

Atelier d'initiation à la photographie stéréoscopique

Proposé par Alexandre Buchmann, des amis du musée Voulgre de Mussidan, et membre du Stéréo-Club Français, groupe régional de Nouvelle Aquitaine.

La vision stéréoscopique

Nous voyons en trois dimensions, parce que Dame Nature nous a équipés de deux yeux (comme bon nombre d'autres animaux par ailleurs) : l'œil gauche ne perçoit pas exactement la même image que l'œil droit, chaque œil enregistrant la perspective correspondant à sa position. De la synthèse de ces deux images légèrement différentes, le cerveau construit instantanément l'espace à trois dimensions : par un processus dont il a le secret, de chaque point de la scène, il opère une triangulation et nous renseigne très précisément de la distance nous séparant des objets de notre environnement proche. C'est la **vision binoculaire**.

Combinés à cette dernière, d'autres mécanismes interviennent secondairement dans la connaissance de notre environnement spatial (ou tridimensionnel), citons :

- **La mémoire visuelle**, qui nous renseigne sur les règles de la perspective et sur la taille des objets du quotidien : plus ils nous paraissent petits, plus ils sont éloignés ;
- **La convergence** : plus un objet est près, plus nos yeux vont « loucher » pour avoir les images gauche et droite centrées de cet objet et les faire fusionner ;
- **L'accommodation** : plus un objet est près, plus l'effort d'accommodation pour avoir une image rétinienne nette de cet objet est important. Les muscles ciliaires poussent sur le cristallin pour lui faire prendre une forme de plus en plus convexe.
- **Les occlusions** : Concrètement, un objet qui en masque un autre, totalement ou partiellement, se trouvera forcément devant l'autre. Par exemple, une personne se trouvant entre un mur et un observateur, va masquer sur son côté gauche une partie du mur, pour l'œil droit, et sur son côté droit une partie du mur pour l'œil gauche de l'observateur. À distance mur-observateur égale, plus les parties masquées seront importantes, plus la personne sera proche de l'observateur.

Cet atelier a pour but de vous faire faire vos premiers pas en photographie stéréoscopique.

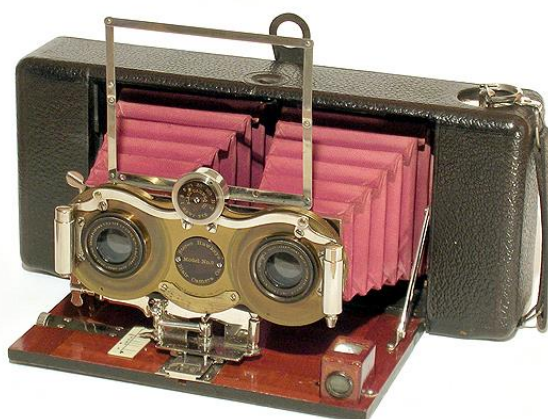
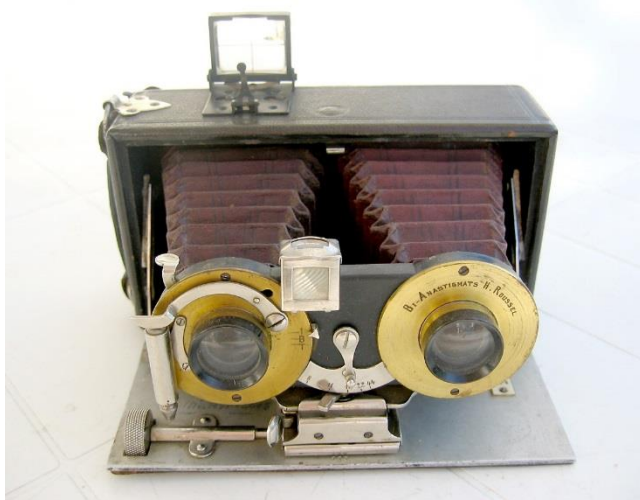
Dans un premier temps, nous allons voir comment réaliser des vues stéréoscopiques de manière très simple, puis nous verrons comment visionner, retoucher au besoin, et enfin admirer les œuvres que nous aurons réalisées.

Mais avant tout, bienvenue au musée, bonne visite à tous et bonnes prises de vues (3D).

