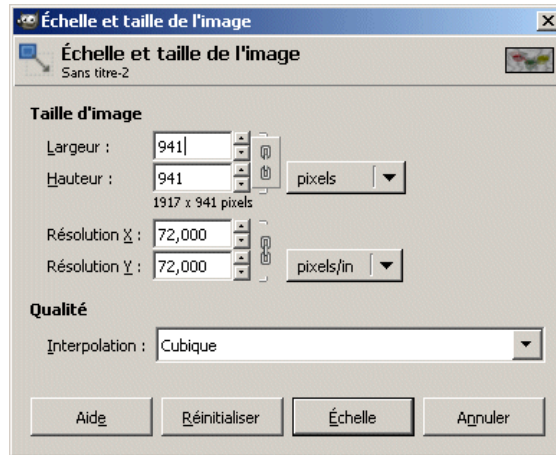
Laisser les autres paramètres inchangés. Retourner ensuite à l'image et déplacer les deux poignées supérieures pour les amener sur les billes rouges de l'arrière-plan :



Dans la petite fenêtre *Perspective* qui s'est ouverte, cliquer le bouton *Transformer* pour valider l'opération. On obtient le résultat suivant :



Copier la sélection flottante (*Copier* dans le menu *Édition* ou les touches Ctrl+C) puis la coller dans une nouvelle image (*Coller comme, Nouvelle image* dans le menu *Édition* ou les touches Maj+Ctrl+V). Il faut maintenant rétablir les proportions de l'image, nos billes rouges étaient disposées en carré, l'image doit donc être un carré : dans le menu *Image* sélectionner la commande *Échelle et taille de l'image*. Dans la nouvelle fenêtre qui s'ouvre, « briser » la petite chaîne juste à droite des valeurs de largeur et hauteur de l'image puis entrer la même valeur (en pixels) pour ces mêmes largeur et la hauteur :

