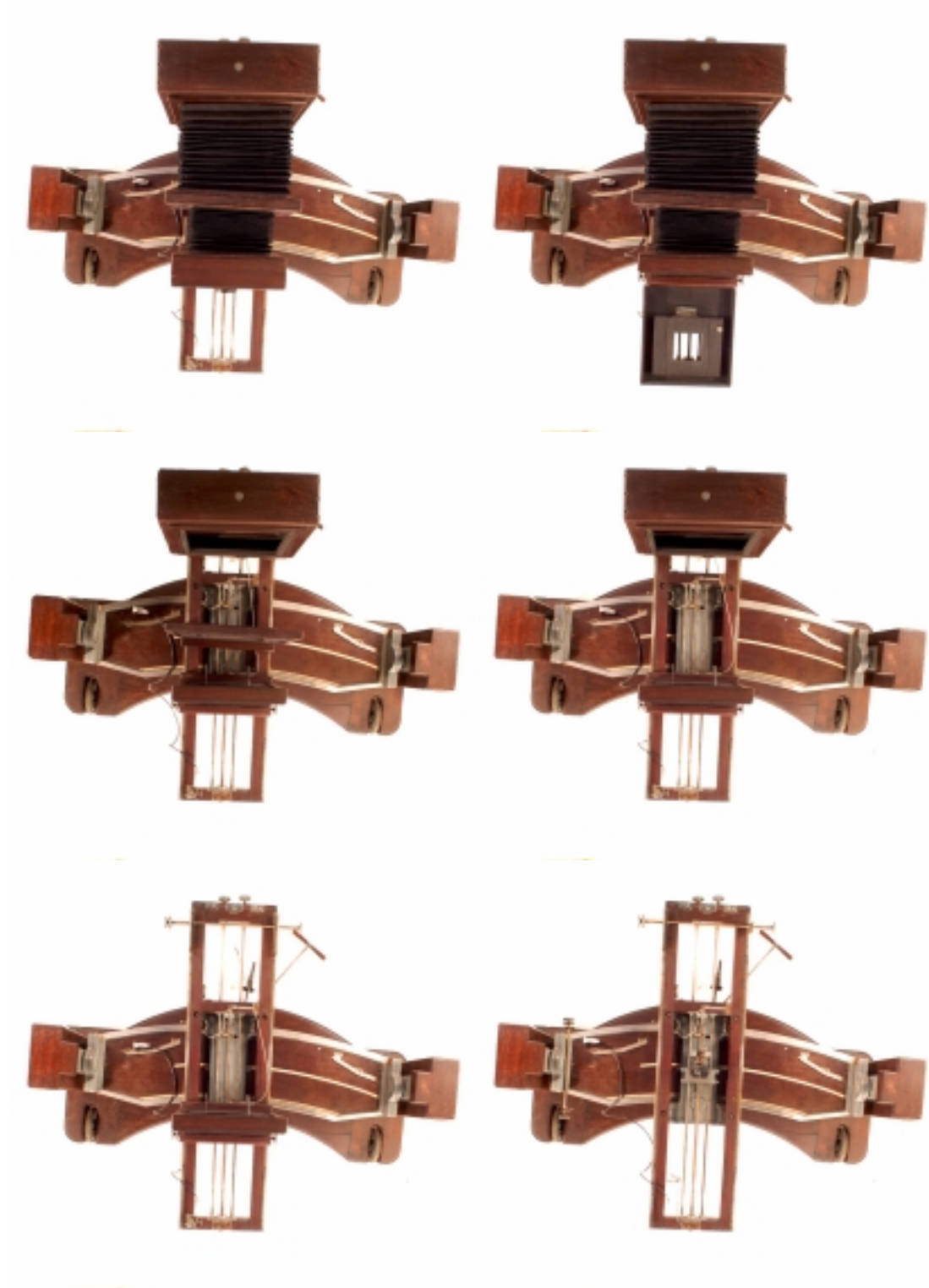


Etude d'appareil – Musée Nicéphore Niepce
OP3000



Fiche technique

Description: Appareil photographique pour le portrait en relief sur réseau lenticulaire.
Chambre à trois corps monté sur rail semi-circulaire.

Utilisation: Portraits.

Fabrication: LA RELIEPHOGRAPHIE
Maurice Bonnet

Période: 1942 - 1954

Dimensions: L=220cm H =130cm P=165cm - (sur pied)

Formats: du 13x18 au 30x40

Introduction

Ce document traite du fonctionnement de l'appareil photographique OP3000 produit par la société LA RELIEPHOGRAPHIE. Il est accompagné d'un document multimédia [0] (format flash) illustrant les mouvements mécaniques, les spécificités optiques et le détail des cotes. Le document [0] est constitué d'archives vidéo, d'animations techniques et des photographies du démontage. Dans ces quelques pages nous souhaitons compléter ces informations en exposant brièvement les conditions d'émergence des technologies associées, sans se substituer aux travaux déjà réalisés [1-5]. De même nous traitons les pratiques photographiques liées à cet appareil. Nous discutons aussi certains choix techniques et optiques et les contraintes qu'ils peuvent amener.

Description de l'appareil

Aspect général

Pour une description détaillée voir [4][10].

L'OP3000 est un appareil de grandes dimensions (2m20 de large), composé d'une chambre et d'un pied sur lequel la chambre effectue un parcours en arc de cercle. Les matériaux utilisés pour sa fabrication sont principalement l'acajou massif, le duralumin et l'acier.

La chambre est constituée de trois corps sur châssis à crémaillère. Elle peut être développée entre 600mm et 1400mm. Le corps avant porte l'objectif et est muni d'un système d'obturation. Le corps arrière reçoit le châssis-porte-plaque ou un verre dépoli. Un corps intermédiaire et deux soufflets assurent l'étanchéité à la lumière. On note toutefois certaines spécificités: Des commandes de décentrement de l'objectif sont déportées à l'arrière du châssis de la chambre. Elles permettent d'affiner le cadrage sans déplacer ni la chambre ni le sujet. L'obturateur est commandé par un arbre mécanique actionné automatiquement lorsque l'appareil arrive en butée. Notons aussi que le cadre support du châssis-porte-plaque pivote sur un axe vertical à l'intérieur du corps arrière.

