

CHAPITRE X.

Des Trompes coniques.

Le bon goût a proscrit les trompes de l'architecture civile ; mais l'architecture militaire s'en sert assez souvent dans les fortifications, parce que dans ces sortes d'ouvrages on regarde moins à l'élégance des formes, qu'à l'utilité.

Les trompes coniques, comme nous l'avons dit au commencement du chapitre précédent, ne peuvent être pratiquées que dans l'encoignure formée par la rencontre de deux murs. Ces murs peuvent être tous les deux droits ou tous les deux en talus, ou bien l'un droit et l'autre en talus. On pourrait aussi supposer ces deux murs, ou un seul, à surface gauche; ainsi, les trompes coniques peuvent se trouver dans six circonstances différentes, c'est-à-dire, que nous pouvons compter six espèces d'encoignures dans lesquelles les voûtes dont il s'agit peuvent se trouver ; 1°. les encoignures formées par deux murs droits ; 2°. les encoignures formées par deux murs en talus ; 3°. les encoignures formées par un mur droit et par un mur en talus ; 4°. les encoignures formées par deux murs à surfaces gauches ; 5°. les encoignures formées par un mur à surface gauche et par un mur droit ; et 6°. les encoignures formées par un mur à surface gauche et par un mur en talus.

Dans chaque espèce d'encoignures, le ceintre de face d'une trompe conique peut se trouver 1°. sur un plan vertical ; 2°. sur un plan en talus ; 3°. sur une surface gauche ; 4°. sur une surface cylindrique droite ; 5°. sur une surface cylindrique oblique ; 6°. sur une surface conique droite ; et 7°. sur une surface conique oblique : d'où il suit que nous pouvons compter sept espèces de trompes coniques pour chacun des six cas où elles peuvent se rencontrer, ce qui nous fait, en tout, quarante-deux espèces différentes. Pour éviter les épures autant que possible, nous donnerons quelques exemples particuliers, pour habituer le lecteur à ce genre d'ouvrage, et nous terminerons par une épure générale qui les renfermera toutes.

DES TROMPES PRATIQUÉES DANS LES ENCOIGNURES FORMÉES PAR DEUX MURS DROITS, ET QUI ONT LEUR CEINTRE DE FACE DANS UN PLAN VERTICAL.

339. PREMIER EXEMPLE. Supposons que les droites AB et CD, BE et

DF (fig. 232), soient les traces horizontales des faces des murs qui forment l'encoignure dans laquelle on veut pratiquer une trompe de l'espèce dont il s'agit ; que la droite GH soit celle du plan vertical dans lequel le ceintre de face de la trompe doit être situé, et que les traces GB, BH et HG fassent entre elles un triangle isoscèle GBH. Cela posé, on opérera de la manière suivante :

Quel que soit l'angle formé par les traces AB, EB, des faces intérieures des murs de l'encoignure, on divisera la trace GH, du plan du ceintre de face, en deux parties égales au point I, par une droite BI menée du sommet B de l'angle GBH, et cette droite BI sera la projection horizontale de l'axe de l'intrados de la trompe, et elle sera, dans ce cas, perpendiculaire à la trace GH du plan du ceintre de face. Le point B sera la projection horizontale du sommet de cet intrados, et les droites BG, BH, seront celles des génératrices de naissance de la voûte. Cela fait, on prendra une ligne de terre KL, perpendiculaire à la droite IB, laquelle ligne de terre sera parallèle à la droite GH. Par les points G et H, on élèvera, indéfiniment à cette ligne de terre KL, les perpendiculaires GU, HV, qui seront les projections verticales indéfinies des intersections du plan vertical du ceintre de face avec les faces intérieures des murs qui forment l'encoignure ; sur la distance KL, comprise entre les points où ces perpendiculaires rencontrent la ligne de terre KL, comme diamètre ou comme axe, on décrira la courbe quelconque KML, qui sera la projection verticale du ceintre de face, lequel sera parfaitement égal à cette projection ; on divisera cette courbe KML en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs ; par les points de division N, O, etc., on abaissera les perpendiculaires NN', OO', etc., à la ligne de terre KL, lesquelles rencontreront la trace horizontale GH du plan du ceintre de face aux points N', O', etc., par lesquels, et le point B, on mènera les droites BN', BO', etc., qui seront les projections horizontales des arrêtes des douëlles. Pour avoir les projections verticales des mêmes arrêtes ; par la projection verticale R du sommet de l'intrados, et par les points N, O, etc., on mènera les droites bh, ci, etc., qui seront les projections demandées. Si l'on veut que les parties des coupes Nh, Oi, etc., soient normales à la courbe KML, les coupes entières formeront un pli, dans le cas où la courbe KML ne sera pas une demi-circconférence, et les intersections des deux parties de ces coupes seront des droites horizontales dont les projections verticales seront les points N, O, etc. Les coupes extérieures, comme Nh, qui vont rencontrer les projections verticales KU, LV, des intersections du plan vertical du ceintre de face avec

