

La stéréoscopie à grande base

La stéréoscopie à grande base ou hyperstéréoscopie n'est pas, comme on le pense généralement, une simple curiosité stéréoscopique. C'est au contraire une des principales applications de la vision binoculaire et elle est couramment employée en astronomie et surtout en topographie.

Ainsi que le dit M. COLLARDEAU dans l'introduction à son traité général de stéréoscopie « l'utilisation des grandes bases a donné naissance à l'hyperstéréoscopie qui est en tous points comparable à la propriété du grossissement dans les appareils d'optique, tels que les microscopes et les lunettes. *C'est un véritable procédé de grossissement de notre faculté de perception du relief* ».

M. CORDONNIER a écrit pour les Compléments à l'étude de la photographie parus dans *Photo-Revue*, un article où se trouve magistralement exposé le principe de l'hyperstéréoscopie et son application à la confection des cartes. Nous reproduisons ci-dessous cette étude, avec l'autorisation qu'ont bien voulu nous donner les éditeurs de *Photo-Revue* et nous n'aurions pu trouver meilleure préface à la suite d'articles que nous nous proposons de publier sur ce sujet.

Beaucoup d'amateurs, enthousiastes de stéréoscopie ont été surpris plus d'une fois des résultats décevants que leur donnaient des vues de panoramas ou de lointains pour lesquels ils n'avaient pu dénicher de premiers plans convenables.

C'est qu'en effet la sensation de relief s'éteint rapidement avec la distance, les lointains se transformant facilement en décors de théâtre. La présence de plans rapprochés ne corrige même pas cette illusion mais, par effet de contraste, elle rend mieux la distance globale des lointains, nous donnant au moins la sensation de leur éloignement à défaut de relief.

On a depuis longtemps remédié à cet état de choses en proposant la stéréoscopie à grande base, dite hyperstéréoscopie. En stéréoscopie ordinaire l'écartement des deux objectifs est voisin de l'écartement moyen des yeux, soit six à sept centimètres. En hyperstéréoscopie on adopte au contraire pour la distance des objectifs de prise de vue, la base de l'opération, des longueurs beaucoup plus grandes. Il ne peut plus être question dans ce cas, de réunir les deux chambres de prise de vue en un seul appareil, genre 6 ? 13 par exemple ; on pourrait utiliser deux appareils identiques, montés sur pied et déclenchés simultanément à distance, mais une telle complication sera le plus souvent inutile et il suffira de prendre successivement les deux photographies aux extrémités de la base choisie. Remarquons d'ailleurs que la première disposition est parfois la seule applicable ; le cas se présente en particulier en météorologie lorsque l'on cherche à obtenir des hyperstéréoscopies des nuages dont les déplacements sont parfois très rapides ; la reproduction des éclairs par temps d'orage peut demander la même disposition.

Mais des cas de ce genre, à lointains en mouvement, sont assez exceptionnels et, comme nous venons de le dire, on pourra presque toujours se transporter successivement avec le même appareil aux deux points de vue choisis. On rencontre parfois à propos d'hyperstéréoscopie des jugements sévères reposant presque toujours sur des conceptions imparfaites ou même inexactes du mode de reconstitution des objets examinés au stéréoscope. La stéréoscopie à grande base « exagère le relief et déforme les objets », dit une opinion assez répandue. Sans aborder de considérations trop théoriques, nous allons tâcher de montrer qu'il n'en est rien et que si l'emploi de grandes bases permet d'augmenter à volonté la sensation de relief, la reconstitution des objets se fait par contre avec une similitude parfaitement fidèle.

Les causes de perception du relief sont assez complexes et bien des points importants sont encore à éclaircir ; pour l'instant retenons seulement que la vision binoculaire joue un rôle essentiel, nos deux yeux recueillant l'aspect des objets sous deux perspectives différentes. Si d'ailleurs on restitue à chaque oeil, par des moyens photographiques, la perspective qui lui convient, et si des lentilles appropriées permettent l'accommodation sans

fatigue sur ces images perspectives, la vision binoculaire est rétablie avec ses caractères essentiels et les objets sont perçus à leurs distances réelles avec les mêmes détails et les mêmes dimensions.