La prise de vue stéréoscopique

Elle consiste à réaliser un couple de photos de points de vue légèrement différents, distants de l'écart inter-pupillaire moyen des yeux, 65 mm, qu'on appelle base stéréoscopique. Ces vues destinées l'une pour l'œil droit, l'autre pour l'œil gauche forment un couple stéréoscopique ou stéréogramme. En observant un stéréogramme, soit par projection, soit à l'aide d'un stéréoscope, on se trouve dans des conditions sensiblement identiques à celles de l'opérateur au moment de la prise de vue.

Pour mémoire, du temps de la photo argentique, passée de mode avec l'avènement de la photo numérique, la stéréoscopie a connu une période florissante, peu après l'invention de la photographie (fin XIX^{ème} siècle). En revanche, la stéréophonie a connu une diffusion publique bien plus tardive : début des années 1970, suivant en somme le décalage entre la photographie et l'enregistrement sonore.



Exemples d'appareils stéréoscopiques anciens

Pour réaliser un couple stéréoscopique, il y a différentes méthodes :

En deux poses, avec un seul appareil tenu à la main : prendre une vue gauche, puis en se décalant légèrement à droite, prendre une vue droite, en respectant le même cadrage (par exemple en visant un point précis de la scène, qui se retrouvera au centre des deux vues). C'est le moyen le plus simple, cependant il ne donne pas toujours de bons résultats, vu ses limites :

- Ne convient que pour des objets immobiles,
- Le cadrage ne peut être qu'approximatif, d'où des disparités verticales (points non homologues ou non situés sur une même ligne horizontale),
- La base est difficile à évaluer (on est tenté de la faire trop grande),
- Avec des appareils photo numériques munis d'un écran sur l'arrière, il faut éloigner l'appareil de l'œil pour obtenir la visée, cette distance œil-appareil peut varier entre la vue gauche et la vue droite.

Mais les tolérances physiologiques de la vision étant assez larges, celle-ci peut s'affranchir (dans une faible mesure) des contraintes géométriques tridimensionnelles et, avec un peu de soin lors de la prise de vue, les défauts passent pratiquement inaperçus. S'ils sont trop importants, la fusion des deux vues sera franchement inconfortable, voire quasiment impossible. Nous verrons plus loin quelques règles à observer et quelques erreurs à éviter.

Toujours en deux poses, l'appareil étant guidé en translation par une glissière (ou réglette) fixée sur un trépied. Cela donne de bons résultats, à condition que l'axe optique soit perpendiculaire au vecteur de déplacement, ce dernier parallèle aux bords horizontaux de la vue. On retrouve alors la même limitation que précédemment aux sujets immobiles. Une remarque s'impose sur la prise de vues en deux temps : si on utilise un flash, celui-ci se déplace généralement avec l'appareil, et les ombres portées seront différentes sur les deux vues. Il vaut donc mieux privilégier un dispositif d'éclairage indépendant de l'appareil de prise de vues.



