

CHAPITRE XXIII.

Des Pendentifs.

435. Un *pendentif* n'est autre chose que ce qui reste d'une voûte que l'on coupe à surface de révolution et à double courbure, en tronquant cette voûte par des plans verticaux élevés sur les côtés d'un polygone inscrit dans la projection horizontale de la courbe de naissance de l'intrados de la voûte primitive, pourvu qu'on regarde ces plans verticaux comme étant les faces intérieures des murs d'une salle couverte par le pendentif. Les pendentifs sont sphériques, sphéroïdes, ellipsoïdes, etc., suivant qu'ils résultent de la troncature d'une voûte sphérique, sphéroïde, ellipsoïde, etc.

Pour qu'un pendentif soit régulier, et produise, en conséquence, un bon effet, il faut : 1°. que les traces horizontales des faces intérieures de la salle forment un polygone régulier, afin que les intersections des faces de ces murs avec l'intrados du pendentif soient des courbes égales entre elles; d'où il suit qu'il ne peut y avoir que les pendentifs sphériques ou sphéroïdes qui puissent être réguliers; car on ne peut inscrire de polygones réguliers que dans le cercle, et il n'y a que les voûtes sphériques et les sphéroïdes dans lesquelles la courbe de naissance de l'intrados soit une circonférence de cercle; 2°. que le nombre des côtés de ce polygone régulier soit pair, et ne soit pas très-grand : le cas où il n'y a que quatre côtés est le plus convenable.

Dans les pendentifs sphériques, les intersections des faces intérieures des murs avec l'intrados de la voûte sont des demi-circonférences de cercle; dans ceux qui sont sphéroïdes, ces intersections sont des courbes semblables à la génératrice de l'intrados, et dans ceux qui sont ellipsoïdes, les mêmes intersections sont des demi-circonférences de cercle pour les faces des murs qui sont perpendiculaires à l'axe de rotation de l'intrados, et des demi-ellipses dans tout autre cas.

La meilleure manière de disposer l'appareil des pendentifs, est de les faire par assises horizontales, toute autre disposition étant vicieuse sous tous les rapports.

DES PENDENTIFS SPHÉRIQUES, DANS LE CAS OU LES TRACES HORIZONTALES
DES FACES INTÉRIEURES DES MURS DE LA SALLE FORMENT UN CARRÉ.

436. PREMIER EXEMPLE. Supposons que le carré ABEG (fig. 366) soit le quart de celui formé par les traces horizontales des faces intérieures des murs de la salle, et par conséquent que la figure ABEFDC soit la projection horizontale de deux demi-murs contigus de cette salle, et le point G celle du centre de l'intrados de la voûte. Cela posé, on opérera comme il suit :

On prendra une ligne de terre HM, parallèle à la droite GF; on prolongera la droite AG indéfiniment vers le point S, et la droite BE vers le point K; par le point H, comme centre, et avec le rayon HI, on décrira le quart de cercle IT, qui sera la moitié de la projection verticale de l'intersection de la face du mur dont la droite AB est la moitié de la trace horizontale, avec l'intrados de la voûte. Par le même centre H, et avec le rayon HM égal à la diagonale GB du carré ABEG, on décrira le quart de cercle MKO, qui sera la moitié du ceintre de la voûte sphérique entière, et qui rencontrera la droite IK au point K, qui sera la projection verticale du sommet de l'intersection, avec l'intrados du pendentif, du plan vertical élevé sur la droite BE, et la droite IK, toute entière, sera la projection verticale de toute la section dont il s'agit. Comme toutes les sections faites, dans l'intrados de la voûte, par les faces intérieures des murs de la salle sont égales, les points T et K seront sur une même droite parallèle à la ligne de terre HM. Il suit de ce qui précède, que la figure IV⁵TOKI sera la projection verticale de la moitié de l'intrados du pendentif. Maintenant, on prolongera la droite DF indéfiniment vers le point P, qui sera la projection verticale de la face extérieure du mur perpendiculaire à la ligne de terre HM; on fera la hauteur QP égale à un nombre convenable d'assises du mur; on décrira la courbe d'extrados RS comme on le jugera convenable, et il ne manquera plus que d'avoir les projections horizontales et verticales des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes du pendentif, pour avoir terminé l'épure.

