

LIVRE IV.

IMAGES D'OPTIQUE.

CHAPITRE I.

IMAGES PAR RÉFLEXION.

Loi de la réflexion.

178. Nous allons maintenant étudier la détermination et la représentation des images que produisent les nappes d'eau et les miroirs. Nous ne nous occuperons que des surfaces réfléchissantes planes, parce que ce sont les seules que l'on rencontre dans les applications sérieuses de la Perspective.

Considérons un rayon de lumière MA (fig. 169) émané d'un point matériel M , et la droite AB suivant laquelle il est réfléchi par le miroir XY . L'expérience a montré que le plan des lignes AM et AO contient la droite AZ perpendiculaire au miroir, et que l'angle d'incidence MAZ est égal à l'angle de réflexion ZAO .

Il est facile de voir, d'après cette loi, que la direction du rayon réfléchi passe par le point N qui a, par rapport au plan réflecteur, une position symétrique de M . Tous les rayons réfléchis paraissent émaner

de N, un spectateur, quelque part qu'il soit placé, verra le point M en N. Le point N est, en conséquence, l'image de M.

Cette image sera vue par un œil O, quand le rayon visuel NO rencontrera le miroir. Le point E n'est utile que pour la construction graphique : il peut se trouver sur le prolongement du plan réflecteur.

L'effet de la réflexion est de faire paraître un objet avec une forme et dans une position symétriques de celles qu'il a réellement. On doit d'ailleurs considérer une image comme un corps réel, dont le spectateur voit successivement les différentes parties s'il change de position.

Lorsque des droites sont parallèles entre elles, leurs images sont parallèles, et ont, par suite, un même point de fuite en perspective. Quand une droite est parallèle au miroir, son image lui est parallèle ; si elle est perpendiculaire au miroir, son image est sur son prolongement.

Réflexion sur une nappe d'eau.

(Planche 24.)

179. L'exemple du pontceau, dont nous nous sommes déjà occupé (art. 114 à 117), suffira pour montrer comment on doit opérer dans le cas des nappes d'eau.

Nous avons vu comment on établissait la perspective du géométral (fig. 141 et 142), et l'échelle des hauteurs CCZ.

On place le point K (fig. 143) qui représente le niveau de l'eau, au-dessous de la ligne d'horizon, de la quantité donnée par la figure 140, puis on porte les diverses hauteurs sur l'échelle au-dessus et au-dessous de ce point. On peut alors mettre en perspective, à la fois, les objets et leurs images. Afin de bien indiquer cette construction, nous avons représenté (fig. 143) une moitié de l'arche directe et réfléchie.

Les points considérés doivent être portés horizontalement sur $C'Z$, puis joints à H' .

On agira de la même manière pour les marches; il sera bien de ne placer d'abord que les deux extrêmes, puis de partager en dix parties égales les longueurs $I.XI$ et $I'.XI'$ sur la verticale B_1L .

Pour le premier escalier, on établit d'abord le profil dans le plan uu' (fig. 141), à l'aide des verticales des points u et u' . La seconde est immédiatement divisée sur la figure 143; on reporte sur la première les divisions de la verticale du point B_1 . Enfin on relève les points du géométral sur les droites qui joignent les points de division des deux verticales. Les grandes arêtes convergent vers F .

180. On construit les courbes de la première tête par points, suivant le procédé ordinaire (art. 70). Nous n'avons pas représenté sur la figure 143 les lignes de hauteur des points m et n , par crainte de confusion. On pourrait employer la méthode de la corde de l'arc (art. 43). Les courbes de la seconde tête, et celles qui limitent les voussoirs sur la douelle se déduisent de la première arête, à l'aide des traces de leurs plans sur le géométral.

Pour déterminer les points de division des voussoirs, il faut les indiquer sur l'élévation (fig. 140), les projeter sur la trace $a'b'$ du tableau, les porter sur l'échelle des largeurs $a'E$, et de là sur la droite ii' , puis les relever sur la figure 144. Nous n'avons pas conservé les lignes de cette facile construction. Les lignes de division des voussoirs sur la douelle concourent au point F ; celles qui sont sur la tête convergent vers les points G et G' , perspectives du centre en vue directe et en réflexion.

Les retours de l'imposte et le bahut sont obtenus par les verticales des points x et y d'un côté, x' et y' de l'autre. Les points que l'on détermine sur les deux premières dessinent la coupe par le plan du tableau. Par suite de l'obliquité, les dimensions horizontales sont exagérées.

Le demi-cercle qui termine la gargouille est dans un plan qui a pour ligne de fuite F_1F . Les extrémités du diamètre horizontal, et celle du diamètre vertical suffisent à le tracer convenablement.

On emploie pour le deuxième escalier les verticales des points e et e' , sur lesquelles on rapporte les divisions de la verticale $B'b'$.

Miroirs.

181. Nous nous occuperons d'abord des miroirs verticaux.

Soit EG (fig. 173) la trace sur le géométral du plan du tain de la glace $rstu$, et M un point dont on veut avoir l'image N . On déterminera le point de fuite F des perpendiculaires à la glace (art. 24), on joindra F au point M et à sa projection M' qui doit être connue; on prendra la longueur CN' égale en perspective à CM' , et on n'aura plus qu'à relever N' en N .