Le pied est composé de deux montants supportant une table de guidage formée en arc de cercle. La table peut être inclinée à l'aide de commandes, positionnées sur le montant droit, afin de faciliter le cadrage. Un chariot motorisé permet le déplacement automatique de la chambre sur la table. Un mécanisme solidaire du chariot (parallélogramme) maintient le cadre porte châssis-porte-plaque parallèle à lui-même lors du mouvement.

Un sélecteur optique (réseau lenticulaire en acétate de cellulose plaqué sur verre) est placé dans le châssis-porte-plaque sur la face avant de la surface sensible.

Une chaînette, partant de l'avant du châssis, permet de définir exactement la position du sujet: au centre de parcours semi-circulaire de l'appareil.

Enregistrement

La chambre étant mobile sur un guide en arc de cercle centré sur le sujet, permet de définir un espace de point de vue équidistant du sujet. Deux propriétés sont donc à noter: Le sujet est toujours le centre de visée, le déplacement correspond donc à une **variation de direction d'observation**. Le sujet est toujours à une distance fixe, donc l'échelle est inchangée au cours du mouvement.

Le châssis-film étant maintenu parallèle à lui-même au cours du déplacement, il s'ensuit que l'image est projetée sur la surface sensible, non pas perpendiculairement comme dans une chambre classique, mais suivant le même angle que celui décrit par la chambre (voir animation correspondante [0]).

La prise de vue suit les étapes décrites dans le document [16] - voir aussi les vues détaillées du documentaire [0] -. Elles peuvent être groupées de la façon suivante:

1. Calage : Positionnement de l'appareil à distance fixe du sujet à l'aide de la chaînette, centrage de la chambre sur sa course (repère), cadrage, mise au point, centrage du cadre oscillant (repère) perpendiculairement à l'axe optique. Le diaphragme est mis en place sur l'objectif.
2. Préparation: La chambre est déplacée en butée (Indifféremment à droite ou à gauche). L'obturateur se ferme automatiquement. Le verre dépoli est substitué par le châssis chargé avec une plaque (gélantino-bromure d'argent sur verre) et le sélecteur optique. Le volet déroulant du châssis est ouvert. Si ce n'est pas déjà fait, l'interrupteur du moteur est positionné sur marche, la direction de déplacement est indiquée, le moteur est embrayé.
3. Prise de vue: Elle est déclenchée par une pression prolongée sur le bouton "Départ" ou sur la télécommande. La pression doit être suffisamment soutenue pour que la chambre se dégage de la glissière de butée. A cet instant, un mécanisme fait tourner un axe portant un rupteur et la came d'obturateur. Le rupteur en contact maintient le mouvement et la came ouvre l'obturateur. D'après la documentation le parcours complet durerait quatre secondes dont deux secondes obturateur ouvert. Toutefois, la vitesse du moteur électrique pouvant être modifiée, ces données ne sont qu'indicatives. En arrivant sur l'autre butée, et par mouvement inverse, le moteur s'arrête et l'obturateur se ferme. Le rideau du châssis peut être baissé et le châssis retiré.

L'épreuve

Une fois révélé le négatif sur verre est tiré par contact sur papier (lui aussi collé sur verre). Un soin particulier est porté à ce qu'au cours des différents traitements, aucune déformation (retrait au séchage ...) ne soit appliquée. C'est la raison principale pour laquelle les supports sensibles sont toujours solidaires d'une plaque de verre.

Sur le tirage final est appliqué minutieusement un sélecteur optique ayant exactement les mêmes caractéristiques que celui ayant servi à la prise de vue.

L'observation

Lorsque l'on observe l'épreuve munie de son sélecteur optique, on perçoit une image en relief de l'objet. En se déplaçant on peut l'observer sous différents points de vue. L'objet (ou sujet) virtuel se situe dans le cadre de l'image. Son volume se répartit entre l'avant et l'arrière du plan de l'épreuve, celui-ci passant exactement par le point de l'espace réel indiqué par l'extrémité de la chaînette (c.à.d le centre de rotation de l'appareil) lors de la prise de vue.

Conditions d'émergences

Documents de références: [1][2][3].

Afin de mettre en valeur la maturité des connaissances et technologies mises en œuvres dans la conception de l'OP3000, nous proposons une chronologie "négative" posant comme année 0 l'an 1941. Le 8 août 1941 étant la date de dépôt du brevet [8] protégeant la première version d'OP3000.

- 2290~ Aristote connaît les propriétés du sténopé.
- 2240~ Euclide, mathématicien grec, aborde la sensation de relief.
- 840~ Hassan ibn Hassan (mathématicien arabe) décrit le principe de la chambre noire et précise que l'image sera d'autant plus nette que l'ouverture est petite.
- 450~ Leonard de Vinci explique la sensation du relief par la vision binoculaire.
- 401 Jérôme Cardan remplace le sténopé par une lentille
- 388 Giovanni Battista della Porta décrit la "camera obscura" en détails et ces utilisations possibles.
- 214 Johann Heinrich Schulze découvre que la lumière noircit certains composés d'argent
- 139 Thomas Wedgwood et Humphry Davy expérimentent l'enregistrement d'images, sans réussir à les fixer contre les effets de la lumière.
- 120 M. Faraday invente le moteur électrique.
- 116 Nicéphore Niepce produit des images fixées.
- 114 Nicéphore Niepce photographie le "point de vue du gras": la plus ancienne "héliographie" encore existante (Conservée à l'université du Texas).
- 108 T.J. Pelouze découvre le Nitrate de cellulose (hautement inflammable) qui servira à la fabrication des premiers films photographiques (mais aussi à la fabrication d'explosifs).
- 103 Wheatstone construit le premier stéréoscope à miroirs montrant ainsi pour la première fois des dessins en relief.
- 102 Talbot puis Daguerre présentent respectivement le procédé calotypique et le daguerréotype.
- 102 Talbot fournit à Wheatstone le premier couple stéréoscopique.
- 102 David Brewster invente le stéréoscope à lentilles
- 102 Apparition du terme Photographie.
- 100 Talbot présente la photographie reproductible: Le calotype
- 88 les premiers appareils photo stéréo commercialisés.
- 61 Industrialisation des négatifs sur verre au gélatino-bromure d'argent, inventé 10 ans auparavant par R. L. Maddox.
- 52 Eastman produisit les premières pellicules souples et transparentes: gélatino-bromure d'argent déposé sur un ruban de nitrate de cellulose.
- 51 Industrialisation du papier photographique