Pour avoir ces projections, on divisera la moitié MKO du ceintre de la voûte sphérique entière, comme s'il s'agissait effectivement d'une pareille voûte; par les points de division U, V, X, Y, Z, on menera, à la ligne de terre HM, les parallèles UU³, VV³, XX², YY², ZZ², et les parties U¹U², V²V³, XX², etc., de ces droites, seront les projections verticales des arrêtes des douëlles du pendentif. Par les mêmes points de division U, V, X, Y, Z, on abaissera, à la ligne de terre HM, les perpendiculaires UU⁶, VV⁹, XX⁴,

YY^6 , ZZ^6 , qui rencontreront la droite GN aux points U^6 , V^9 , X^4 , Y^6 , Z^6 ; par le point G, comme centre, et avec les rayons GU^6 , GV^9 , GX^4 , GY^6 , GZ^6 , on décrira les arcs de cercle U^6U^5 , V^9V^{11} , X^4X^5 , Y^6Y^7 , Z^6Z^7 , et les parties U^5U^4 , $V^{11}V^{10}$ seront les projections horizontales des arrêtes des douëlles interceptées par les faces contiguës et intérieures des murs, et les quarts de cercle X^4X^5 , Y^6Y^7 , Z^6Z^7 , seront les quarts des projections horizontales des arrêtes des douëlles indépendantes des murs, et qui se trouvent dans les mêmes circonstances que s'il s'agissait d'une voûte sphérique entière.

Pour les coupes, nous observerons que la première assise du pendentif portant fort peu de l'intrados de la voûte, on pourra, sans inconvénient, faire passer le lit de dessus horizontalement par l'arrête supérieure de la douëlle, car, à cause que la courbure de cette première douëlle s'éloigne peu de la situation verticale, il n'en résultera presque pas d'aiguité vers son arrête supérieure, et quand même il y en aurait, elle aurait lieu sur si peu d'étendue, qu'il ne s'ensuivrait aucune défectuosité; au contraire, je ne propose de ne point faire de coupe au lit de dessus de cette première assise, que pour éviter une difficulté que nous allons rencontrer dans le lit de dessus de la seconde. Voici en quoi consiste cette difficulté.

Supposons que la droite V^4V^1 soit la projection verticale du lit de dessus de l'assise du mur correspondante à la seconde douëlle du pendentif; comme l'arrête supérieure V^3V^2 de cette douëlle est plus bas que le lit correspondant de l'assise du mur, la coupe représentée par la droite VV^1 se trouvera en refouillement dans ce lit, sur une étendue comprise entre les faces intérieures des murs contigus, et c'est ce refouillement qui est une difficulté, ou plutôt qui est un inconvénient, car les refouillemens sont toujours difficiles à faire et entraînent beaucoup de main-d'œuvre et de déchet de pierre. Voilà pourquoi j'engagerai toujours à les éviter, quand il n'en résultera pas de plus grands inconvéniens. Supposons qu'ici il ne soit pas possible de les éviter; si l'on veut avoir la projection horizontale de celui dont il s'agit, par le point V^1 , on abaissera, à la ligne de terre HM, la perpendiculaire V^1V^6 , qui rencontrera la droite GN au point V^6 ; par le centre G, on décrira l'arc de cercle V^6V^8 ; par le point V^5 , où la projection verticale V^1V^4 rencontre celle IV^5T de l'intersection du plan vertical élevé sur la droite AB, avec l'intrados du pendentif, on abaissera, à la ligne de terre HM, la perpendiculaire V^5V^{12} , qui rencontrera la droite AB au point V^{12} , qui sera la projection horizontale du point où le lit en question de l'assise du mur rencontre l'intrados de la voûte; on fera la distance Bi égale à BV^{12} , et le point i

sera le correspondant du point V^{12} . Par le centre G et les points V^{11}, V^{10} , on mènera les droites $V^{11}V^8, V^{10}V^7$, que l'on terminera à l'arc V^8V^7 ; on joindra les points i et V^7, V^{12} et V^8 par les droites $iV^7, V^{12}V^8$, et la projection demandée sera terminée. Quant aux projections horizontales des extrémités des autres coupes, on les obtiendra comme s'il s'agissait d'une voûte sphérique entière. Cela fait, on déterminera la forme des panneaux de projection horizontale, ainsi qu'on le voit dans l'épure, où la figure abU^5U^4fgD est celui de la pierre qui porte la première douëlle du pendentif, où la figure $hiV^{11}V^{10}deD$ est celui qui porte la seconde, et où la figure CX^5mBk est celui qui porte la moitié de la troisième douëlle; quant aux autres voussoirs, ils sont semblables à ceux d'une voûte sphérique entière. Donnons présentement la manière de tracer et tailler ceux dont nous venons d'indiquer les panneaux de projection horizontale.