Réglette

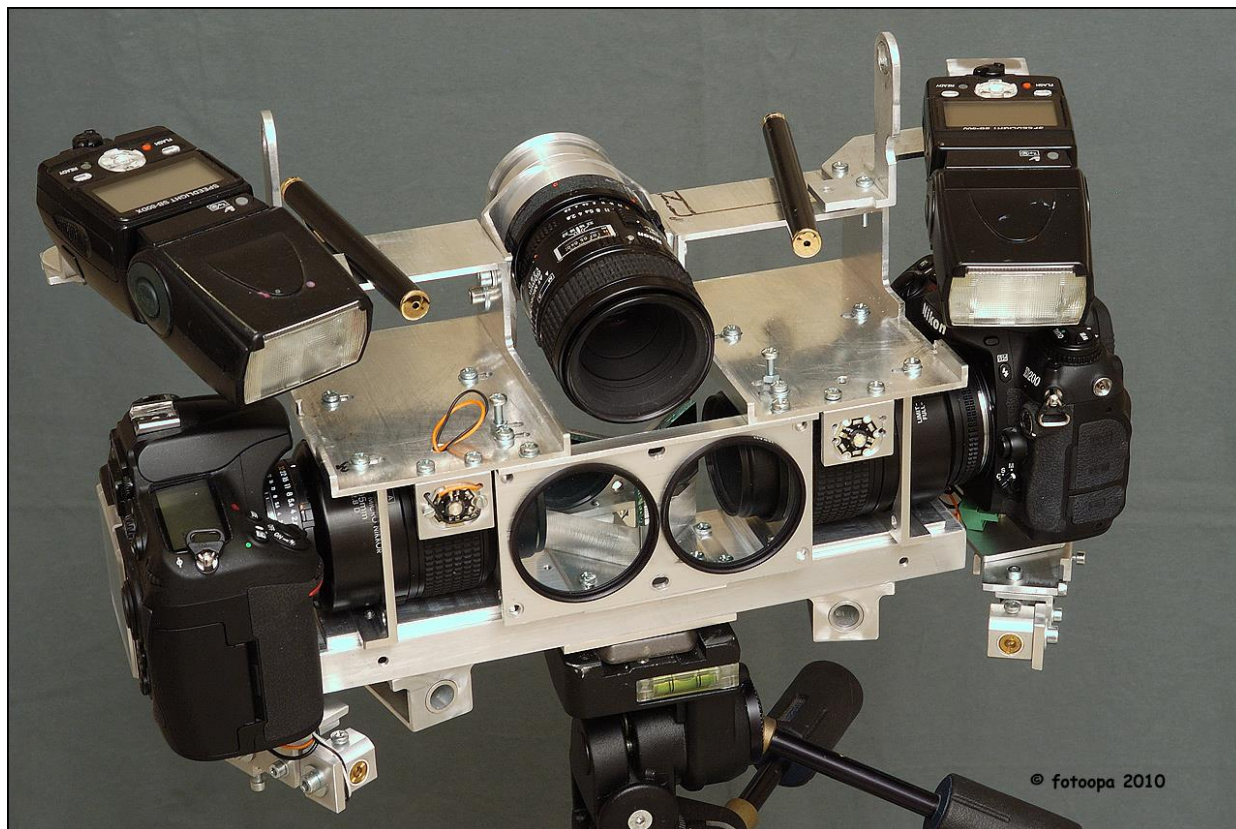
Disponible sur : <https://www.pearl.fr/>



Appareil monté sur réglette

Un Appareil muni de deux objectifs représente pratiquement la meilleure solution : le problème de la synchronisation est réglé une fois pour toutes par le constructeur, et les optiques étant parallèles, les points des images gauche et droite seront homologues (aux tolérances de fabrication près). Mais leurs objectifs ne sont pas interchangeables, la base est fixe, et le cadrage est définitivement figé en mode paysage. Les bricoleurs peuvent donc donner libre cours à leur imagination pour étendre le champ d'applications de leur appareil. L'offre est à l'heure actuelle quasi-inexistante sur le marché.

Couplage de deux appareils montés côte-à-côte sur un support rigide. Excellents résultats, cependant pour des objets en mouvement, il faut assurer une bonne synchronisation des déclenchements. En outre, la base ne peut pas être réduite à moins de 10 cm (largeur moyenne des appareils). On peut toutefois monter les appareils tête-bêche, vu que les objectifs ne se trouvent généralement pas au milieu du boîtier.



Exemple d'un montage très élaboré pour photographier des insectes en vol.

Règles à respecter pour de bonnes prises de vues

La règle du 1/30.

En photographie stéréoscopique, les règles de l'esthétique, de l'éclairage et de la composition sont communes à la photographie classique. Si elles ne sont pas respectées, la magie de la 3D ne fera qu'accentuer les défauts et montrer le manque d'intérêt de l'image. A ces règles s'ajoutent des contraintes techniques propres à la stéréo. En premier lieu le choix de la base.

La base idéale fait $\frac{1}{30}$ ^{ème} de la distance entre l'objectif et le premier plan du sujet. Cette valeur a été déterminée expérimentalement, et vise à limiter la variation de convergence entre les plans les plus proches et les plus lointains. Par exemple, pour des premiers plans à 1 m, la base sera de 33 mm. Pour des premiers plans à 0.3 m, la base sera de 10 mm.

Si l'on photographie en très gros plan un objet à 10 cm de l'objectif, la base sera de 3 mm. Malgré cette base très réduite, le relief sera aussi intense que celui obtenu pour un sujet à 2 m avec une base de 65 mm. C'est la proxi-stéréo, qui s'applique à la macrophotographie.

Cette règle peut également s'appliquer à des sujets lointains, en prenant toujours en compte la distance entre l'objectif et le premier plan. Par exemple pour un panorama à 20 m, la base préconisée sera de 0.65 m, soit 10 fois plus que l'écartement moyen des yeux. On obtient une vue où les plans lointains se détachent mieux les uns des autres, et on constate un curieux effet de maquette.