- 48 le premier appareil photo stéréo rechargeable en plein jour (le Vérscope de Jules Richard).
- 45 A. Berthier publie l'idée de la stéréoscopie à vision directe grâce à un réseau ligné.
- 37 Présentation à l'académie des sciences de photos à réseau ligné de F.E. Ives
- 35 E. Estanave présente, à l'académie des sciences, ses premières recherches sur les images en relief par réseau ligné.
- 33 G.Lippmann présente l'idée de la "photographie intégrale" à l'académie des sciences. Et reçoit le prix Nobel pour ses travaux sur la photographie des couleurs débutés 22 ans auparavant - méthode interférentielle.
- 33 Alfred Wilm invente le Duralumin (95% Aluminium, 4% Cuivre, magnésium et manganèse 1%). Métal ayant la propriété d'être à la fois très dur et léger.
- 27 W.R. Hess propose d'observer deux vues sur un même support grâce à un réseau lenticulaire.
- 26 C.W. Kanolt utilise des réseaux lenticulaires afin de réaliser sur un support unique plusieurs vues stéréoscopiques d'un même sujet. Un brevet U.S. est déposé deux ans plus tard.
- 16 E.Estanave présente la réalisation de la "photographie intégrale" selon le procédé de Lippmann - académie des sciences.
- 13 Des réseaux lenticulaires sont utilisés pour des procédés couleurs par Kodak.
- 7 L'acétate de cellulose (découvert 69 ans auparavant) remplace le nitrate de cellulose dans la fabrication des films photographiques.
- 6 Commercialisation du film Kodachrome pour la photographie en couleur.
- 5 M. Bonnet utilise son premier appareil photographique pour des réseaux lignés.
- 2 M. Bonnet présente pour la première fois ses photographies en relief sous réseau lenticulaire - exposition de l'Age des plastiques.
- 0 M. Bonnet dépose le brevet pour un "Appareil de photographie en relief" posant les bases de l'OP3000

Une lecture rapide de cette chronologie permet de situer le contexte scientifique et technique de l'époque. Lorsque M. Bonnet développe l'OP3000 on peut admettre que la photographie a atteint une certaine maturité. En particulier sont maîtrisées la fabrication des optiques et les mécaniques d'ouvertures et d'obturation. Les supports sensibles sont suffisamment "rapides" pour réaliser des photographies instantanées. Leur traitement est devenu simple. D'autre part la perception du relief est largement comprise; Depuis près de 50 ans sont commercialisés en séries des appareils photographiques stéréo (Vérscope). On constate aussi que les réseaux lignés de Berthier et la "photographie intégrale" de Lippmann sont aussi des idées relativement anciennes : plus de 30 ans. Par contre cela fait seulement 16 ans que Estanave réussit à réaliser une "photographie intégrale".

M. Bonnet s'intéresse depuis plusieurs années à la production de photographies en relief et obtient de très bons résultats sur des réseaux lignés. Hélas, les réseaux lignés fonctionnant par occlusion, il faut éclairer intensément l'image par l'arrière pour percevoir correctement l'image en relief. Les travaux déjà réalisés par d'autres inventeurs W.R. Hess, C.W. Kanolt l'amène à travailler sur les réseaux lenticulaires.

Quels ont été les freins à la réalisation de photographies en relief sous réseau lenticulaires? Premièrement l'optique du réseau. Lorsque Lippmann présente la "photographie intégrale" il propose de réaliser la plaque composée de sphérules lenticulaires [1-3] en nitrate de cellulose tout en précisant que ce polymère a de très mauvaises propriétés optiques. On ne sait pas non plus travailler le verre aussi finement. Ce n'est donc que lorsque l'acétate de cellulose est

produit de façon industrielle qu'un matériaux devient réellement éligible pour la fabrication d'une plaque constituée de micro lentilles. D'autre part la réalisation du réseau nécessite une précision de fabrication de l'ordre du micromètre et il n'existait pas à l'époque de Lippmann de machines-outils suffisamment précises pour fabriquer des moules avec une telle précision. La mécanique de précision ayant fait un bond considérable entre les deux guerres.

Pratiques

Maurice Bonnet conçoit l'OP3000 en pensant à un appareil dédié au portrait. C'est à cette époque l'activité commerciale principale en photographie grand public. De cela découlent certaines spécificités:

- L'appareil effectue un mouvement semi-circulaire autour du sujet qui est placé à une distance fixe.
- Le volume dans lequel doit se trouver le sujet est restreint par le cadrage (bien sûr) mais aussi en profondeur sur environ 40 centimètres (10cm en avant et 30 en arrière suivant la documentation).
- L'appareil peut être déplacé mais n'est pas "portatif". Il est conçu pour rester dans un studio.

L'appareil sera utilisé principalement pour des portraits de luxe dans les studios de "LA RELIEPHOGRAPHIE" sur les Champs-Élysées, mais sera aussi vendu en France et exporté à l'étranger en nombre suffisant pour que les réseaux lenticulaires (qui devaient accompagner chaque épreuve) soient produits industriellement.

L'appareil sera par la suite doté de compléments optiques et mécaniques (qui ne sont pas traités dans ce document) permettant entre autres de réaliser des photos macroscopiques.

Techniques

Le réseau lenticulaire

Le réseau lenticulaire est formé de micro lentilles longitudinales. Lorsqu'un rayon lumineux atteint le réseau il est réfracté uniquement suivant la direction transversale.

Le réseau devant "enregistrer" une information directionnelle il faut considérer des rayons parallèles, tant pour l'observation que pour l'exposition. Les lentilles convexes ont la propriété de concentrer tous les rayons parallèles en un même point sur le plan focal. C'est à cette distance que sera placée la surface sensible.

Les réseaux lenticulaires commercialisés avant 1941 sont dédiés à d'autres applications (photographie en couleur...). Ils étaient donnés pour les spécifications suivantes: épaisseur 0.12 à 0.13mm, un rayon de courbure de 0.04mm et une largeur d'élément également de 0.04.

D'après Descartes nous savons que la distance focale se calcule de la façon suivante:

$$F = (n_2/n_2 - n_1)R$$

$n_1=1$	l'indice de réfraction de l'air
$n_2=1.49$	l'indice de réfraction de l'acétate de cellulose
$R=0.04$	le rayon de courbure

D'où $F=0.12163$, ce qui correspond approximativement à l'épaisseur du réseau. Ces réseaux posent des difficultés dans la réalisation de photos en relief:

- L'épaisseur très faible est donnée avec une variabilité de 7% autour de la distance focale. Il n'est donc pas possible de garantir le piqué de l'image. Sans compter que l'épaisseur du réseau se rapproche du niveau d'échelle de la couche photosensible.
- Les lentilles présentent une courbure trop importante qui génère des déformations optiques - La formule de Descartes, résultant de simplifications, n'est plus juste dans les cas limites.