Supposons qu'il s'agisse du voussoir dont le panneau de projection horizontale est la figure abU^5U^4fgD ; on équarrira une pierre, à ce panneau, qui ait la hauteur IU' de l'assise, laquelle prendra la forme $abcdfgDD'a'b'U^5U^4f'g'$ (fig. 367). Puis, on prolongera les arrêtes bc, fd , du lit de pose, jusqu'à leur rencontre au point B ; on prolongera peu à peu les paremens bcU^5b', fdU^4f' , jusqu'aux arcs de cercle BU^5, BU^4 , qu'on reportera sur la pierre, au moyen d'une cerce levée sur l'arc IV^5T (fig. 366); on taillera la petite douëlle BU^5U^4 (fig. 367) suivant les arcs de cercle BU^5, BU^4 et U^4U^5 , en ayant soin d'appliquer une cerce levée sur l'arc MKO (fig. 366), sur le point B et le milieu de l'arrête U^4U^5 (fig. 367), et la pierre sera terminée.

Pour tracer celle dont le panneau de projection horizontale est la figure $hiV^{11}V^{10}deD$, on équarrira une pierre, à ce panneau, qui ait la hauteur U^3V^4 (fig. 366), laquelle aura la forme $hiacdeDD'h'i'a'c'd'e'$ (fig. 368). Ensuite, avec le panneau de projection horizontale du lit de dessus de la première assise, on tracera, sur le lit de pose de la pierre, la forme $i'U^5U^4d$; on fera les hauteurs aV^{11}, cV^{10} , chacune égale à v^2V^3 (fig. 366), et on joindra les points V^{10}, V^{11} (fig. 368) par l'arc de cercle $V^{10}V^{11}$, au moyen d'une règle flexible; on prolongera les paremens $iaV^{11}i', dcV^{10}d'$ (fig. 368), jusqu'à ce que la cerce levée sur l'arc IV^5T (fig. 366), puisse toucher les points U^5 et V^{11}, U^4 et V^{10} (fig. 368); on creusera la douëlle $U^5U^4V^{10}V^{11}$, et il ne restera plus à faire que le refouillement de la coupe du lit de dessus. Pour faire ce refouillement, on prolongera les arcs de cercle U^5V^{11}, U^4V^{10} (fig. 368), jusqu'à leur rencontre aux points V^{12}, v avec les arrêtes du lit de dessus de la pierre; sur ce lit de dessus, et

par les points V^{12} , v , on menera les droites $V^{12}V^8$, vV^7 , de manière que les angles $i'V^{12}V^8$, $d'vV^7$, soient égaux, chacun, à l'angle $AV^{12}V^8$ (fig. 366); on fera les distances $V^{12}V^8$, vV^7 (fig. 368), chacune égale à la distance $V^{12}V^8$ (fig. 366); avec la cerce V^8V^7 (fig. 366), et par les points V^8 , V^7 (fig. 368), on décrira l'arc de cercle V^8V^7 , et la coupe sera tracée. Pour la refouiller, on fera d'abord les petites facettes coniques $V^{11}V^{12}V^8$, $V^{10}vV^7$, et ensuite la coupe $V^{11}V^{10}V^7V^8$.

Enfin, pour tracer et tailler la pierre dont le panneau de projection horizontale est la figure CX^5mBk (fig. 366), on équarrira une pierre, à ce panneau, qui ait la hauteur V^2X' , laquelle aura la forme $X^5mBKC'C^3X^7m'B'K'$ (fig. 369). Puis, avec le panneau de tête $vV'VXX'RP'$ (fig. 366), on tracera la tête $Bonm^2X^9R^4B^2$ (fig. 369), et avec le panneau de tête $V'v'KXX'RP$ (fig. 366), on tracera la tête $AA^2X^6X^8R^3C^2C$ (fig. 369). Avec le panneau de projection horizontale du lit de dessus de la seconde assise, on tracera le lit de pose de la pierre en question, ce qui donnera, du côté de la douëlle, la forme $nV^{11}A'$. On fera ensuite le plan $A'V^{11}A^2$, en observant l'intersection $V^{11}A^2$, avec laquelle on fera coïncider la cerce levée sur l'arc de cercle IV^5T (fig. 366). Cela fait, on joindra les points m^2 , X^6 (fig. 369), avec une règle flexible, par l'arc de cercle m^2X^6 ; on taillera la douëlle $nV^{11}A^2X^6m^2$, suivant les arcs de cercle nV^{11} , $V^{11}A^2$, A^2X^6 , X^6m^2 , et m^2n , et le lit de pose $ACKBonV^{11}o'V^{12}A$, suivant les droites AC , CK , KB , Bo , on, suivant les arcs de cercle nV^{11} , oo' , $V^{11}V^{12}$, et suivant les droites $V^{11}o'$, $o'V^{12}$, $V^{12}A$. Quant à ce qui regarde la coupe du lit de dessus, on se conduira comme s'il s'agissait d'un voussoir d'une voûte sphérique entière.