Jusqu'ici nos deux perspectives ont été prises à des points de vue d'une équidistance égale à celle de nos yeux ; la base de stéréoscopie était normale. Pour nous aider à bien saisir les conséquences du choix d'une grande base, imaginons la fiction suivante :

Un stéréoscopiste amateur au cours d'un voyage malheureux, en avion si vous le voulez bien, se voit forcé d'atterrir en un pays inconnu (dans l'ancien temps un naufrage était plus à la page pour ce genre de fictions). À sa grande frayeur, notre amateur s'aperçoit que le pays est habité par les géants célèbres depuis les voyages de Gulliver. Végétation, monuments et habitants sont de tailles colossales, de près de trente fois les nôtres ; ces derniers ne sont pas des Cyclopes et ont bel et bien deux yeux, mais deux yeux distants de 1 mètre 80. Ces géants sont des virtuoses de la photographie, et grâce à elle notre amateur est bien reçu ! Il fait une collection de stéréoscopies qui l'effraie par le gigantesque des reproductions. Intrigué par les monstrueux « 6 ? 13 » des naturels du pays, il prend lui aussi des couples de perspective d'une équidistance de 1 m. 80 et les examine à son stéréoscope. Pour avoir ainsi emprunté un instant la vue à grande base des géants, la nature faite à leur taille lui paraît sur ses nouveaux clichés, redevenue normale, à sa taille à lui. Miraculeusement sauvé, comme toujours, notre amateur rentre chez lui et continue à prendre des stéréoscopies à grande base. Une nouvelle surprise l'attend : pour avoir conservé la vue à grande base des géants, les clichés de son pays lui restituent maintenant une nature trente fois trop petite pour lui et son stéréoscope lui donne l'illusion d'habiter maintenant parmi les nains de Lilliput !

Pour mieux saisir la raison de cette transformation, imaginons que notre amateur trace sur le sol les projections des axes optiques de ses deux objectifs, soit donc deux traits distants de 1 mètre 80. A l'examen au stéréoscope, chaque trait paraîtra naturellement en face de chaque oculaire et ceux-ci étant distants d'environ 6 centimètres, le paysage tout entier paraîtra réduit dans le même rapport, soit trente fois plus petit, nos deux traits servant pour ainsi dire de mesure au paysage.

Ainsi, grandir la base, c'est grandir la longueur unité qui va mesurer notre sujet ; plus elle sera grande, plus la mesure du même sujet sera faible ; et cette même mesure va servir à la restitution, mais cette fois l'unité de longueur est invariable, la base de restitution est fixée : c'est l'écart de nos yeux. Si donc la base est grande, la mesure est faible et la restitution du sujet se fait à échelle réduite. Mais cette restitution il faut insister, s'effectue sans la moindre déformation ; les objets sont reconstitués en miniature en gardant les mêmes détails et la même forme.

Si par exemple, la base choisie est de six mètres cinquante, cent fois l'écart des yeux, la restitution s'effectue à l'échelle $1/100^e$: tout ce qui était en mètres est maintenant reproduit en centimètres : une colline située à 500 mètres est maintenant reproduite en miniature à cinq mètres de distance, les personnages sont maintenant de petits Lilliputiens n'atteignant pas deux centimètres de taille !

De quels moyens ne dispose donc pas le stéréoscopiste à grande base, moyens qu'il ignore le plus souvent, ou dont il ne sait pas tirer parti. L'hyperstéréoscopie est donc un procédé photographique pour faire des miniatures ; miniatures de dimensions arbitraires dont l'échelle est à la disposition de l'amateur. Voici par exemple, une cathédrale dont les pierres sont divinement sculptées, les détails sont peu visibles d'en bas ; qu'à cela ne tienne, on exécute deux clichés successifs distants de trois mètres et voilà un souvenir enregistré en miniature à l'échelle de $1/50$; le stéréoscope nous restituera devant les yeux une cathédrale en modèle réduit, dont les sculptures seront maintenant de fines dentelles, toutes proches et dont tous les détails sont bien visibles.