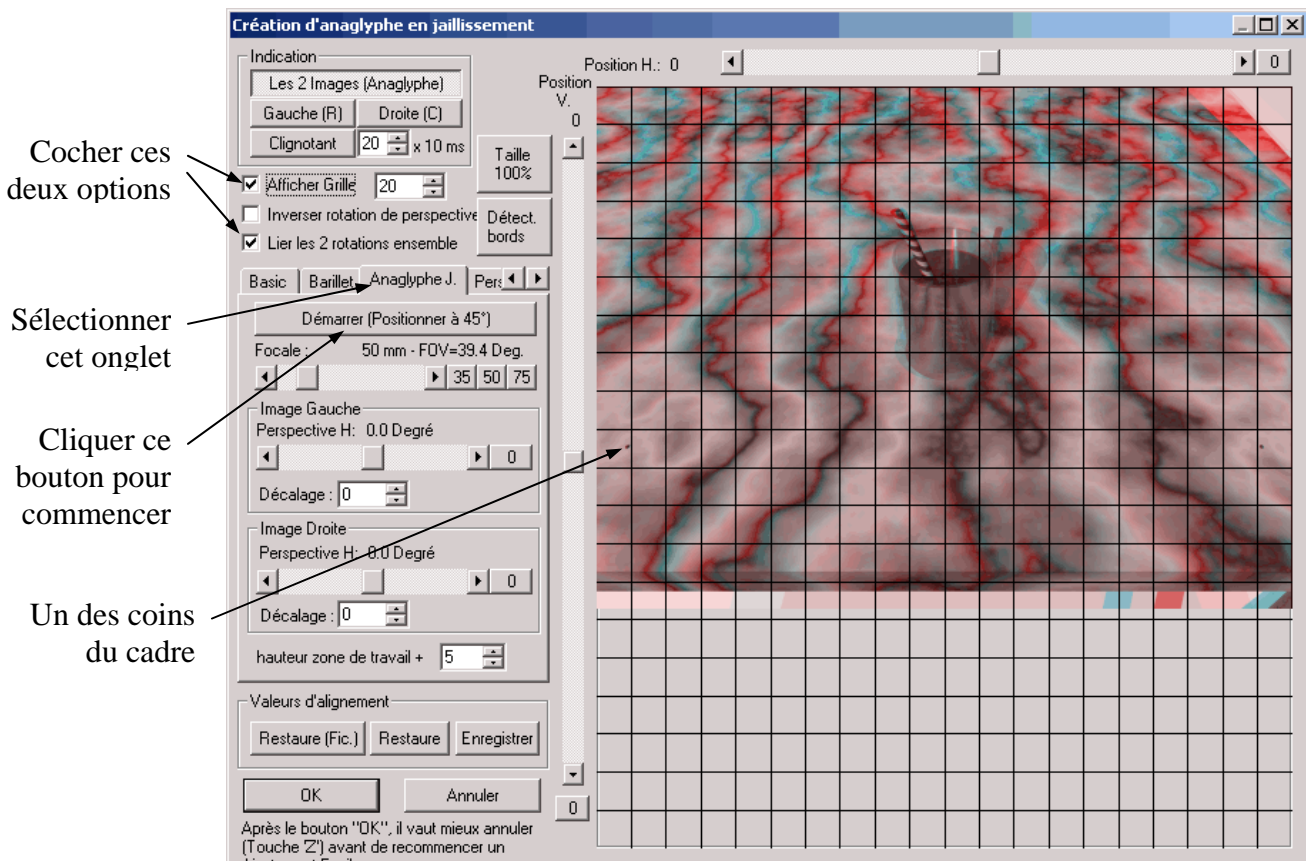


Cliquer le bouton *Échelle* pour valider. L'image doit maintenant avoir un aspect carré, enregistrer alors cette image. Répéter les mêmes opérations pour la deuxième vue du couple. Reprendre enfin les deux images redressées ainsi produites pour générer l'anaglyphe du fantôgramme.

Utilisation de StereoPhoto Maker

StereoPhoto Maker de Masuji Suto possède un module pour le traitement des fantôgrammes.

Ouvrir l'image comportant les deux vues du couple avec la commande *Ouvrir une image stéréo* du menu *Fichier*. Vérifier que l'image est bien affichée en mode parallèle, si ce n'est pas le cas, utiliser la commande *Échanger Gauche/Droite* du menu *Affichage* (ou presser la touche X) pour décroiser le couple. Ensuite utiliser la commande *Créer un Anaglyphe en jaillissement* du menu *Ajustement*, la fenêtre du module fantôgramme s'ouvre alors :



Les deux vues du couple sont affichées en mode anaglyphe N&B donc superposés.

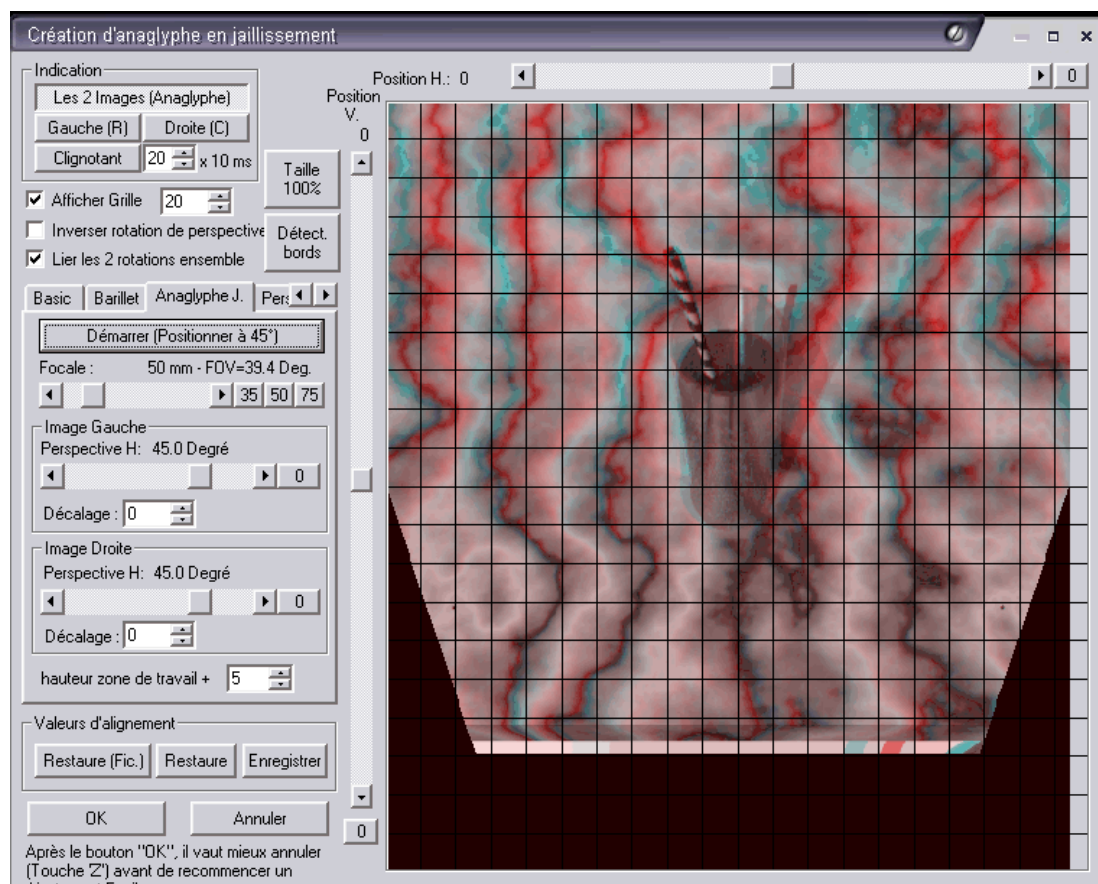
Le but est le suivant : superposer les coins du cadre entre les vues gauche et droite le plus précisément possible et faire que ce double cadre soit un carré. On voit aussi que les motifs du marbre de la table ne se superposent pas, quand les coins seront bien alignés et les angles bien redressés, les motifs se superposeront parfaitement (et seront donc exactement dans le plan de la fenêtre stéréoscopique ou de la feuille de papier sur laquelle le fantôgramme sera imprimé).