437. SECOND EXEMPLE. Supposons les mêmes choses que dans le premier exemple, avec cette différence que les quatre murs soient remplacés par quatre piles isolées, dont la trace horizontale de l'une d'elles soit la figure $abBcdD$ (fig. 370), et que ces quatre piles soient réunies par quatre arcs-doubleaux. Dans ce cas, on opérera exactement comme dans le précédent, pour avoir les projections horizontales et verticales des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes; ensuite, par le centre H , et avec un rayon égal à Ac , on décrira le demi-ceintre principal $c'g^2n$ de l'arc-doubleau pratiqué dans le mur, dont les droites DC , BA sont les traces horizontales; on divisera le ceintre $c'g^2n$ de manière que les normales e^2U^2 , g^2V^5 , etc., rencontrent les arrêtes correspondantes U^2U' , V^3V^4 , etc., des douëlles du pendentif, de manière qu'il n'en résulte aucune irrégularité dans les joints. Pour cela, on fera en sorte que la normale e^2U^2 rencontre l'arrête $U'U^2$

très-près du point U^2 , où cette arrête rencontre l'intersection IV^3T de l'intrados du pendentif avec le plan vertical élevé sur la droite BA , ou, ce qui serait encore mieux, au point U^2 lui-même, dut-on ne pas faire la largeur de douëlle $c'e^2$ égale aux autres, et ne commencer la division qu'à partir du point e^2 . Si la normale g^2g^3 ne rencontrait pas l'arrête V^3V^4 au-delà du point g^3 , il faudrait baisser un peu le point g^2 , et, au contraire, on élèverait ce point g^2 , si la normale g^2g^3 rencontrait l'arrête V^3V^4 au-delà du milieu de cette dernière, par rapport au point V^3 . L'appareil étant bien déterminé, on cherchera les projections horizontales g^5g^4 et g^7g^8 , i^4i^6 et i^8i^9 , $l^{12}l^{11}$ et $l^{17}l^{13}$, en opérant ainsi qu'il suit :

Par les points U^2 , g^3 , i^3 , l^3 , et par les points V^3 , X^2 , l^5 , on abaissera, à la ligne de terre HM , les perpendiculaires U^2U^3 , g^3g^4 , i^3i^4 , l^3l^2 , et V^3g^5 , X^2i^6 , l^5l^{11} , qui rencontreront, les premières, la droite BA aux points U^4 , g^4 , i^4 , l^{12} , et les dernières respectivement les projections horizontales des arrêtes des douëlles du pendentif aux points g^5 , i^6 , l^{11} , et les courbes g^4g^5 , i^4i^6 , $l^{12}l^{11}$, qui passeront par les points g^4 et g^5 , i^4 et i^6 , l^{12} et l^{11} , seront les projections demandées. Si l'on veut avoir des points intermédiaires de ces courbes, le point l^{10} de la courbe $l^{12}l^{11}$, par exemple, par le point l^4 , pris arbitrairement sur la coupe l^2l^5 entre les points l^3 , l^5 , on menera la droite l^4l^{18} parallèle, et la droite l^4l^{10} perpendiculaire à la ligne de terre MH : la droite l^4l^{18} rencontrera le centre principal MKO du pendentif, au point l^{18} , par lequel on abaissera, à la ligne de terre MH , la perpendiculaire $l^{18}l^{21}$, qui rencontrera la droite FG au point l^{21} ; par le point G , comme centre, et avec le rayon Gl^{21} , on décrira l'arc de cercle $l^{21}l^{10}$, qui rencontrera la droite l^4l^{10} au point l^{10} , qui sera le point demandé. On opérerait de la même manière pour trouver autant d'autres points intermédiaires qu'on voudrait, tant pour la courbe $l^{12}l^{11}$, que pour les autres i^4i^6 , g^4g^5 . Ayant déterminé les projections horizontales g^4g^5 , i^4i^6 , $l^{12}l^{11}$, des intersections des plans de coupe de l'arc-doubleau pratiqué dans le mur dont les traces horizontales sont les droites BA , DC , avec l'intrados du pendentif, on aura celles g^7g^8 , i^8i^9 , $l^{17}l^{13}$, des intersections des plans des coupes de l'arc-doubleau contigu au premier, avec le même intrados, en faisant les distances Bg^8 , Bi^9 , Bl^{17} , respectivement égales aux distances Bg^4 , Bi^4 , Bl^{12} ; les distances rg^7 , qi^8 , yl^{13} , respectivement égales aux distances rg^5 , qi^6 , yl^{11} , et en faisant passer les courbes g^7g^8 , i^8i^9 , $l^{13}l^{17}$.