Voici encore du haut d'une tour ou du sommet élevé d'une montagne un panorama splendide ; mais quelle déception n'aurait-on pas avec la base normale ! Faisons plutôt une miniature, rapprochons de nous nos lointains autant que nous le voulons. La sensation de relief diminuant vite avec la distance des objets restitués et s'éteignant pratiquement au delà de trois cents mètres, ramenons la région d'intérêt en avant de cette distance. Une base de 1 mètre 30 par exemple ramène les objets dont la distance est au plus de six kilomètres dans la zone antérieure à

trois cents mètres¹, où le relief est encore perceptible. On sauvedonc ainsi un panorama de la platitude, inévitable en stéréoscopie ordinaire.

Mais n'oublions pas que l'ensemble reste semblable à lui-même sans subir d'autre déformation qu'un changement d'échelle ; toutes les parties du paysage vont donc se rapprocher dans le même rapport et une base de 1 mètre 30 fera passer des premiers plans de vingt mètres à seulement un mètre de distance : des premiers plans à cinq mètres passeraient à vingt-cinq centimètres et ne pourraient plus être visibles sans fatigue en même temps que les lointains. On modèrera donc la grandeur de la base lorsqu'il sera impossible d'éviter des premiers plans trop rapprochés.

L'expérience donnera vite la notion du rapport à ne pas dépasser entre la base et la distance des premiers plans ; de nombreuses formules ont été publiées à ce sujet, tenant compte également de la profondeur du sujet choisi. Ces formules sont trop rigoureuses ; il ne peut d'ailleurs pas exister de limite précise.

Insistons encore : le choix d'une base de prise de vue dans un rapport donné avec l'écartement des yeux, permet la reconstitution d'un modèle dont toutes les dimensions sont modifiées dans le rapport inverse ; une grande base permettant l'illusion d'un petit modèle parfaitement semblable à l'original, mais dont toutes les parties, étant plus rapprochées de l'observateur, sont visibles avec une sensation de relief plus prononcée.

Jusqu'ici nos conclusions ont été basées sur l'unique fait que dans le choix d'une grande base, les perspectives fournies aux deux yeux sont identiques à celles que donnerait une miniature du sujet convenablement rapprochée de l'observateur. Nous n'insisterons pas sur les conditions correctes d'examen du couple hyperstéréoscopique, nous réservant d'y revenir une autre fois à propos des tolérances que nous permet notre vision.

Supposons donc un observateur non prévenu, examinant une vue stéréoscopique à grande base. Si les objets qui lui sont présentés ne lui sont pas familiers et s'il en ignore les dimensions, il ne fera aucune difficulté pour percevoir une miniature correcte des objets réels. Si au contraire le stéréoscope lui présente des objets bien connus, des animaux ou des personnages dont la taille lui est bien présente à la mémoire, il y aura contradiction entre les sensations actuelles et les connaissances antérieures et le cerveau souverain juge en la matière remettra tout d'accord en interprétant d'une façon plus ou moins fantaisiste.

L'examen au stéréoscope se fera d'une façon identique à la vision ordinaire, les yeux explorant successivement toutes les parties du sujet et le cerveau essayant sans cesse de concilier tout ce qu'on lui transmet en en faisant une synthèse. Mais cette synthèse pourra bien être anormale si toute une série de détails sont rectifiés par une habitude inconsciente en les traduisant sous leur aspect usuel. On s'explique ainsi que beaucoup d'observateurs soient gênés par l'examen de certaines vues stéréoscopiques à grande base et ne puissent pas traduire ce qu'ils voient ni même expliquer ce qui les trouble. Il arrivera parfois à une personne non prévenue de sentir la disproportion existant entre elle-même et les objets examinés, et que la certitude de reconnaître ces objets lui fasse croire à l'effet d'une quelconque baguette magique la transformant momentanément en géant ! Le plus souvent cette illusion disparaîtra à un second examen après un petit coup d'œil discret sur les objets réels, cette fois c'est sur la vue mystérieuse du stéréoscope qu'agira la baguette magique et l'interprétation sera correcte à coup sûr si l'on prévient la personne de la transformation réelle en miniature...