Pour nous aider, cochons l'option *Afficher Grille* pour afficher un quadrillage sur les images : il nous facilitera les alignements des points du cadre. Augmenter au besoin le pas de la grille pour plus de précision.

Cocher également l'option *Lier les 2 rotations ensemble* car, si les images ont été bien réalisées (!), les corrections de perspective à appliquer seront les mêmes sur l'image gauche et sur l'image droite.

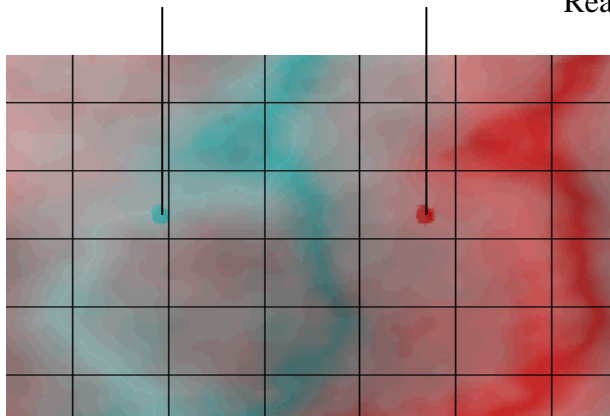
Sélectionner l'onglet *Anaglyphe J.* car c'est ici que les corrections seront effectuées pour la plupart des images à traiter.

Commencer le travail par cliquer le bouton *Démarrer (Positionner à 45°)* : l'image dans la zone de travail devient ceci :