Pour ces différentes raisons M. Bonnet choisit de développer son propre réseau lenticulaire. Il protégera d'ailleurs plus farouchement les méthodes de fabrication des réseaux que les appareils photographiques, considérant que le réseau est au cœur du procédé.

Etant donné le pouvoir séparateur de l'œil humain 1/60 ème de degré et une distance d'observation supérieure à 1m40 les éléments peuvent atteindre une largeur de 0.4 mm ($\sim 2 \cdot 1400 \cdot \tan((1/60)/2)$). C'est-à-dire une largeur dix fois supérieure aux précédents réseaux.

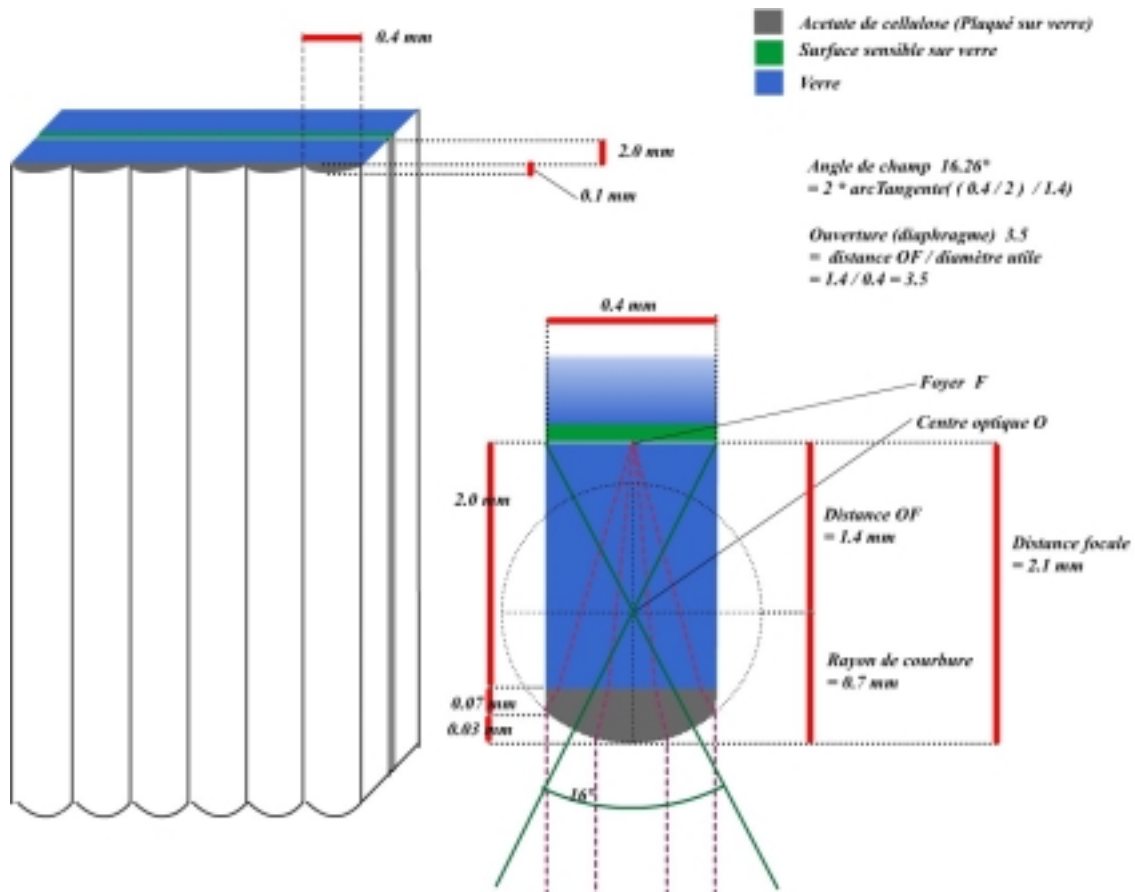
D'autre part, afin de limiter les aberrations optiques il est nécessaire d'augmenter le rayon de courbure, ce qui aura pour effet d'augmenter la distance focale. Ceci amenant à augmenter l'épaisseur du réseau. A l'époque de ces recherches le plastique (acétate de cellulose) est encore cher, il n'est donc pas souhaitable de réaliser un réseau épais entièrement en polymère. D'autre part cette matière n'est pas suffisamment rigide pour garantir la planéité indispensable lors de son utilisation. L'idée de Maurice Bonnet sera alors de plaquer le réseau sur une plaque de verre (à chaud et sous presse).

En admettant que les feuilles d'acétate et les plaques de verre soient d'épaisseur standard (respectivement 0.1mm et 2mm) l'ensemble ferait donc 2.1mm (données que l'on retrouve dans la documentation). Alors nous pouvons calculer le rayon de courbure nécessaire à la formation du foyer optique à cette distance:

$$R = F(n_2 - n_1) / n_2$$

Dans les mêmes conditions que précédemment, nous avons donc $R = 6.9$. Etant donné qu'une deuxième réfraction se produit à l'interface entre l'acétate de cellulose et le verre (d'indice 1.5) le rayon de courbure s'en trouve légèrement augmenté sans arriver à 7mm. Dans la documentation une valeur de 7mm est donnée. Ceci est probablement dû à une approximation de l'indice de l'acétate de cellulose à 1.5 (indice vu verre). Cette approximation induisant une erreur d'au plus 0.2% (c.à.d. négligeable).