Si le choix d'une grande base permet des restitutions à petite échelle, on peut aussi prévoir qu'une base plus petite que l'écart des yeux permettra d'obtenir des représentations à grande échelle. C'est l'illusion qu'auraient nos géants de tout à l'heure s'ils s'amusaient à prendre une base de six centimètres comme le faisait d'abord notre naufragé amateur ; comme lui nos géants auraient alors l'impression de gigantesques devant de telles vues stéréoscopiques, à moins qu'ils ne se croient eux-mêmes réduits subitement à l'échelle de leur visiteur involontaire...

Choisir une petite base sera le plus souvent sans aucun avantage : la sensation de relief serait diminuée et s'annulerait même bien rapidement avec la distance. Toutefois une faible base sera particulièrement indiquée pour la reproduction d'objets de petites dimensions. Nous avons assimilé tout à l'heure à une faculté de grossissement

¹ Distance variable avec les observateurs, pouvant parfois dépasser 1 000 mètres.

la transformation de lointains en miniatures ; c'est qu'en effet, le rapprochement qui en résultait permettait un meilleur examen des détails et une meilleure perception de leur relief.

Si, au contraire, les objets à étudier sont de petits objets dont nous pouvons nous approcher ou nous éloigner, il est intéressant pour l'observation de rapprocher l'objet de nous jusqu'à une distance d'environ vingt centimètres correspondant à peu près au punctum proximum de l'œil. Dans de telles conditions, pour une distance de restitution ainsi fixée à vingt centimètres, il y a tout intérêt à grossir l'objet pour l'amener à des dimensions plus favorables. Un grossissement de six fois dans toutes les dimensions demandera par exemple une base six fois plus faible que la normale soit donc une base de un centimètre environ et la restitution à vingt centimètres exigera une distance de prise de vue six fois plus faible, voisine de 3 cm⁵.

Ce simple exemple suffira à montrer les difficultés que l'on peut rencontrer dans de telles prises de vues : obligation d'utiliser de très petites focales et réglage minutieux de la mise au point, la profondeur de champ pouvant être extrêmement faible, même à petite ouverture.

Des insectes et autres bêtes de petit format, des textures de matériaux divers, des mécanismes minuscules fourniront en stéréoscopie à petite base des reproductions merveilleuses. On comprendra, d'ailleurs, sans que nous insistions davantage, qu'il est à peu près indispensable de disposer pour cette technique d'un matériel tout spécialisé. Il en est tout autrement pour l'emploi de grandes bases et il est bien regrettable pour eux-mêmes que les amateurs, les fervents de la montagne, surtout, ne songent pas plus souvent à tirer parti de l'hyperstéréoscopie.

Nous avons toujours supposé jusqu'ici, et la similitude de la restitution à l'objet réel est à ce prix, que nous rétablissions pour chacun des yeux une perspective correcte du sujet photographié. Voyons maintenant ce qu'il résulte d'une variation dans la position des yeux par rapport au couple des deux stéréogrammes, ce dernier étant toujours monté correctement. Nous reviendrons sur ce montage ; contentons-nous de l'appeler correct si les droites joignant les points correspondants sont parallèles et si l'écart des points homologues à l'infini est égal à celui des yeux.

Prenons par exemple un stéréoscope dont l'ensemble des oculaires puisse se décentrer. On constatera facilement, et la théorie en est évidente, que les objets suivent les décentrement en sens inverse tout comme s'ils étaient articulés, les plans glissant les uns derrière les autres avec d'autant plus d'amplitude qu'ils sont plus éloignés. On croirait assister à un certain jeu où des personnes se cachent les unes derrière les autres, la première étant immobile, les autres s'alignant pour tenter d'échapper à un dernier joueur qui se déplace.

Cette transformation par glissement peut donc s'effectuer dans tous les sens, haut et bas, droite et gauche, le décentrement étant chaque fois en sens inverse ; elle est pratiquement sans intérêt, mais il n'en est pas de même de la suivante.