Pour avoir les projections horizontales g^4g^6 , i^6i^5 , $l^{11}l^9$, des intersections des coupes planes d'un arc doubleau avec les coupes coniques du pendentif, on opérera ainsi que les lignes de construction l'indiquent. On déterminera

aussi les projections horizontales ef , gh , ik , lm , $e'f'$, $g'h'$, $i'k'$, $l'm'$, et les projections verticales e^3e^4 , $g^{11}g^{12}$, $i^{12}i^{13}$, $i^{14}i^{15}$, $n'n^2$, des arrêtes des douëlles des arcs-doubleaux, et les projections verticales $g^{13}V^4$, $i^{10}X^4$, $l^{20}l^{19}$, des intersections des plans des coupes de l'arc-doubleau situé dans le mur, dont les traces horizontales sont les droites DF , BE , avec l'intrados du pendentif, et l'épure sera terminée.

Pour tracer et tailler les voussoirs, celui, par exemple, de la première assise qui vient sur la pile dont la trace horizontale est la figure $abCedD$, on équarrira un morceau de pierre au panneau de projection horizontale $f'e'U^4U^3efD$, et à la hauteur IU' , laquelle aura la forme $abefhiksmnopqr$ (fig. 371); on taillera la douëlle dop comme nous l'avons expliqué pour le premier voussoir du premier exemple de pendentif, et ensuite avec le panneau de tête $Qc'e^2U^2U^6$ (fig. 370), on tracera les têtes $kluts$, $kzyp's$ (fig. 371), et on taillera les douëlles $levu$, $gxyz$, et les coupes $utov$, $xpp'y$, comme il a été dit pour les berceaux droits.

Pour tracer et tailler le second voussoir qui vient sur celui que nous venons de faire, on équarrira une pierre au panneau de projection horizontale $h'g'g^8g^7g^5g^4gh$ (fig. 370) et à la hauteur e^4V' , qui prendra la forme $abcdefisq^3y'y^2c'qt$ (fig. 372); avec le panneau de projection horizontale $f'e'U^4U^3ef$, du lit de dessus du premier voussoir, on tracera, sur le lit de pose de celui en question, la forme $klm'n$ (fig. 372); on fera la petite surface cylindrique droite $lpo'm'$, sur l'arc de cercle lm' , de manière que les droites lp , $m'o'$, d'équerre au lit de pose de la pierre, soient chacune égale à e^3U' (fig. 370); on fera ensuite la douëlle $puyo'$ (fig. 372) comme il a été dit pour celle du second voussoir du premier exemple de pendentif. Puis, avec le panneau de tête $U^6U^2e^2g^2V^5V'$ (fig. 370), on tracera les têtes $fg'hrq^2q^3$, $foe'z'x'q^3$ (fig. 372); et le voussoir sera tracé. On voit comment il faudra le tailler.

On tracera et on taillera un des voussoirs de la troisième assise, en équarrissant une pierre au panneau de projection horizontale $kii^4i^{16}qBo$ (fig. 370), et à la hauteur $g^{12}X^6$, qui aura la forme $abcdefgg'a'zc'q'e'f'$ (fig. 373). Ensuite, avec le panneau de tête $V^4V^5g^2i^2X^3K$ (fig. 370), on tracera la tête $onmxyc'$ (fig. 373); avec le panneau de tête $V^6V'VXX'X^7$ (fig. 370), on tracera la tête $prss'r'q'$ (fig. 373), et on conçoit, d'après cela, comment on terminerait le voussoir. On voit, en même temps, comment on tracerait et on taillerait les autres voussoirs du pendentif.

Si l'on voulait faire un pendentif dans une salle dont le nombre de murs serait quelconque, on tracerait l'épure et les pierres de la manière que

nous venons d'expliquer dans les deux derniers numéros, à peu de modifications près. Je crois le lecteur parvenu à pouvoir faire lui-même ces modifications.

DES PENDENTIFS SPHÉROÏDES, DANS LE CAS OU LES TRACES HORIZONTALES
DES FACES INTÉRIEURES DES MURS DE LA SALLE FORMENT UN CARRÉ.