Cela est particulièrement remarquable avec les photos aériennes prises par un avion en vol, dont la base peut faire plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de mètres. Cet effet exagéré s'appelle l'hyper-stéréoscopie.

L'effet de fenêtre.

On dit qu'il y a effet de fenêtre lorsque, en observant un stéréogramme, on a l'impression que le sujet apparaît au-delà d'une sorte de fenêtre percée dans une paroi obscure.

Il s'obtient principalement au montage. À la prise de vue, en opérant soit avec une glissière, soit avec deux appareils couplés ayant leurs axes optiques parallèles, le cadrage des vues gauche et droite est identique pour les plans à l'infini : il n'y a pas d'effet de fenêtre, car les infinis apparaissent au niveau de celle-ci. Pour obtenir un effet de fenêtre, il faut que les vues aient un cadrage identique des objets situés au premier plan, ce qui se fait en amputant la vue gauche d'une bande verticale à gauche et celle de droite d'une bande verticale à droite. Puis les vues sont recentrées pour l'observation.

On peut également obtenir cet effet de fenêtre à la prise de vue. Pour obtenir un cadrage des premiers plans identiques sur les deux vues, on va faire converger symétriquement les axes optiques des appareils sur le sujet, situé en principe au premier plan. Le point d'intersection des axes détermine le plan de la fenêtre. On conserve l'intégralité du format des vues, le recadrage étant inutile. Vu que nous aurons des petits dénivellements des points homologues non compensables au montage, pour que les résultats restent acceptables, cette convergence doit rester faible, 2° maximum. Autre désavantage qui ne plaide pas pour la convergence : si les arrière-plans sont trop éloignés du sujet, la parallaxe sera trop importante sur ces arrière-plans, d'où une gêne visuelle.

Le jaillissement.

Nous avons vu que les objets du premier plan seront placés idéalement au niveau de la fenêtre, les infinis étant derrière (ou à l'extérieur). On peut cependant faire entrer par la fenêtre certaines parties du sujet, c'est l'effet de jaillissement. Si on suit cette règle d'or que les objets situés à l'intérieur de la fenêtre ne doivent surtout pas être coupés par l'un des bords gauche ou droit de celle-ci, l'effet est saisissant et ne provoque pas d'inconfort visuel. Dans le cas contraire (objet coupé par un bord de la fenêtre) on parle de « violation de fenêtre ».

Pour des couples destinés à la projection, les stéréoscopistes ont coutume de monter leurs vues de manière à ce que les points homologues des plans les plus lointains ne soient pas plus distants sur l'écran que l'écartement moyen des yeux (par application d'une règle de trois). Cette règle peut être exceptionnellement transgressée. La vision gauche et droite peut être légèrement divergente, les limites dépendent :

- De la personne : deux personnes différentes n'auront pas la même capacité à faire fusionner des images divergentes,

- De la place qu'elles occupent dans la salle de projection : une personne placée au fond aura plus de facilité qu'une personne au premier rang.

C'est donc la distance entre les spectateurs du premier rang et l'écran qui doit être prise en compte pour définir les limites à ne pas dépasser.

Mais selon moi, le photographe devrait principalement se concentrer sur l'objet qu'il veut montrer, et monter ses vues de manière à offrir au spectateur une vision stéréoscopique confortable de cet objet, sans s'occuper du fond ou des lointains, qui pourraient le cas échéant apparaître flous. Cela est principalement valable pour la macrophotographie. Mais cela peut se discuter.

En résumé :

Nous avons vu les différentes manières d'obtenir des couples stéréoscopiques ainsi que différentes règles à observer pour avoir des vues offrant un confort visuel acceptable. Si les photographies prises en deux temps avec un seul appareil tenu à la main peuvent nous servir à découvrir la stéréoscopie, le minimum serait de disposer d'une glissière et d'un trépied afin que les différents points de la vue soient homologues. Les axes optiques des objectifs sont en principe parallèles, cependant on peut exceptionnellement les faire converger vers l'objet à photographier, dans certaines limites. Enfin, la base est choisie en fonction de la distance de l'objectif et du premier plan de l'image.

Observation des couples stéréoscopiques

Pour visionner des couples stéréoscopiques, il existe différents moyens, le but visé étant que chaque œil ne voie que la vue qui lui est destinée. Voici les moyens les plus courants.