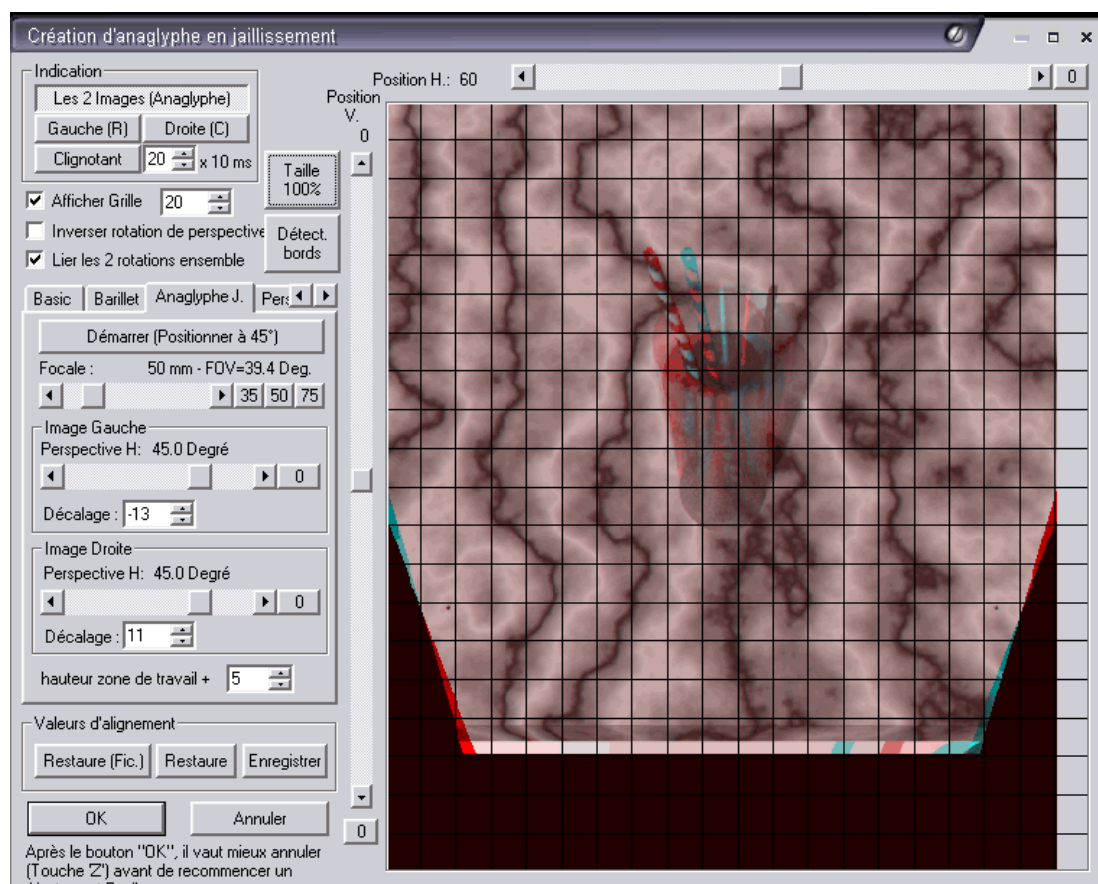


Au besoin aligner les deux coins inférieurs du cadre avec les curseurs *Position H* et *Position V*. Puis continuer à modifier la perspective (généralement l'augmenter) pour amener les coins supérieurs à la verticale de ceux du bas.

On constate que, si les points inférieurs sont superposés, les coins supérieurs ne le sont pas : les images rouge et cyan d'un point sont séparées (utilise le bouton *Taille 100%* pour travailler plus précisément).



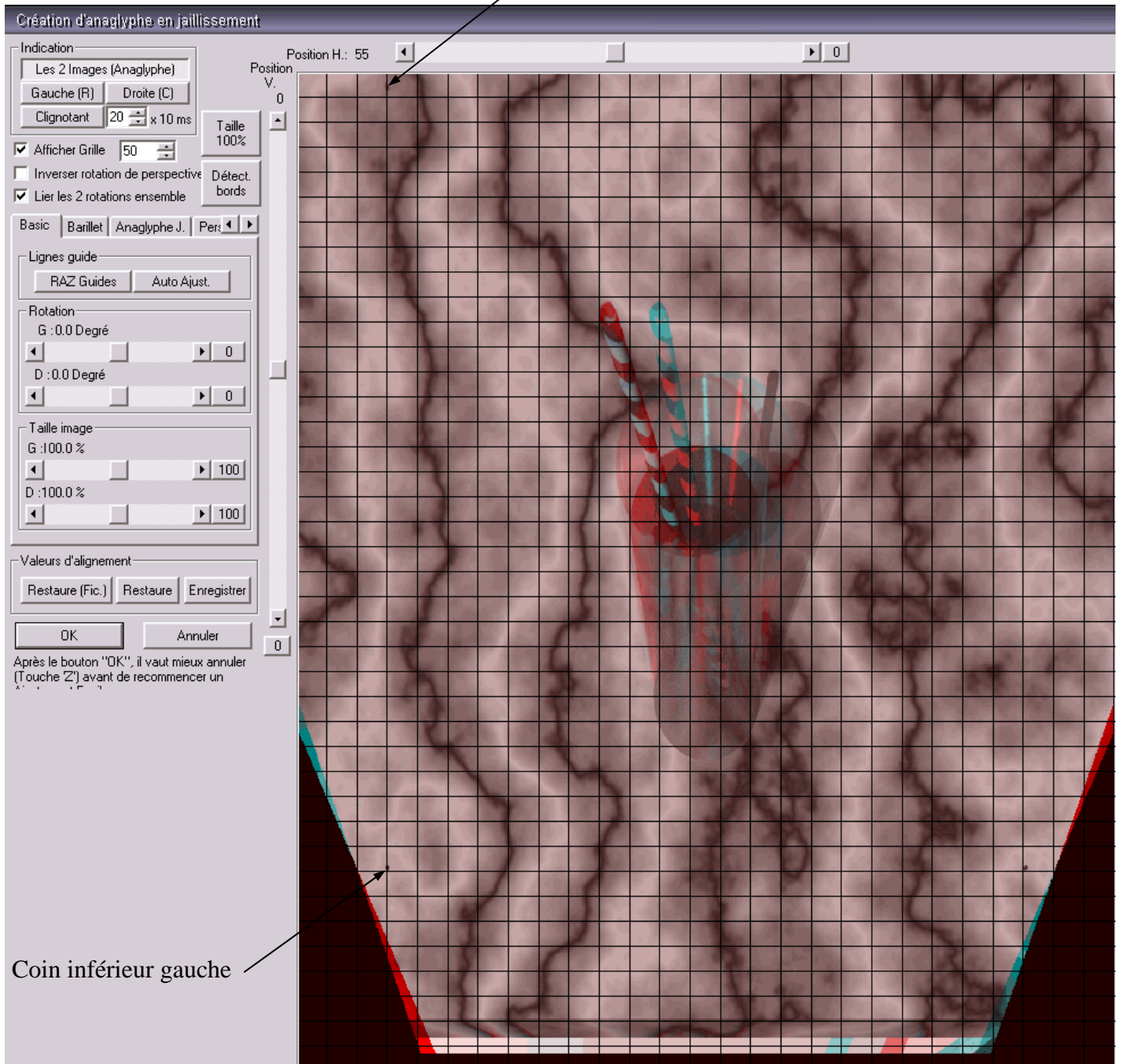
On a corrigé ici seulement la perspective due au fait que l'appareil photo, surélevé, pointait vers le bas. Il faut aussi corriger une différence de perspective horizontale : l'objectif de gauche regarde un peu plus à gauche que celui de droite et a donc une vision différente de son frère jumeau. Pour cela utiliser les deux champs *Décalage* pour amener les coins supérieurs en coïncidence : répartir le décalage global sur les deux images (en général négatif pour l'image gauche et positif pour l'image droite). Attention : vérifier de temps en temps l'alignement de coins du bas qui vont s'écarter un peu dans l'opération : utiliser le curseur *Position H* pour les superposer à nouveau avant de continuer à affiner le décalage. Note : si les coins du haut disparaissent hors de la zone de travail, augmenter la *hauteur* (de) *la zone de travail*. Voici le résultat :