En choisissant chaque fois des oculaires d'une puissance appropriée, on pourra faire varier la distance des yeux au stéréogramme. Ceci revient d'ailleurs, pour une même distance d'examen, à changer le format des épreuves par un agrandissement ou une réduction préalable. Cette fois encore les objets se déplacent et dans un sens opposé à celui des yeux : si ceux-ci s'éloignent des épreuves, on voit fuir les divers plans, l'amplitude du mouvement étant plus grande pour les lointains ; si les yeux se rapprochent, tous les plans accourent en conservant leurs dimensions transversales, se serrent les uns les autres et compriment les objets rapprochés. En supposant l'espace à reproduire encombré de petits cubes vus de face, on les verrait tous s'allonger ou se raccourcir proportionnellement à la distance d'examen, suivant que le stéréogramme s'éloigne ou se rapproche des yeux. Pour une seule distance d'examen nos cubes paraîtront avoir la profondeur correcte. Cette condition est remplie lorsque l'angle sous lequel l'œil voit l'épreuve positive est identique à celui de la prise de vue ; si l'on n'a effectué aucun agrandissement, ceci exige une distance focale des oculaires sensiblement égale à celle de l'appareil employé.

Au contraire, des oculaires à trop grande focale relative allongeront le sujet en profondeur, et ceci sensiblement dans le rapport des distances focales ; des oculaires à courte focale aplatiront la restitution en en rapprochant toutes les parties. On voit que l'on dispose ainsi à son gré de l'échelle du modèle en profondeur. En combinant cette nouvelle variable avec la grandeur de la base, on pourra donc donner à la restitution des dimensions

quelconques, le choix de la base fixant les dimensions hauteur et largeur et la distance d'examen fixant à son tour les dimensions en profondeur (distance des divers plans à l'observateur). Remarquons bien que cette profondeur dépend simultanément de la dimension de la base et de la distance d'examen. Prenons par exemple comme sujet un grand cube de un mètre de côté situé à dix mètres et choisissons une base de 65 centimètres = 10 fois l'écart des yeux ; avec une distance correcte d'examen des épreuves nous aurons la restitution d'un cube distant de un mètre et dont le côté aura 10 centimètres. Si maintenant, nous doublons la distance d'examen, le cube s'éloignera à 2 mètres, conservant une base carrée de 10 centimètres, mais ayant cette fois une profondeur double, soit 20 centimètres. Si, au contraire en conservant la première distance d'examen, nous agrandissons nos deux vues à un format double, ce qui revient à utiliser une distance d'examen moitié de la distance correcte, nous aurons à 50 centimètres la restitution de notre cube avec toujours la même base carrée de 10 centimètres, mais cette fois une profondeur ramenée à 5 centimètres.

Ainsi le choix d'une grande base et l'utilisation d'un grossissement lors de l'examen des épreuves stéréoscopiques concourent tous deux à restituer un objet dont les divers plans sont rapprochés de l'observateur, ce coefficient de rapprochement étant d'après ce que nous venons de voir le produit du grossissement par le rapport de la base choisie à l'écart des yeux. Dans le dernier exemple ci-dessus où le grossissement est 2, la base égale à dix fois l'écart des yeux, le rapprochement total est 20, alors que l'aplatissement relatif (comparé aux dimensions transversales), est seulement égal à 2 (grossissement).

Si donc une grande base nous donne une miniature, un grossissement transforme celle-ci en bas-relief et cet aplatissement qui rapproche de l'observateur toutes les parties de la restitution favorise encore la perception des détails et accroît la sensation de relief. Si, d'ailleurs le grossissement est faible, l'aplatissement correspondant est presque inappréciable et l'observateur n'est aucunement gêné par la transformation ; au contraire, un grossissement important modifierait profondément l'aspect de la restitution et compromettrait ses qualités artistiques. L'amateur qui recherchera avant tout un aspect satisfaisant fera donc bien de rester pour son choix du grossissement au voisinage de l'unité et par conséquent d'utiliser des oculaires dont la locale est voisine de celle de ses objectifs de prise de vue. Une application scientifique ne présentera au contraire aucune exigence au point de vue artistique et l'on visera surtout au maximum de précision ; le grossissement sera donc une aide bien précieuse, puisqu'il permettra de reculer la limite de perception du relief, aussi loin que la qualité des images le permettra.