Le stéréoscope

Il en existe un nombre impressionnant de modèles, de différentes tailles, prix, et de toutes les époques (y compris contemporaine) depuis l'invention de la photographie.

Les plus rudimentaires sont constitués de deux dispositifs optiques parallèles (oculaires), un pour chaque œil. Ces modèles permettent l'examen de couple dont la largeur de chaque image n'excède pas l'écartement moyen des yeux (65 mm), comme des diapositives 24x36 ou des cartes stéréoscopiques des temps anciens.

Des modèles plus élaborés munis de prismes ou de lentilles prismatiques permettent de visualiser des couples dont les vues sont plus larges. Enfin, les stéréoscopes à miroirs sont adaptés pour des vues dont la largeur va jusqu'à 25 cm voire au-delà.



Stéréoscope ancien (type Holmes) : l'ancêtre de nos casques à réalité virtuelle



Stéréoscope à miroirs

Les anaglyphes

Les vues gauches et droites sont imprimées en couleur complémentaire et superposées, l'une en rouge (pour l'œil droit), l'autre en cyan (pour l'œil gauche). L'observateur, muni de lunettes anaglyptiques (verre rouge à gauche et verre cyan à droite) verra en 3D, car l'image d'une couleur est invisible lorsqu'elle est vue à travers le verre de la même couleur. Ce principe est surtout valable pour des vues monochromes, car la vision des couleurs est dénaturée, en outre, pour des objets d'une des deux couleurs précitées, comme la robe rouge du Père Noël, celle-ci apparaîtra claire sur une vue et foncée sur l'autre (effet de clignotement).



Lunettes anaglyptiques

Barrières de parallaxe et réseaux lenticulaires

Les images gauche et droite sont découpées en fines bandes verticales entrelacées, la barrière de parallaxe ou le réseau lenticulaire situé au-dessus de l'image fait que chaque œil ne voit que les bandes qui lui sont destinées. Du fait du décalage des deux yeux, aucune lunette n'est nécessaire.

La projection 3D

Celle-ci se fait au moyen de deux projecteurs sur un écran métallisé, à travers des filtres polarisants (linéaires ou circulaires). L'observation se fait au moyen de lunettes polarisantes passives de même type. Les vidéoprojecteurs récents permettent de projeter les deux vues alternativement, dans ce cas, il faut disposer de lunettes actives, synchronisées avec le vidéoprojecteur. Un écran normal ou une surface blanche convient parfaitement dans ce cas.

Le téléviseur 3D

Les modèles ne sont semble-t-il plus commercialisés. Pour les modèles 3D passive, les photographies ou les films 3D sont vus à l'aide de lunettes polarisantes passives circulaires, il existe également des téléviseurs 3D active.

Les casques de réalité virtuelle

Ils permettent de visionner des images ou des vidéos à l'aide d'un smartphone.

La vision libre

Les deux vues gauche et droite sont placées côte à côte, elles sont observées sans aucun dispositif optique, soit en vision parallèle (couples de petite dimension) ou en vision croisée (vues plus grandes). Vu que la convergence et l'accommodation sont dissociées, elles requièrent une certaine habitude (facilement acquise en ce qui concerne la vision croisée).