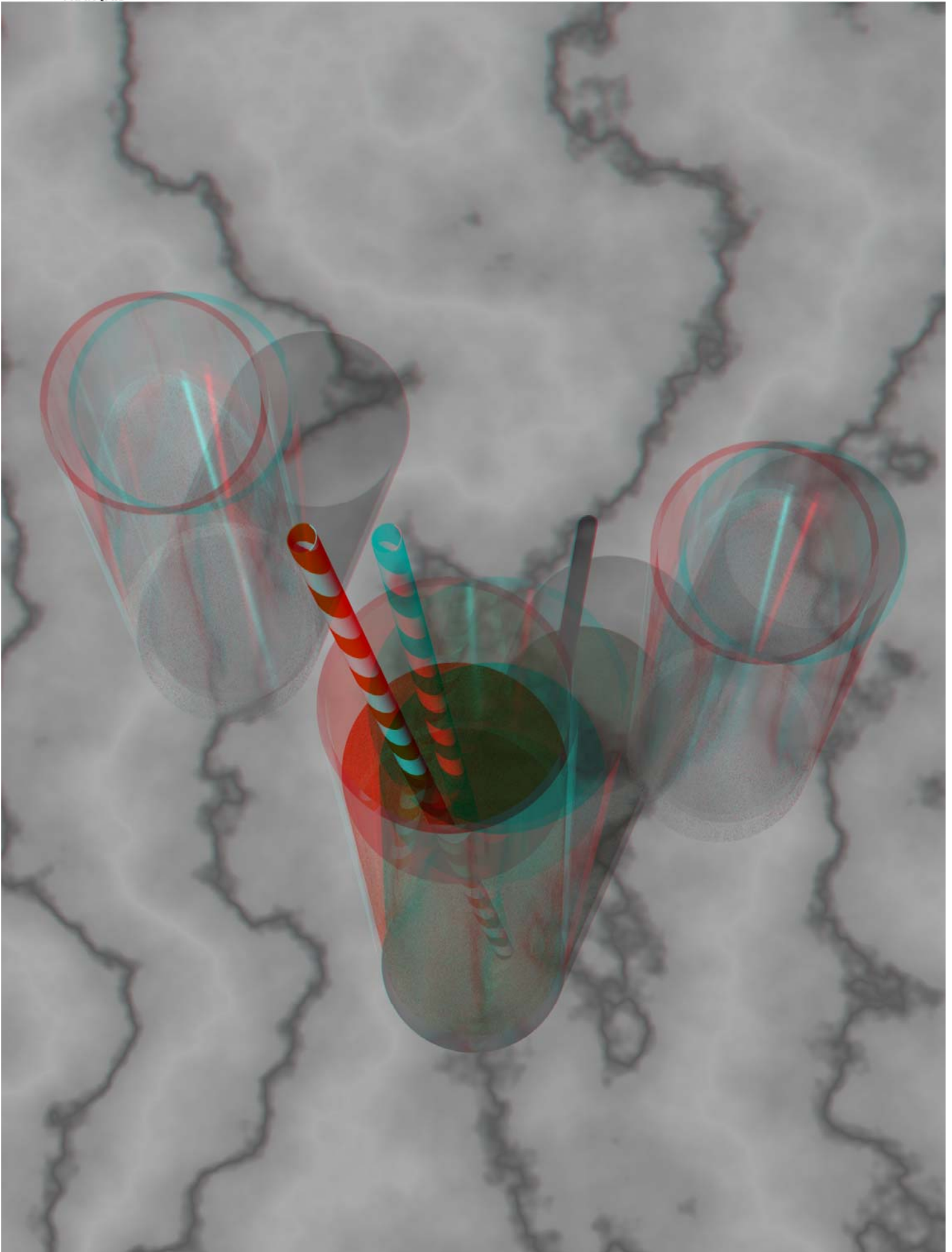
Pour terminer, utiliser la grille pour aligner verticalement les coins hauts et bas du cadre : modifier avec précision la correction de perspective. Pour des images photographiques (c'est à dire pas des images de synthèse) il sera sans doute nécessaire de corriger d'autres paramètres : on fera par exemple un *Ajustement automatique* et on jouera sur les *Rotations* de l'onglet *Basic*.