les faces des murs qui forment l'encoignure, ne doivent jamais être prolongées au-delà de ces intersections KU , LV ; mais on peut ne pas les prolonger jusque-là, si les hauteurs des assises des murs rencontrent ces intersections KU , LV , plus bas que ne le font les coupes. Si les hauteurs des assises des murs obligeaient de prolonger les coupes, comme Nh , au-delà de l'intersection KU , pour une largeur de douëlle KN , donnée par une première division du ceintre de face, on en ferait une seconde, en mettant moins de voussoirs, pour élever le point N , et s'il n'était pas possible d'élever assez ce point par une nouvelle division, on l'élèverait de ce qu'il faudrait, pour que l'extrémité h de la coupe Nh se trouvât exactement au point où la projection verticale vh du lit correspondant d'une des assises du mur rencontre la droite KU , dût-on ne pas avoir la largeur de douëlle KN égale aux autres.

Après avoir obtenu, comme nous venons de l'expliquer, les projections horizontales et verticales des arrêtes des douëlles et de celles des coupes, on observera que, si l'on prolongeait les projections des arrêtes des douëlles jusqu'à celles du sommet de la surface d'intrados, les largeurs des douëlles seraient nulles au sommet même, et formeraient des angles tellement aigus, que la pierre ne résisterait pas même à la taille. Pour éviter cette aiguïté, on tronque les sommets des douëlles par une surface cylindrique dont la directrice adg est une courbe semblable au ceintre de face de la trompe, et l'on remplit le vide occasionné par cette tronquature, au moyen d'un demi-cylindre formé d'un seul morceau de pierre, auquel on donne le nom de *trompillion*. Pour avoir les projections horizontale et verticale de ce trompillion, on mène une droite ST parallèle à la trace horizontale GH du plan vertical du ceintre de face, et cette droite ST est la projection horizontale de l'intersection du trompillion avec l'intrados de la trompe; de sorte que cette intersection est située dans un plan vertical élevé sur la droite ST . Pour avoir la projection verticale adg de la même intersection, par les points S et T , on élèvera, à la ligne de terre KL , les perpendiculaires Sa , Tg , lesquelles iront rencontrer la ligne de terre KL aux points a et g , ce qui donnera la distance ag pour le diamètre ou l'axe de la courbe adg , qui doit être semblable au ceintre de face KML , et qui sera la projection verticale demandée. Pour avoir les projections horizontales SS' , $b'b^2$, $c'c^2$,....., TT' des génératrices du trompillion suivant lesquelles les arrêtes des voussoirs de la trompe, dont les projections verticales sont les points a , b , c ,....., g , viennent s'appuyer sur la surface cylindrique de ce trompillion, par les points b' , c' , d' ,....., T_2 , on mènera, à la droite IB ,

les parallèles SS' , $b'b^2$, $c'c^2$, etc., qui seront les projections demandées, et l'épure sera terminée.

Si l'on voulait avoir le développement des panneaux des douëlles et des coupes, et si le ceintre de face KML était une demi-circonférence de cercle, comme toutes les arrêtes des douëlles seraient égales, on s'y prendrait de la même manière que pour les portes coniques droites dans un mur droit; si le ceintre de face était une courbe différente d'une demi-circonférence, on s'y prendrait de la manière que nous allons expliquer dans l'exemple suivant. Au reste, ce développement est tout-à-fait inutile pour tracer les voussoirs, et ce serait même une mauvaise méthode que de les employer, en faisant d'abord un parement à la pierre pour servir de douëlle, en appliquant le panneau de douëlle sur ce parement, et en faisant les coupes au moyen d'une fausse équerre, comme l'ont proposé les auteurs qui ont écrit sur ce sujet, sur-tout quand les voussoirs sont en état de charge. Voici un procédé beaucoup plus exact (et qui ne demande pas plus de pierre, entre les mains d'un appareilleur intelligent) pour tracer les voussoirs des trompes dont le ceintre de face est sur un plan vertical quelconque.

Supposons qu'il s'agisse de faire le trompillion (fig. 233); on choisira un morceau de pierre qui ait la longueur $d'D$ (fig. 232), et dont la tête contienne le panneau de tête adg ; on fera le lit de pose et les deux têtes à cette pierre, de manière que ces deux têtes soient d'équerre au lit, parallèles entre elles, et à une distance l'une de l'autre égale à la longueur $d'D$, et ensuite on taillera cette pierre en forme de demi-cylindre droit, au moyen du panneau de tête adg . Cela fait, on tracera, sur le lit de pose de la pierre, la forme $ahcdf$ (fig. 233), au moyen du panneau de plan $SBTT'DS'$ (fig. 232); suivant les droites df , ef (fig. 233), on fera les faces dfg , efg , d'équerre au lit, lesquelles feront partie des faces extérieures des murs d'encoignure, puis on fera la tête conique du trompillion, de manière que le point h sera le sommet, la courbe abc la base, et les droites ah , ch seront les génératrices de naissance de cette tête, et le trompillion sera terminé.