Présentation de la visionneuse

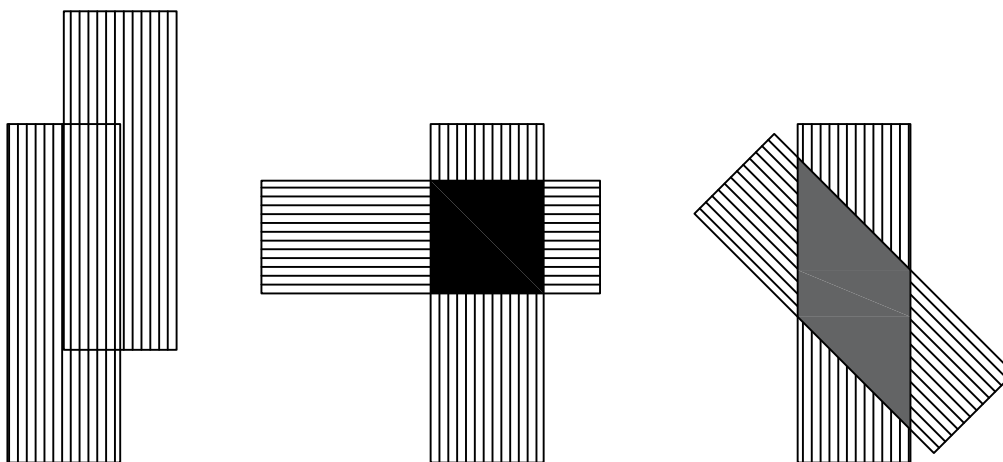
Description et principe

La visionneuse présentée ci-dessous, de construction artisanale, est constituée de deux écrans de PC positionnés orthogonalement, d'un miroir semi-réfléchissant (ou semi-transparent) au plan bissecteur des deux écrans, le tout s'intégrant à un ancien bureau vitré à l'aide des supports d'écrans, ainsi que d'un PC et sa carte graphique avec deux sorties vidéo, sans oublier les différents accessoires (clavier, souris, câbles et cordons d'alimentation).

Pour que la visionneuse puisse permettre la restitution du relief, nous utilisons les propriétés de la lumière polarisée, dans notre cas précis la polarisation linéaire. Les filtres polarisants sont principalement utilisés en photographie pour éliminer les reflets gênants sur des surfaces brillantes.

Un filtre polarisant est caractérisé par un axe de polarisation, ou direction passante. Sur certains filtres utilisés en photographie, cet axe est repéré par une flèche. Si on est debout et qu'on regarde à travers le filtre une surface brillante horizontale comme le sol ou un plan d'eau, les reflets sont éliminés lorsque la flèche pointe vers le haut ou vers le bas, alors qu'ils sont maximaux lorsque la flèche pointe vers la gauche ou vers la droite.

Autre propriété qui va nous intéresser : si l'on superpose deux filtres polarisants, lorsque leurs directions passantes sont parallèles, la lumière passe, lorsqu'ils se croisent à 90° , la lumière ne passe pas.



De gauche à droite :

Axes parallèles : la lumière passe.

Axes croisés à 90° : il y a extinction complète.

Dans une position intermédiaire, la lumière passe partiellement.

De quoi est constitué un écran plat ?

Sans entrer dans des détails techniques, retenons qu'un écran plat est constitué de deux plaques de verre sur lesquelles est imprimé un circuit électrique transparent. Entre les plaques, un électrolyte (cristaux liquides) réagit aux sollicitations électriques en faisant pivoter le plan de polarisation jusqu'à 90° , suivant l'intensité électrique. De part et d'autre de ces plaques de verre, deux filtres polarisants linéaires dont les axes sont croisés, ces axes formant un angle de $+45^\circ$ et de -45° avec un bord de l'écran. Chaque pixel sera donc plus ou moins foncé, et pour les écrans couleur, on interpose encore un masque avec les couleurs primaires pour chaque pixel. Un système de rétro-éclairage est donc indispensable.

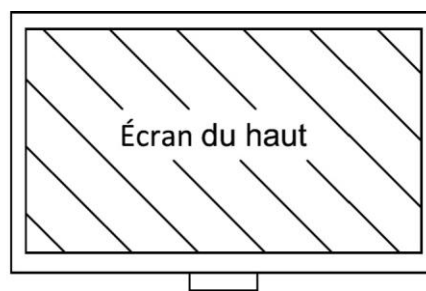
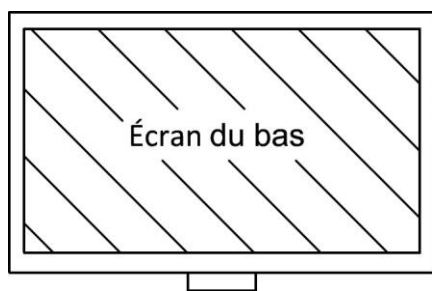
Fonctionnement de la visionneuse

Chaque œil ne doit voir que l'image sur l'écran qui lui est destiné. En l'occurrence, l'écran du bas est destiné à l'œil gauche, celui du haut à l'œil droit.

Le filtre de la face avant des écrans a son axe de polarisation orienté à -45° par rapport à la verticale (sens horaire, donc à 10h30).