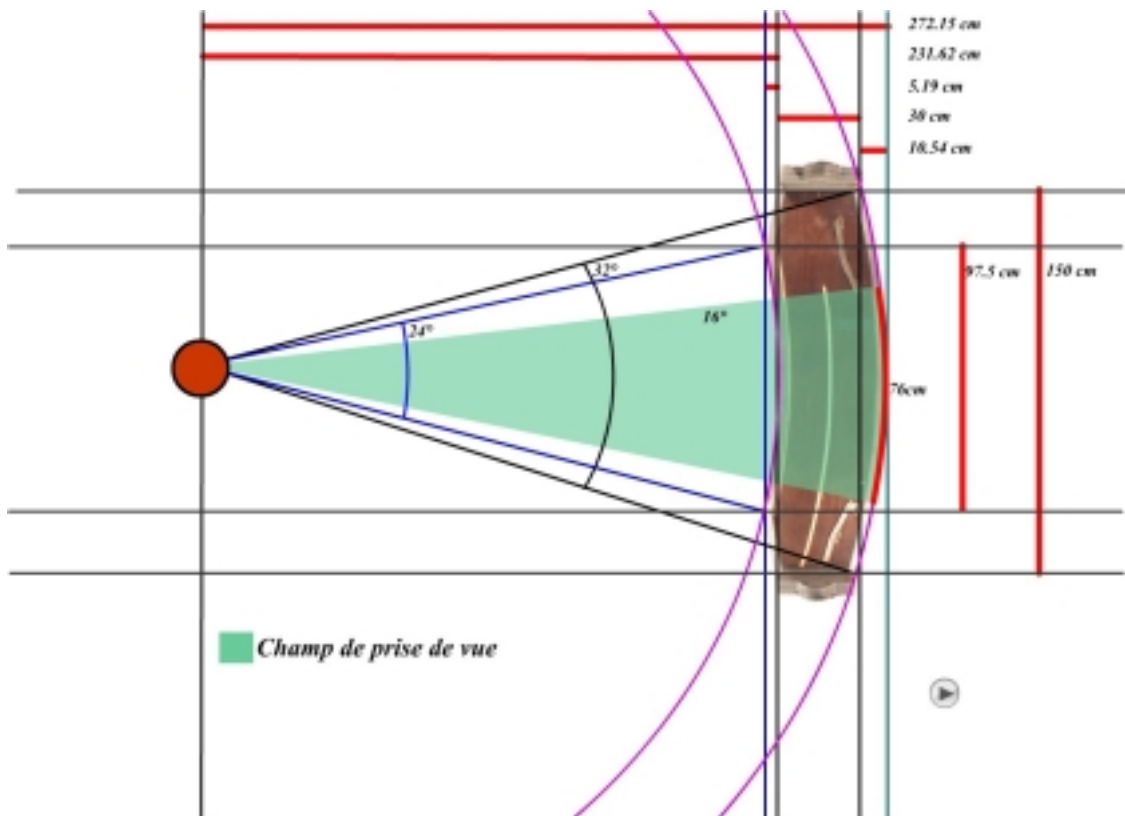
Les lentilles du sélecteur optique inventé par M Bonnet ont une ouverture de 16° , ce qui est bien inférieur à celle des réseaux précédemment décrits: 28° . Cela réduit d'autant l'angle de prise de vue et donc l'espace des directions d'observation. Pourtant le gain en qualité d'image compense largement la perte d'angle de champ.



Dans certains documents il est dit que 20 à 30 images peuvent être enregistrées derrière le sélecteur. Ceci n'indique aucunement une discrétisation de prises de vues. Cela correspond seulement à une combinaison du piqué du réseau, de la finesse du grain et de l'épaisseur de la surface sensible qui définissent la largeur d'une ligne-image.

La table de guidage

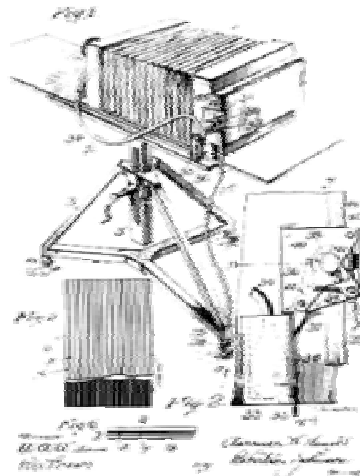
La chambre est posée sur un chariot mobile sur la table guide. Celle-ci est usinée avec une très grande précision afin que le mouvement soit semi-circulaire. Nous cherchons ici à déterminer ses dimensions exactes. La documentation [15 (page 4)] nous indique que l'OP3000 effectue autour du sujet un arc de cercle de 76cm correspondant à un angle de 16° . Il faut préciser que les 16° indiqués correspondent à la partie du parcours pendant laquelle l'obturateur de la chambre est ouvert et non au parcours complet. On en déduit donc que l'arc indiqué se trouve à $76 \cdot [180 / (16 \cdot \pi)] = 272.15$ cm du sujet (centre de l'arc de cercle). En se basant sur les mesures faites sur l'appareil, cette distance semble indiquer le bord arrière de la table. Ces mêmes mesures nous indiquent qu'un rectangle de 150x30 cm est inscrit dans la table, nous le nommerons "base". Le guide arrière est porté par un cercle passant par les deux sommets de cette base. Le guide avant est porté par un cercle nécessairement de même centre que le précédent et tangent à la base. Ceci nous donne les mesures inscrites sur le schéma suivant:



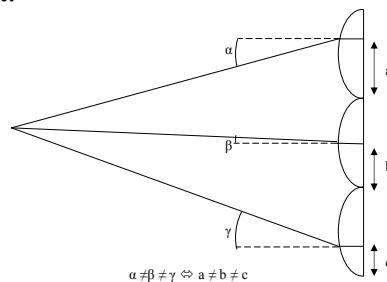
Ces calculs reflètent les mesures directes faites lors du démontage [0] avec une erreur qui est tout de même de l'ordre de 3 à 4% (En sommant par exemple la longueur de la chaîne, 160cm et de la pointe avant du châssis de la chambre aux roues guides arrières 104cm nous trouvons une distance de 264cm à comparer aux 272.15cm précédemment calculés). Ceci s'explique probablement par la difficulté de parvenir à une telle précision d'usinage sur une pièce de grandes dimensions, en considérant les moyens techniques de l'époque. Un jeu de seulement 3mm sur le guide arrière produit cette variation de rayon de courbure! Le fait que l'appareil soit muni de différents dispositifs de calibration (voir plus loin), et que la chaîne soit validée systématiquement en fin de chaîne de production [18], nous conforte également dans cette idée.