438. Les épures des pendentifs sphéroïdes ne diffèrent de celles des pendentifs sphériques, qu'en ce que les projections verticales IV^5T (fig. 366), IV^3T (fig. 370), des intersections des plans verticaux élevés sur la droite AB (fig. 366 et 370), avec l'intrados du pendentif, ne sont plus des demi-circconférences de cercle, mais, ainsi que nous l'avons déjà dit, des courbes semblables à la génératrice MKO (fig. 366 et 370) de l'intrados de la voûte. Or, on connaît les demi-axes HI , HT de cette courbe IV^5T (fig. 366) et IV^3T (fig. 370), puisque HI est égal à AB , et HT égal à IK , et nous savons décrire les courbes les plus en usage, d'après leurs axes : il ne nous reste donc rien à dire sur les épures des pendentifs sphéroïdes, si l'on a bien entendu ce que nous avons dit aux n^{os}. 436 et 437. La manière de tracer et de tailler les vousoirs est encore la même que celle que nous avons donnée aux mêmes numéros.

Dans le cas où l'on veut faire des arcs-doubleaux aux pendentifs sphéroïdes, on doit observer que le ceintre principal $c'g^2n$ (fig. 370), de chacun de ces arcs-doubleaux, soit parallèle à l'intersection correspondante IV^3T de l'intrados de la voûte avec la face verticale et intérieure de cet arc-doubleau.

DES PENDENTIFS ELLIPSOÏDES, DANS LE CAS OU LES TRACES HORIZONTALES
DES FACES INTÉRIEURES DES MURS DE LA SALLE FORMENT UN RECTANGLE.

439. Supposons que le quart d'ellipse V^2BV^3 (fig. 374) soit la projection horizontale du quart de l'ellipse de naissance de l'intrados de la voûte ellipsoïde entière ; que les droites AB , BF soient les traces horizontales des faces intérieures de la moitié de deux murs contigus de la salle ; que le rectangle $ABFG$ soit le quart de celui qui est la projection horizontale entière de l'intrados du pendentif, et que la droite V^2G soit la projection horizontale du demi-axe de rotation de cet intrados. Cela posé, prenons pour lignes de terre les droites HK , XK' , respectivement parallèles aux droites GE , ED , et supposons qu'on ait obtenu les deux projections verticales et la projection horizontale de la voûte ellipsoïde entière, comme il a été expliqué au n^o. 388. Pour passer de ces projections à celles du pendentif, on conçoit,

d'après ce que nous avons dit sur les pendentifs sphériques, qu'il suffira de ne considérer, dans la projection horizontale, que ce qui est compris dans le rectangle $ABFG$, pour ce qui regarde l'intrados, et dans les projections verticales, que ce qui est compris dans les figures IZ^3NMLK , $YZ^2N'M'L'K'$, en supposant qu'on ait obtenu les projections verticales IZ^3 et IZ , YZ^2 et YZ' des intersections des plans verticaux élevés sur les droites AB et BF . On voit assez clairement, dans l'épure, comment on devra obtenir celles IZ , YZ' ; quant aux deux autres IZ^3 , YZ^2 , on observera que la première IZ^3 n'est autre chose qu'un quart de cercle, et la seconde YZ^2 qu'un quart d'ellipse, dont les demi-axes XY , XZ^2 sont respectivement égaux aux droites AG , IZ . Enfin, on opérera, pour les pendentifs ellipsoïdes, comme nous l'avons expliqué pour les pendentifs sphériques au n°. 436, quand on n'a pas d'arc-doubleau, et au n°. 437 quand on en a, en ayant égard à ce qui a été dit au n°. 388 sur les voûtes ellipsoïdes. On tracera et on taillera les voussoirs, comme nous l'avons expliqué aux mêmes numéros.

440. *Observation.* Dans l'exemple de pendentifs ellipsoïdes que nous venons de donner, nous avons supposé que l'ellipse de naissance de l'intrados de la voûte entière était donnée, et nous avons supposé un rectangle quelconque inscrit dans cette ellipse (les côtés du rectangle étant respectivement parallèles aux axes de cette ellipse), par les côtés duquel passaient les faces intérieures des murs de la salle. Mais, dans ce cas, aucune intersection faite par un plan horizontal dans l'intrados de la voûte ne pourra être tangente à la fois aux faces intérieures des quatre murs de la salle, ce qui est un inconvénient dans certaine circonstance. Dans tous les cas, il vaut beaucoup mieux déterminer l'ellipse de naissance de manière qu'elle soit semblable à celle qu'on peut supposer inscrite dans le rectangle formé par les traces horizontales des faces intérieures des quatre murs de la salle.