Pour déterminer la longueur CN' égale à CM' , on tracera l'horizontale de front $M'M'_2$, et on prendra son milieu C' : la ligne $C'C$ donnera le point F_1 que l'on joindra à M'_2 .

Ce point F_1 une fois obtenu fera trouver rapidement la projection de chaque point de l'image, par une droite de front telle que $M'M'_2$ et une convergente telle que M'_2F_1 . On pourra même ne plus se servir du point F , et déterminer le point N' comme sommet du losange $M'M'_2N'M'_1$ dont les sommets M'_1 et M'_2 sont sur la trace de la glace. Cette construction est très-utile quand le point F est éloigné.

La figure 172 représente sur le plan les constructions que nous venons de faire en perspective, et montre comment on doit opérer quand on a les figures géométrales.

On voit sur la figure 174 l'image d'une porte dans une glace verticale. Les murs étant à angle droit, on a immédiatement des perpen-

diculaires au plan réflecteur. Le point de fuite F_1 est déterminé par les points C et C' , comme sur la figure 173.

Si ce point de fuite auxiliaire est éloigné, on prendra un point F_1 (fig. 171) à une distance convenable sur la ligne d'horizon; on le joindra à M' et à C , et prenant $C'I_2$ égal à CI , on obtiendra le point N' . Construisant alors le losange $M'M_2N'M_1$ dont les sommets M_1 et M_2 sont sur la trace de la glace, on obtiendra un second point de fuite F_2 qui servira avec le premier à déterminer rapidement les images des divers points du géométral, par des losanges semblables. On pourrait aussi utiliser le point de fuite F , et tracer seulement des triangles tels que MM_2N .

Cette construction est représentée sur la figure géométrale 170, et appliquée à une glace de front sur la figure 175.

182. Considérons maintenant une glace quelconque; elle sera déterminée par sa trace eg (fig. 177) sur le géométral, et par son inclinaison. Supposons la glace coupée par un plan vertical qui lui soit perpendiculaire, et rabattons ce plan sur le géométral en le faisant tourner autour de sa trace $m'n''$: la section faite dans le plan réflecteur se placera en cz sous l'inclinaison voulue.

Un point m situé dans ce plan de profil rabattu a pour projection sur le géométral m' , et pour image n . On peut arriver à ce point en menant mm'' parallèle à zc , prenant cn'' égal à cm'' , et traçant les deux lignes mn et $n''n$ l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à zc .

Ces constructions seront faciles en perspective, si l'on connaît les points de fuite des diverses droites. Nous trouvons immédiatement en f le point de fuite de $m'n''$; rabattant sur le géométral le plan vertical dont la trace est Of , et menant les lignes Of_1 et Of_2 , l'une parallèle, l'autre perpendiculaire à zc , nous obtenons en f_1 et en f_2 les points de fuite qui restaient à déterminer.

Les dimensions sont doublées sur la figure 178: FF_1 et FF_2 sont ainsi doubles des longueurs ff_1 et ff_2 .

Pour avoir l'image N d'un point M dont la projection sur le géométral est M' , il faut joindre M à F_1 et à F_2 et M' à F , prendre CN'' égal en perspective à CM' , et tracer F_1N'' jusqu'en N .

Cette opération serait compliquée, parce que les points F_1 et F_2 doivent ici être considérés comme éloignés, mais le plus souvent la glace sera peu inclinée, et alors le point F_2 sera rapproché de la ligne d'horizon; le point F_1 se trouvant au contraire très-loin, les lignes qui convergent vers lui pourront être tracées comme parallèles.

183. Quand une glace est perpendiculaire au tableau, la droite qui va d'un point à son image est de front, et le plan réflecteur la partage en deux parties dont l'égalité n'est pas altérée par la perspective.

Dans la figure 150, la glace est verticale et perpendiculaire au tableau; la construction de l'image ne présente, en conséquence, aucune difficulté. On peut reporter les ombres par points, ou les construire directement sur l'image; pour cela on déterminera les points de concours s_1 et s''_1 images des points s et s'' .

Sur la figure 176 la glace également perpendiculaire au tableau est inclinée à l'horizon. Le plan réflecteur a pour trace sur le parement du mur latéral la ligne rs , et sur celui du mur de front la droite xi parallèle aux côtés ru et st .

Toutes les lignes situées dans le plan de front dont la trace sur le géométral est be , doivent être reproduites sur la glace, dans une position symétrique par rapport à la droite xi .

Pour le plan dont la trace est eg , il faut prolonger ab jusqu'en c et élever la verticale cy jusqu'à la ligne rsy : la droite yj , parallèle à xi , sera la trace du plan considéré sur la glace, et par suite l'axe de symétrie.

Les lignes des feuilles du parquet, étant parallèles à la glace, ont le même point de fuite que leur image.