Oscillation

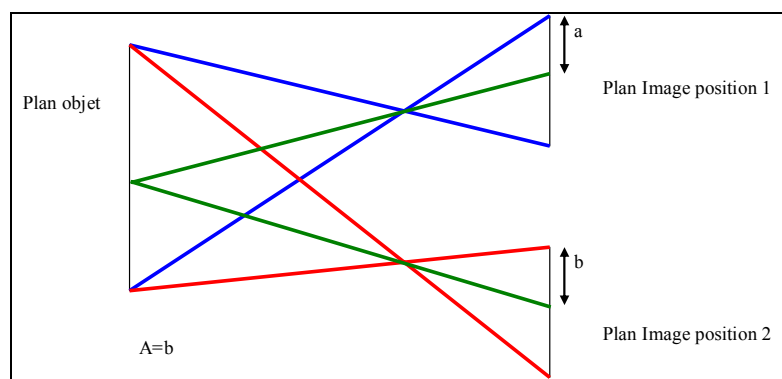
Comme nous l'avons vu plus haut le sélecteur optique a la propriété de pouvoir enregistrer une image directionnelle dans l'axe transversal. Par contre sur la longueur du réseau aucune déviation optique conséquente ne se produit. Afin de former une image sur la surface sensible il faut donc disposer un objectif entre le sujet et le sélecteur. Exactement comme sur un réseau ligné de Berthier (et contrairement à la photographie intégrale de Lippmann). L'image projetée sur le réseau est réfractée par chacune des micro-lentilles formant des lignes parallèles sur la surface sensible plaquée à l'arrière du sélecteur. Etant donné que la chambre est très grande face à la dimension des micro-lentilles, on peut considérer que les rayons parvenant sur chacune d'elles sont parallèles, et donc convergent sur le plan focale. L'abscisse de convergence (position d'une ligne sous une lentille) dépend de la direction de projection de l'image sur le réseau, c'est-à-dire de l'orientation du réseau par rapport à l'axe optique et de l'abscisse d'une lentille par rapport au foyer principal de la chambre.



Dans des travaux antérieurs C.W. Kanolt cherchait à obtenir des images en relief "panoramagram" à partir de multiples vues stéréoscopiques d'un même sujet. L'appareil était déplacé en arc de cercle autour du sujet. Pour chaque vues le châssis porte plaque était déplacé latéralement, ainsi chaque lentille du réseau recevait la lumière suivant un angle différent.



Les multiples images stéréoscopiques produites par Kanolts (comme celles de Ives et d'autre) présentaient des difficultés d'observation. Outre la piètre qualité optique des réseaux, dont nous avons déjà parlé, il est probable que les images produites soient entièrement en jaillissement. Produisant un inconfort à l'observation. M. Bonnet conscient de ces problèmes dévoile une nouvelle méthode [6] faisant osciller le châssis porte plaque autour d'un axe perpendiculaire et coplanaire à l'axe optique de la chambre. **Ce dispositif permet de conserver fixe la projection de tout point du plan de l'objet sur le plan image:**



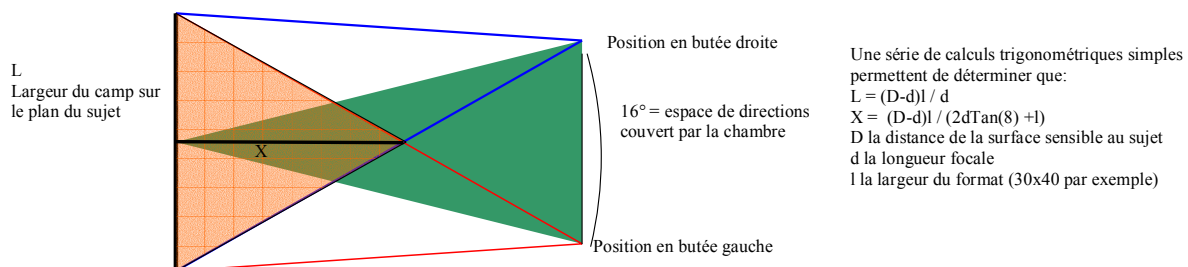
Au cours du mouvement le plan image (châssis porte plaque) est maintenu parallèle à lui-même tout en conservant une distance fixe par rapport au sujet.

En présentant les choses différemment on peut faire la métaphore suivante: le cadre photographique définit en quelque sorte une fenêtre dont la hauteur et la largeur sont fixées par l'optique et les dimensions du support; Etant donné que nous réalisons une photographie en relief, cette fenêtre a aussi une position en profondeur (distance par rapport à l'objectif de la chambre sur l'axe optique). Si l'on observe une fenêtre réelle et que l'on se déplace légèrement devant celle-ci on constate que seuls les points de l'espace se trouvant dans le plan de la fenêtre restent statiques les autres se "déplacent" à une vitesse proportionnelle au carré de leur distance par rapport à la fenêtre. Le procédé de M. Bonnet a la propriété remarquable de définir une fenêtre de prise de vue virtuelle. Dans la pratique, et comme nous l'avons vu, le sujet se placera au centre de cette fenêtre de façon qu'une partie soit en jaillissement et une autre partie en arrière du plan de l'image.

Ici nous comprenons donc que l'information inscrite sur le support photosensible est une information dans un espace à 3 dimensions: Position d'un point 2D (x,y) sur la "fenêtre" et en chaque point un angle α d'observation transversal \Leftrightarrow soit pour un élément d'information (valeur, niveau de gris ou couleur) les coordonnées (x,y, α).

Notons aussi que lors de l'observation le principe de réciprocité de Helmholtz s'applique. Ainsi chaque lentille du réseau produira des rayons parallèles à partir d'un point image et pour une direction donnée. Le réseau renvoie pour une direction donnée exactement l'image qu'il a reçue suivant cette même direction.

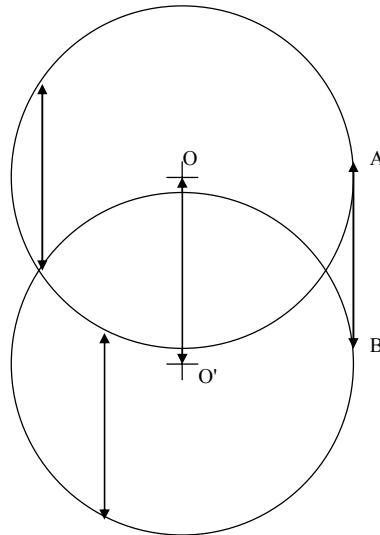
Avant d'expliquer le mécanisme d'oscillation en détail précisons que si la technique de prise de vue semi-circulaire apporte un confort d'observation et une meilleure qualité du relief, il génère aussi une contrainte particulière: Chaque point de vue, constituant l'image en relief résultant d'une prise de vue effectuée avec l'OP3000, est pris suivant un axe convergeant vers le sujet. Dans ce cas, des objets trop en avant ou trop en arrière de la "fenêtre" présentent des difficultés d'observation. M. Bonnet parle ici d'images en mouvement. Pour le jaillissement, il doit se limiter à un espace restreint 10cm en avant et 30cm en arrière de la "fenêtre".