Pour déterminer cette ellipse de naissance, d'après ces conditions, supposons que le rectangle $abcd$ (fig. 375) soit le quart de celui dont il est question : les droites ac , ab seront les demi-axes de l'ellipse inscrite. Pour avoir ceux ag , af de l'ellipse demandée, qui doit être circonscrite au même rectangle, supposons que ac soit le plus grand demi-axe de la première ; on portera ce demi-axe ac sur l'autre ab prolongé, de sorte que ae égalera ac ; on mènera la droite ce , qui sera le grand demi-axe demandé, et qu'on portera de a en g , sur la droite ac prolongée. Pour avoir le second demi-axe demandé, par le point g , on mènera la droite gf parallèle à cb , qui rencontrera la droite af au point f , et la droite af sera ce demi-axe. Ayant les demi-axes de l'ellipse de naissance de la voûte ellipsoïde entière, on

décriera cette courbe, et on opérera comme il a été dit au n°. 439 pour avoir l'épure du pendentif en question.

DES PENDENTIFS EN VOUSSURÉ.

441. Supposons que la figure ACDEB (fig. 376) soit la moitié de la trace horizontale d'une des quatre piles qui sont destinées à soutenir le pendentif; que la droite AB soit celle du plan vertical qui coupe cette pile en deux; que la droite AC soit la projection horizontale de la naissance de la voussure, et que la droite DE, perpendiculaire à BE, soit celle de la naissance d'un arc-doubleau dont la saillie, par rapport à la voussure, est indiquée par la droite DC, parallèle à la trace horizontale EB de l'une des deux faces extérieures de la pile. Les prolongemens EG, DF, des droites BE, CD, seront les projections horizontales des arrêtes de l'arc-doubleau, et la droite GF, perpendiculaire à GB, celle de la génératrice du milieu de la clef de cet arc-doubleau.

Prolongeons les droites GF et BA jusqu'à leur rencontre au point v; par ce dernier point, comme centre, et avec le rayon vF, décrivons l'arc de cercle FU, et regardons cet arc de cercle comme étant le huitième de la projection horizontale d'une circonférence de cercle, situé horizontalement, avec laquelle l'intrados des quatre voussures qui forment le pendentif doit se raccorder par en haut. Regardons, de plus, cette circonférence de cercle comme étant la base de la face intérieure d'un mur cylindrique droit, soutenu par les quatre voussures. D'après ces hypothèses on voit que l'intrados de chaque voussure doit prendre naissance sur une ligne droite horizontale et se terminer, à une certaine hauteur, sur un quart de cercle situé horizontalement.

Supposons, maintenant, qu'on ait pris une ligne de terre HM, parallèle à GB, et qu'on ait décrit la projection verticale IPT du ceintre principal de l'arc-doubleau. Cela posé, on décriera la courbe KQT', parallèle au ceintre IPT, et à une distance égale à DC, et cette courbe sera la projection verticale de l'intersection de l'intrados de la voussure avec la face verticale et intérieure de l'arc-doubleau. Ensuite, supposons qu'on ait pris une seconde ligne de terre F'B', parallèle à la droite AB; que par les points U, A, on ait élevé, à cette ligne de terre, les perpendiculaires UY, AX; qu'on ait fait la hauteur U'Y égale à HT'; qu'on ait joint les points X, Y par une droite XY, et qu'au milieu de cette droite XY on ait mené une perpendiculaire VV': cette perpendiculaire rencontrera la ligne de terre B'V' au point V', et si par ce point V', comme centre, et avec le rayon VX on décrit l'arc de cercle XY, cet arc sera l'intersection du plan vertical élevé sur

la droite UB avec l'intrados de la voussure; de sorte que les limites de cet intrados seront toutes déterminées. Pour achever d'en déterminer la forme, on imaginera une suite de plans horizontaux, et on supposera que les intersections de ces plans avec l'intrados en question soient des arcs de cercle. Voici, maintenant, comment on tracera l'épure de la voussure.

On divisera le ceintre principal IPT de l'arc-doubleau, en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs; par les points de division on menera les coupes NO, PQ', RR³, SS³, et par le point O on menera, à la ligne de terre HM, la parallèle OO², qui sera la projection verticale du lit de dessus de la première assise. On menera les droites Q'Q³, R²R³, T²R⁷, parallèles à la même ligne de terre HM, et distantes entre elles de la quantité O³O, qui seront les projections verticales des lits des autres assises. Parallèlement à la ligne de terre F'B', on menera les droites X¹X⁴, X²X⁵, X³X⁶, F+X⁷, distantes entre elles de la même quantité O³O, qui seront les secondes projections verticales des lits des assises. Comme les lits des deux premières assises ne forment pas des angles trop aigus avec l'intrados de la voussure, on se dispensera de faire des coupes dans la voussure pour ces deux premières assises, mais on en fera aux autres. Dans notre exemple, on se contentera, en conséquence, de prendre un point X³, sur l'arc de cercle XY, un peu plus bas que la projection verticale X³X⁶, du lit correspondant, par lequel on menera la droite X³X⁸ normale à l'arc de cercle XY, et la droite X³k' parallèle à la ligne de terre F'B', qui sera la projection verticale de l'arrête de douëlle qui passe par le point X³. On menera la droite R⁴a parallèle à la ligne de terre HM, et à une distance égale à k²k', laquelle sera la seconde projection verticale de la même arrête.