**Points de fuite et lignes de fuite des images. — Renversement
de la ligne d'horizon.**

184. La détermination des points de fuite et des lignes de fuite d'une image présente plusieurs problèmes qui sont faciles dans les cas ordinaires de la pratique. Nous allons examiner d'une manière générale le plus important, celui du renversement de la ligne d'horizon.

Le plan symétrique du plan d'horizon, par rapport au plan passant par l'œil et parallèle à la glace, est parallèle aux images des droites horizontales; sa trace sur le tableau contient donc les points de fuite de ces lignes: c'est la ligne d'horizon de l'image.

Il est commode, pour l'exposition, de supposer que le plan réflecteur a été transporté parallèlement à lui-même jusqu'à passer par le point de vue: la ligne de fuite devient sa trace, et l'image du plan d'horizon contenant le point de vue se trouve être le plan d'horizon de l'image.

185. P et D sont les points principaux de fuite et de distance (fig. 180) et KL la ligne de fuite du miroir. Nous allons rechercher la ligne d'horizon de l'image.

Nous commencerons par réduire la figure, en prenant le point P pour centre de similitude. Cette opération est toujours nécessaire eu égard à la grandeur de la distance. La ligne KL devient $\frac{1}{3}$ K.M.

Rabattant l'horizon sur le tableau, l'œil se place en $\frac{1}{2}$ O, et $\frac{1}{2}$ O. $\frac{1}{2}$ K est la trace du plan parallèle au plan réflecteur, que nous considérons comme le plan réflecteur lui-même.

Pour pouvoir appliquer la loi de la réflexion, nous prenons un plan vertical perpendiculaire à la glace: sa trace sur l'horizon est hh' . Nous le rabattons, et nous plaçons en xy son intersection par un plan horizontal XY choisi arbitrairement. L'horizontale du plan réflecteur qui passe par le point M du tableau perce le plan vertical en m ; la trace ver-

ticale de la glace est donc km . Faisant l'angle nlm égal à mkh , la droite kn est la trace verticale de l'horizon réfléchi. On en déduit, sur le tableau, la ligne de fuite $\frac{1}{2}KN$ en échelle réduite : sa parallèle KH_1 est la ligne d'horizon de l'image.

186. F étant le point de fuite d'un certain groupe d'horizontales parallèles, leurs images auront sur KH_1 un point de fuite F' , dont nous allons rechercher la position.

Le point F doit d'abord être remplacé par $\frac{1}{2}F$: celui-ci est ramené sur le plan vertical au point r , qui est réfléchi en r' . Le rayon visuel du point r' est projeté sur $\frac{1}{2}O.R_1$, et perce le plan vertical au point $\frac{1}{2}F'$ qui doit être rapporté en F' sur la figure rétablie à son échelle.

La droite $\frac{1}{2}F.\frac{1}{2}F'$ est la perspective de rr' , c'est-à-dire d'une perpendiculaire au miroir; elle passe donc par le point de fuite de ces perpendiculaires. Menons $\frac{1}{2}O.V$ et $\frac{1}{2}O.\frac{1}{2}g$ parallèles à hh' et à rr' , $\frac{1}{2}g$ sera en rabattement le point de fuite cherché : il n'y a qu'à le relever en $\frac{1}{2}G$ sur la verticale du point V, et à le repousser en G à une distance double de P.

G est le point de concours de toutes les droites qui passent par les points de fuite F et F' d'une horizontale et de son image, et, plus généralement, de toutes les droites qui passent par les perspectives d'un point et de son image. Le point de fuite des images des perpendiculaires au tableau serait au point de rencontre des droites H_1K et GP.

187. La ligne d'horizon de l'image n'est perpendiculaire aux images des verticales, que quand le plan réflecteur est perpendiculaire ou parallèle au tableau. Quand il est oblique, les images des verticales ne sont plus de front, et ont, par suite, un point de fuite à distance finie.

Traçons (fig. 180) la droite ki image de la verticale $k.\frac{1}{2}O$, et menons par le point $\frac{1}{2}O$ une droite $\frac{1}{2}O.\frac{1}{2}e$ parallèle à ki . Le point $\frac{1}{2}e$ sera, en rabattement, le point de fuite des images des verticales : il n'y a qu'à le relever en $\frac{1}{2}E$. Si l'étendue de la feuille le permet, on doublera la lon-

gueur P_2^1E . Dans le cas contraire, le point de fuite des verticales ne pourra être placé qu'en échelle réduite.

188. Les diverses constructions que nous venons de présenter d'une manière générale se simplifient quelquefois beaucoup.

On peut déterminer les réflexions sur le tableau lui-même, lorsqu'il est perpendiculaire à la glace. La figure 176 présente un exemple de ce cas. La ligne Pm parallèle à ru est la ligne de fuite de la glace, et la droite Ph , placée par rapport à cette ligne symétriquement à PH , est la ligne d'horizon de l'image.

Deux points symétriques, tels que F et f sont les traces de deux rayons visuels placés symétriquement par rapport au plan passant par l'œil et parallèle au miroir. Si des horizontales ont leur point de fuite en F , leurs images convergeront vers f . Les images des verticales restent de front, et sont sur le tableau parallèles entre elles, et perpendiculaires à Ph .