Supposons donc que nous prenions d'un terrain déterminé deux vues à grande base ; les clichés peuvent être pris à terre ou mieux à l'aide d'un appareil de photographie aérienne au cours d'un vol d'observation au-dessus de la région. On pourra replacer les deux clichés dans des appareils identiques à ceux de la prise de vue et reconstituer ainsi deux perspectives correctes du terrain. En orientant convenablement, l'un par rapport à l'autre, les deux appareils, on pourra replacer les deux perspectives de façon à permettre une restitution stéréoscopique. On observerait dans ces conditions une miniature du terrain, d'autant plus petite et de modelé plus visible que la base était grande. En fait, dans un instrument dont nous allons parler plus loin, les deux appareils sont placés à une distance fixe l'un de l'autre et deux lunettes coudées spéciales permettent d'examiner les diapositives sous un grossissement égal à huit. Cet examen se fait avec les lunettes visant à travers les objectifs des appareils, appareils et lunettes sont mobiles pour permettre d'explorer successivement toutes les régions du terrain.

On dispose ainsi d'une maquette de la région photographiée, maquette dont la visibilité des détails et du modelé des terrains est considérablement amplifiée. Il était tout naturel de songer à utiliser de telles reproductions pour l'établissement de cartes géographiques très précises. Des appareils spéciaux ont été conçus à cet effet et réalisés surtout à l'étranger ; l'un des plus récents et peut-être le mieux étudié est cependant français, c'est le stéréotopographe POIVILLIERS, construit par la *Société d'Optique et de Mécanique de haute précision*. Un tel appareil utilise donc des couples de photographies à grande base prises dans n'importe quelles conditions et restitue une maquette très fouillée comme nous venons de le dire.

Dans le champ de chacune des deux lunettes, on peut déplacer par rapport au terrain un petit index effilé. Les deux index se meuvent comme les projections stéréoscopiques d'un index de l'espace et l'observateur a réellement l'illusion, en déplaçant les commandes appropriées de promener son index dans les airs. Une manivelle

dans chaque main permet de le manœuvrer en longueur ou en largeur, une pédale au pied permet de le faire monter ou descendre. Et avec un peu d'habitude, on devient vite capable de faire évoluer plus ou moins gracieusement notre index illusoire. Mais celui-ci ne fait pas seulement l'oiseau et un observateur entraîné saura très bien prendre un atterrissage et poser délicatement l'index en un point quelconque du terrain. Celui-ci se laisse d'ailleurs transpercer sans dommage (ce n'est pas pour rien que la maquette et l'index sont tous deux virtuels !) et l'index est à son aise aussi bien sous terre que dans les airs. Enfin nous pouvons bien sagement « rouler » comme tout le monde sur les routes et avec un peu d'entraînement (il faudrait certainement exiger un permis de conduire) faire du 60 à l'heure en suivant tous les tournants sans oublier les montées ou les descentes.

Bien mieux, si notre pied ne tourmente plus la pédale, notre index restera dans un plan horizontal et nous allons pouvoir, comme avec un vulgaire fil à couper le beurre, découper le terrain en tranches en parcourant sur lui n'importe quelle « ligne de niveau ».

Un dispositif mécanique qu'il est inutile de décrire permet de faire suivre à un crayon traceur les mêmes déplacements que ceux de l'index (fictif), sauf le déplacement en hauteur qui n'est pas transmis, mais seulement repéré. Les transmissions se font à une échelle réglable ; on peut donc tracer avec la plus grande facilité la carte de la région choisie, avec ses routes, ses cours d'eau et toutes les lignes de niveau nécessaires. Le tracé sera même bien supérieur à ceux que donnaient des anciennes méthodes topographiques ; le terrain est rendu avec une fidélité extraordinaire malgré la rapidité bien plus grande de l'exécution.

Un nouveau modèle de stéréotopographe va être exécuté où toutes les difficultés seront résolues automatiquement ; l'appareil va même tenir compte de la courbure de la terre pour rectifier son tracé !

Bien sûr, chaque amateur ne pourra pas en avoir un, pour tracer le plan de son appartement ou même de son jardin ; mais peut-être certains auront-ils la curiosité d'essayer la stéréoscopie à grande base (c'est si facile), et regretteront seulement de ne pas y avoir pensé plus tôt.

« *Photo-Revue* »

G. CORDONNIER.

N° 231, 232, 233