Voici le résultat final :

Coin supérieur gauche



Cliquer le bouton *OK* pour valider les corrections et retourner à la fenêtre principale de StereoPhotoMaker. Recadrer l'image pour éliminer les coins du cadre et enregistrer l'image stéréo (en mode côte à côte ou en anaglyphe).



Conclusion

Les fantôgrammes sont une nouvelle manière d'apprécier les images en relief. Leur côté spectaculaire séduit tout de suite les non initiés.

Ce court document n'est qu'une succincte introduction, le respect des dimensions et des proportions n'a, par exemple, pas été abordé. Mais il devrait y avoir suffisamment d'information pour vous inciter à vous lancer et à expérimenter, que ça soit en image de synthèse ou en prise de vue réelle.

Une dernière chose : il existe un certain nombre de brevets concernant les fantôgrammes dont la portée et l'antériorité ne sont pas faciles à démêler. Si vous produisez des fantôgrammes pour vous-même, vous ne risquez rien. Renseignez-vous cependant avant d'en faire un usage commercial.

Liens Internet utiles

- Le site de Steve Hugues sur les fantôgrammes avec un tutoriel vraiment très complet :
<http://www.shughes.org/phantograms>
La propriété (et l'antériorité) intellectuelle concernant les fantôgrammes fait débat, voir par exemple la description des brevets :
<http://www.shughes.org/phantograms/patents.htm>
- Comment créer des fantôgrammes par Shab Levy
<http://www.gravitram.com/Images%205/HOW%20TO%20CREATE%20PHANTOGRAMS%20for%20screen.pdf>
- À télécharger gratuitement sur le site de Barry Rothstein, un tutoriel en anglais de 11 pages en format PDF sur la prise de vue et le traitement des fantôgrammes :
www.3ddigitalphoto.com/phantograms.pdf
- Terry Wilson réalise de jolis fantôgrammes visibles sur son site Web :
http://terryfic3d.com/Phantograms_sku13.html
- Barry Rothstein s'est rendu célèbre avec son livre *Phantograms from Nature, Western USA* contenant de spectaculaires fantôgrammes
<http://www.3ddigitalphoto.com/>
- Une rétrospective sur les fantôgrammes dans StereoViews (Sept 2004)
<http://www.cascade3d.org/newsletters/CSC200409.pdf>
- Owen Western, l'« inventeur » des fantôgrammes fait désormais des « Phantaglyph » !
<http://www.3d-onthelevel.com/>