Mécanisme d'oscillation:

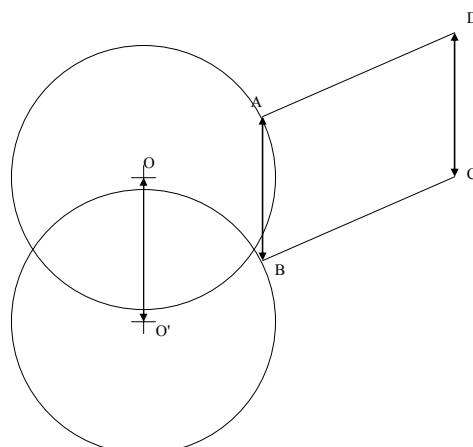
Le mécanisme s'oscillation décrit dans le brevet [8] s'appuie sur deux propriétés géométriques simples:

1. Si l'on trace deux cercles $C1$ et $C2$ de même rayons R et de centre respectif O et O' distant de X . Soit les points A et B appartenant respectivement à $C1$ et $C2$.
Si $\|AB\| = X$ alors $AB \parallel OO'$ quels que soit A et B vérifiant les conditions ci-dessus.



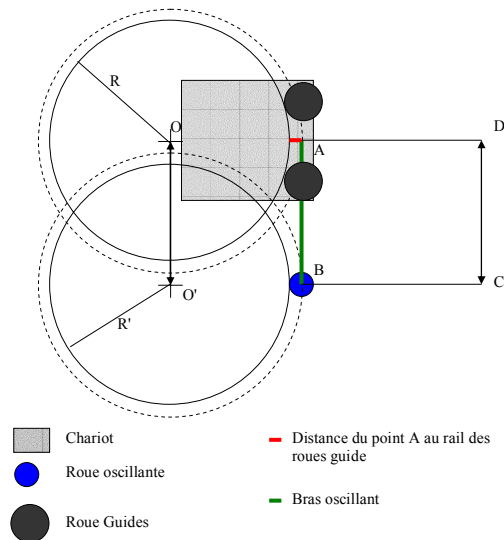
2. Si les cotés opposés d'un quadrilatère sont égaux deux à deux, alors ceux-ci sont parallèles entre eux quel que soit l'angle formé par les cotés adjacents. Définition d'un parallélogramme.

On peut déduire de ces deux propriétés le système suivant :



Avec $\|AB\| = \|CD\| = \|OO'\|$ et $\|AD\| = \|BC\|$. Dans ce cas $CD \parallel AB \parallel OO'$ quelle que soit la position de A et B sur leurs cercles respectifs.

Dans le cas de l'OP3000 le point B est l'axe de la "roue oscillante" (voir démontage [0]) et le point A est un axe fixe du chariot autour duquel s'articule le bras déporté de la roue oscillante:



Avant tout précisons que le bras oscillant à été exagérément agrandi. L'ensemble roue+bras oscillant se trouve normalement entre les roues guides (voir [0]).

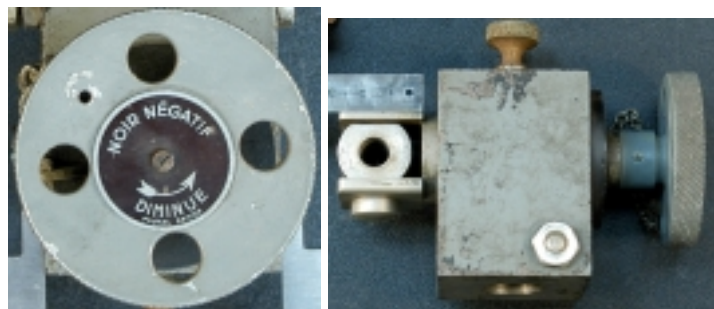
Afin de respecter les propriétés énoncées plus haut les deux cercles en pointillé doivent avoir strictement le même rayon.

Les mesures et quelques calculs de trigonométrie simple montrent que la distance indiquée en rouge sur le schéma est de 4cm, c'est-à-dire égale au rayon de la roue oscillante donc $R'=R$.

D'autre part $\|AB\| = 5.5\text{cm}$

Il est important de préciser que $R=R'$ sur l'OP3000 Type B3, car le brevet de 1941 [8] présente une mécanique légèrement différente qui implique d'avoir un rayon R' inférieur au rayon R , mais par contre qui utilise des roues de même diamètres pour la roue oscillante et les roues guides.

Théoriquement, nous avons dit que $\|CD\|=\|AB\|$. Dans la pratique, un dispositif permet de faire varier légèrement la longueur $\|CD\|$ (Photo ci-dessous). Cela permet de faire varier l'amplitude du mouvement d'oscillation et par là même l'espace occupé par la succession continue de lignes images sous chaque lentille du sélecteur. Pour que l'image soit correcte il faut que chaque bande occupe exactement la largeur d'une lentille. La brochure [12] indique comment utiliser ce dispositif de réglage: Si sur le négatif il apparaît des bande sombres (bandes de recouvrement), c'est que l'amplitude d'oscillation est trop importante, il faut donc raccourcir le bras en dévissant dans le sens "Noir Négatif Diminue". Dans le cas contraire (bandes claires) on visse. Ce réglage n'est réalisé normalement qu'en cas de changement de type de sélecteur ou lors de variations importantes de températures.