La visionneuse, avec ses deux écrans

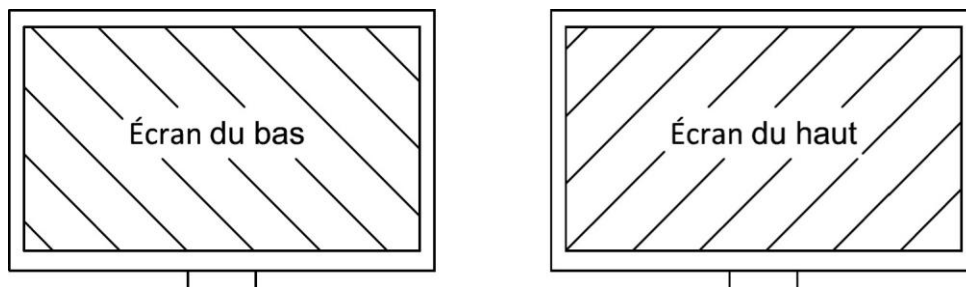


Les deux écrans sont identiques. La direction des hachures indique celle de l'axe principal de polarisation

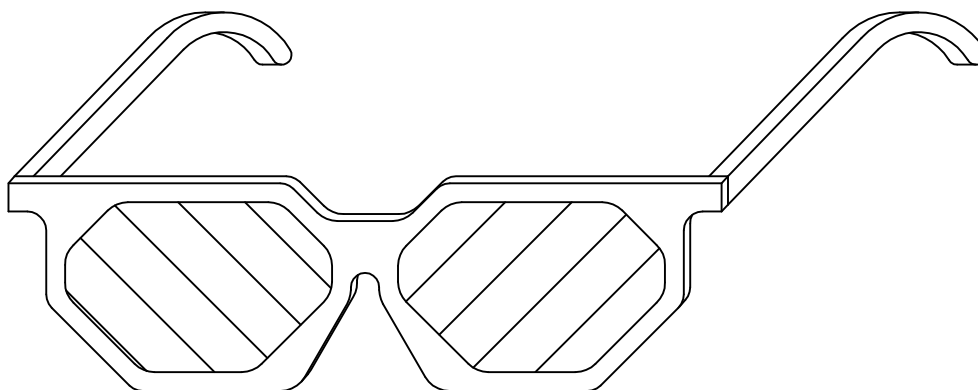


L'image de l'écran du haut est réfléchi par le miroir, donc inversée gauche-droite. L'axe de polarisation est également inversé.

Le logiciel de visionnage, Stéréo-Photo-Maker (SPM) rétablit le sens normal de l'image, mais pas la direction de polarisation



Le sens des images est normal pour les deux écrans, elles se superposent, celui du bas est vu à travers le miroir, celui du haut est vu en réflexion. Les axes de polarisation sont croisés.



Les filtres polarisants des lunettes suivent la même orientation. L'œil gauche voit l'écran du bas, l'œil droit voit celui du haut.

En guise de conclusion

La vision stéréoscopique est un sens précieux qui nous permet la perception de notre environnement. Préservons ce trésor inestimable, et qu'il puisse longtemps nous faire admirer les beautés du monde. Le progrès technologique a rendu la photographie stéréoscopique accessible à tous, car le matériel nécessaire au départ est à la portée de pratiquement toutes les bourses. Mais si vous voulez faire apprécier la stéréoscopie à vos amis, retenez bien que tout défaut, particulièrement en projection, est synonyme d'inconfort visuel, et le but ne sera pas atteint : ils risquent de fuir par la suite les projections 3D. La prise de vue, le montage et la projection réclament donc les soins les plus attentifs.

*
* *

Les araignées ont quatre paires d'yeux. Comment voient-elles ?



Connaissez-vous un animal qui peut faire varier la base stéréoscopique de ses deux yeux ?



Allez, sortez de votre coquille, et maintenant que la 3D n'a plus de secret pour vous, place à la pratique !

Si par la suite, vous voulez perfectionner votre technique, vous trouverez tous les conseils utiles sur le site du stéréo club français, à l'adresse suivante : <https://www.image-en-relief.org/stereo/>.

Vous pouvez télécharger Stéréo photo Maker (SPM) à l'adresse suivante : <http://www.stereo.jpn.org/fra/stphmkr/index.html>.

Vous pouvez également visiter le site du musée à cette adresse : <https://museevoulgre.fr/wp3/>.

Et surtout, n'hésitez pas à faire partager vos expériences.

Illustrations : ressources internet diverses, hormis page 3 : Pearl Diffusion ; page 7, lunettes anaglyptiques : auteur, page 10 : auteur.