Cela fait, on cherchera la projection horizontale de cette même arrête, et pour cela, par le point X³, on abaissera, à la ligne de terre F'B', la perpendiculaire X³c, qui rencontrera la droite UB au point c; par le point a, on abaissera, à la ligne de terre HM, la perpendiculaire ab, qui rencontrera la droite CF au point b; on joindra les deux points b et c par la droite bc, au milieu de laquelle on menera la perpendiculaire ix, qui rencontrera la droite Bx au point x; par le point x, comme centre, et avec le rayon xc, on décrira l'arc de cercle cb, qui sera la projection demandée. On aurait de la même manière les projections horizontales ef, gh des autres arrêtes des douëlles de la partie en voussure.

Pour avoir la projection horizontale k³k⁴ de l'extrémité de la coupe qui répond au point X³, par ce point X³ on abaissera, à la ligne de terre F'B', la perpendiculaire X³k³, qui rencontrera la droite UB au point k³; par le

point x (qui est le centre de la projection horizontale cb de l'arrête de douëlle correspondante), comme centre, et avec le rayon xk^3 , on décrira l'arc de cercle k^3k^4 , qui sera la projection demandée.

Actuellement, on abaissera les projections horizontales rs , pq , on , ut^3 , des arrêtes des douëlles de l'arc-doubleau, et celles lk , mi , des intersections des plans des coupes de l'arc-doubleau avec l'intrados de la voussure, en abaissant, à la ligne de terre HM , et par les points R^2 , Q' , les perpendiculaires R^2k , $Q'i$, qui rencontreront les arcs de cercles bc , ef , aux points k et i ; par les points R' , Q , on abaissera, à la même ligne de terre HM , les perpendiculaires $R'l$, Qm , qui rencontreront la droite CF ; par les points l et k , m et i , on fera passer les courbes lk , mi , qui seront les projections demandées, et l'épure sera terminée.

Si l'on est curieux de compléter les projections verticales de cette moitié de voussure, d'abord on déterminera la projection verticale LR^6 de l'intersection, avec l'intrados, du plan vertical élevé sur la droite BA , en élevant, par les points A , h , f , c , U , les perpendiculaires AL , hO' , fQ^2 , cR^4 , UR^7 , à la ligne de terre HM , qui rencontreront les droites HM , OO^2 , $Q'Q^3$, R^2R^4 , $T'R^6$, respectivement aux points L , O' , Q^2 , R^4 , R^6 , par lesquels on fera passer la courbe $LO'Q^2R^4R^6$, qui sera la projection demandée.

Si l'on veut avoir les projections verticales $Xl'F^3$, $D'q'F^2$, par les points F , t^3 , n , q , s , D , on élèvera, à la ligne de terre $F'B'$, les perpendiculaires FF^4 , t^3t^4 , nn' , qq' , ss' ; on fera les ordonnées $F'F^2$, t^5t^4 , n^2n' , $U'q'$, $s's^2$, respectivement égales aux ordonnées HT , S^5S , R^9R , $P'P$, $N'N$; par les points D' , s^2 , q' , n' , t^4 , F^2 , on fera passer la courbe $D'q'F^2$, qui sera une des projections demandées. Pour avoir l'autre, par les points C , g , m , l , t^3 , on élèvera, à la même ligne de terre $F'B'$, les perpendiculaires CX , gg^2 , mm^2 , ll' , t^3t' ; on fera les ordonnées g^3g^2 , $m'm^2$, l^2l' , t^6t' , $F'F^3$, respectivement égales aux ordonnées O^3O , Q^4Q , $R^{10}R'$, S^4S' , HT' , et par les points X , g^2 , m^2 , l' , t' , F^3 , on fera passer la courbe $Xl'F^3$, qui sera la dernière projection demandée. Enfin, si l'on voulait avoir une troisième projection verticale dans un plan dont la ligne de terre $M'M^2$ serait parallèle à la droite AC , on opérera de la même manière, ainsi que les lignes de construction l'indiquent.

Je laisse au lecteur le soin de tracer et de tailler de lui-même les voussoirs de cette voussure.