Mécanisme d'obturation automatique

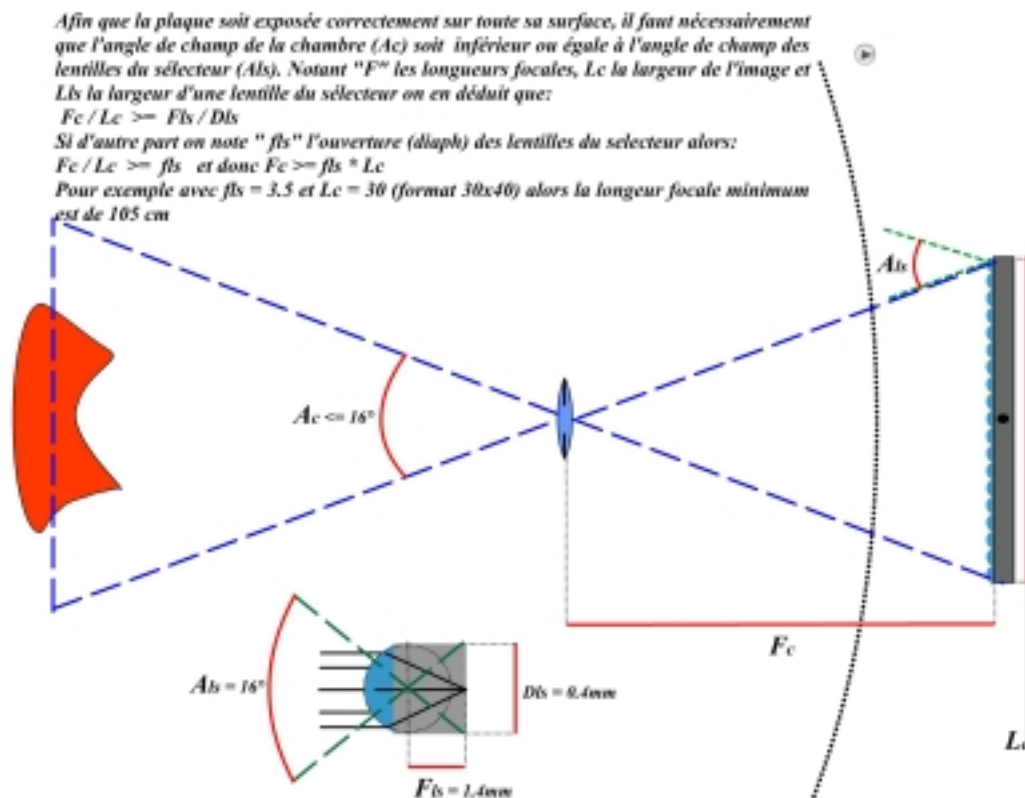
Voir [0].

Formats d'images

L'OP3000 accepte des châssis porte-plaque au format 24x30 - 30x40 – 40x50 (en changeant le corps arrière), et les intermédiaires 18x24 et 13x18.

Les objectifs fournis en standards ont les focales suivantes: 390 - 480 - 575 - 610 - 690 - 800

Cet ensemble de formats et d'optiques permet de proposer des cadrages variés allant d'une échelle proche de 1 au format carte postale. Toutefois un problème se pose avec les objectifs grand angle: En effet, nous avons vu que les lentilles du sélecteur ont un angle de champs donnée (16° en l'occurrence). Ceci implique qu'un rayon parvenant sur une lentille avec un angle d'incidence supérieur à 8° ne sera pas réfracté correctement dans la bande se trouvant sous la lentille. Cette remarque est faite par M. Bonnet dans un brevet [9] déposé en 1942. Voici une explication succincte:



Calculons les dimensions du plan objet (fenêtre) dans ce cas d'un format 30x40: $L/D = 1/d \Leftrightarrow L = 1D/d = 1(272.15-d)/d = 30(272-105)/105=47\text{cm}$, on en déduit H, la hauteur = $47/30*40=62$. C'est un cadre dans lequel entre aisément une "grosse" tête mais qui ne permet pas de faire d'images de bustes ou en pied. Ce volume limite reste le même quel que soit le format puisque la distance au sujet est fixe et que l'angle de champs ne peut pas être supérieur à 16° . Le

brevet [9] propose une solution optique à ce problème, mais elle ne semble pas avoir été adaptée sur l'appareil que nous avons étudié.

Dans ce cas, il est légitime de se demander pourquoi il n'y a pas d'objectifs de longueur focale supérieure ou égale à 1050mm dans le set d'objectifs? La remarque suivante peut constituer une réponse: Dans le cas de l'utilisation d'un objectif et d'un format donnant un angle de champ supérieur à 16° les bandes images vont déborder régulièrement sous les lentilles voisines sans se chevaucher (elles subissent toutes de proche en proche la même déformation perspective). Donc le phénomène, n'a finalement que peu d'impact sur le résultat final. Du moins, tant que l'on reste dans des proportions raisonnables, car dans les cas limites les déformations optiques deviennent sensibles.

- [0] "Etude technique OP3000 - Animation techniques et démontage" - Format flash - musée Nicephore Niepce - 2005
- [1] "Histoire de la photographie" - Raymond LECUYER - Baschet et Cie - Paris, 1945.
- [2] "Photo Almanach Prisma 2" - Robert Auvillain - Prisma - 1948.
- [3] "Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle" - Musée Carnavalet - Paris, 2000.
- [4] "Thèse de doctorat" – Kim Timby – 2005.
- [5] "Entrelacts biographiques, Maurice Bonnet et la photographie en relief" - Michèle Bonnet - Mémoire de maîtrise, université de toulouse- Le Mirail, 1996.
- [6] "Brevet d'invention | Dispositif optique, applicable en particulier à la photographie en relief" - LA RELIEPHOGRAPHIE - Ministère de l'industrie et du commerce – Paris, 13 juin 1941.
- [7] "Brevet d'invention | Dispositif pour la prise de vues photographiques en relief" - LA RELIEPHOGRAPHIE - Ministère de l'industrie et du commerce - Paris, 21 juin 1941.
- [8] "Brevet d'invention | Appareil de photographie en relief" - LA RELIEPHOGRAPHIE - Ministère de l'industrie et du commerce - Paris 8 août 1941.
- [9] "Brevet d'invention | Perfectionnement apporté aux appareils de photographie en relief" - LA RELIEPHOGRAPHIE - Ministère de l'industrie et du commerce - 1er mai 1942.
- [10] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Les photographies en relief"
- [11] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Brochure I - Appareil de prises de vues en relief à objectif unique - type studio 3000" - Paris, 1er janvier 1946
- [12] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Réglages pouvant être effectués sur différents organes de l'appareil studio 3000"
- [13] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Brochure III - Appareil de prises de vues en relief à objectif unique - type studio 3000 - Remontage de l'appareil" - Paris, 1er janvier 1946
- [14] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | La photographie en relief - conseils pratiques"
- [15] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Note sur les appareils de photographie en relief 3000"
- [16] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Prise de vue"
- [17] "Document LA RELIEPHOGRAPHIE | Appareil de prise de vue en relief à déplacement circulaire et guidage rainure - Nomenclature" - 6 août 1948.
- [18] "La Technique moderne au service des procédés de la photographie en relief" - Documentaire audio visuel - Service du film de recherche scientifique - Maurice Bonnet - 1947.