Pour tracer un premier voussoir, celui à gauche, par exemple, on levera le panneau de projection horizontale $AGN'b'b^2C$ (fig. 232), et on taillera une pierre qui ait ce panneau pour base, et pour hauteur, la hauteur Kh de l'assise correspondante du mur, et cette pierre aura la forme $abcddepkihsqr$ (fig. 234); cela fait, sur le lit de pose $abcddep$ de la pierre, on menera, par le point d , la droite do , parallèle à cb ; on fera la distance do égale à Sb' (fig. 232), et par le point o (fig. 234), on menera la droite on parallèle à

l'arrête de ; on prolongera la droite ab jusqu'au point o ; puis, on fera la hauteur cg égale à l'ordonnée N^2N (fig. 232), les hauteurs df , em (fig. 234), chacune égale à la hauteur b^3b (fig. 232), et on joindra les points g , f , et m , par les droites gf , fm (fig. 234). On fera ensuite la distance rl égale à b^2h' (fig. 232) ; on joindra les points g , h , l , m (fig. 234), par les droites gh , hl , et lm , et les points b et g par une cerce prise convenablement sur le ceintre de face KML , et la pierre sera tracée. Pour achever de la tailler, avec une cerce levée sur le ceintre de face du trompillion, et suivant les deux droites on , fn , on taillera la surface cylindrique qui vient s'appuyer sur le trompillion ; ensuite, sur cette surface, on tracera l'intersection of , avec cette même surface, du plan vertical élevé sur la droite od . Cela fait, on taillera la douëlle conique $bofg$, en faisant glisser une règle sur les deux courbes semblables bg , of ; par les droites hg , gf , fm , ml , et lh , on fera passer un plan qui sera la coupe du lit de dessus, et la pierre sera terminée.

Pour tracer le voussoir qui vient sur celui que nous venons de faire, on s'y prendra de la même manière, en se servant du panneau de projection horizontale $nGO'e'c'i'$ (fig. 232), et en équarrissant la pierre à sa plus grande hauteur eU . On se conduira de même pour tracer les autres voussoirs.

On pourrait tracer les voussoirs par panneaux de tête, comme nous l'avons expliqué au n°. 332, pour les portes coniques. Ce dernier moyen est sur-tout commode, dans le cas où les pierres proposées, pour faire la trompe, ne sont pas assez longues pour que les voussoirs soient d'un seul morceau, ce que nous expliquerons plus tard.

340. SECOND EXEMPLE. Supposons toujours que les droites AB et CD , BE et DF (fig. 235) soient les traces horizontales des faces des murs qui forment l'encoignure dans laquelle on veut pratiquer une trompe, de même espèce que celle de l'exemple précédent ; que la droite GH soit celle du plan vertical dans lequel le ceintre de face de la trompe doit être situé ; mais, ici, supposons qu'au lieu de faire un triangle isoscèle, les traces GH , BH et BG fassent un triangle GBH quelconque. Cela posé, on opérera de la manière suivante :

Sur la droite GH , on décrira le ceintre de face HPG , qu'on divisera en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs ; par les points de division R , Q , etc., on abaissera, sur la droite GH , les perpendiculaires RN' , QO' , etc. ; par les pieds N' , O' , etc., de ces perpendiculaires, et par le sommet B de l'angle GBH , formé par les traces horizontales des faces intérieures des murs, on menera les droites $N'b'$, $O'c'$, etc., qui seront les projections horizontales des arrêtes des douëlles. Puis, on prendra une

ligne de terre KL perpendiculaire à la droite IB , laquelle droite IB passe par le point B et le milieu I de la droite GH , et est la projection horizontale de l'axe de l'intrados de la trompe; le sommet B de l'angle GBH , est la projection horizontale du sommet de la surface d'intrados. Ensuite, par les points G, N', O', \dots, H , on élèvera, à la ligne de terre KL , les perpendiculaires $G'U, N'N', O'O', \dots$, et HV . Les parties KU, LV de la première et de la dernière, de ces perpendiculaires, sont les projections verticales des intersections des faces intérieures des murs de l'encoignure avec le plan vertical du ceintre de face. On fera les ordonnées $N'N, aO, B'M$, etc., respectivement égales à celles $N'R, O'Q, IP$, etc., du ceintre de face, et par les points K, N, O, M, \dots, L , on fera passer une courbe KML qui sera la projection verticale du ceintre de face. Par la projection verticale B' , du sommet de l'intrados, et par les points N, O , etc., on mènera les droites hb, ic , etc., qui seront les projections verticales des coupes et des douëlles des voussoirs. On disposera les états de charge, en faisant les mêmes observations que dans l'exemple précédent. Quant aux projections du trompillon, on les obtiendra en menant la droite ST parallèle à GH , qui sera la projection horizontale de l'arrête apparente de ce trompillon, et en élevant, par les points S, b', c' , etc., où les projections horizontales des arrêtes des douëlles rencontrent la droite ST , les perpendiculaires $Sa, b'b, c'c$, etc., à la ligne de terre KL , lesquelles rencontreront les projections verticales des arrêtes des douëlles aux points a, b, c , etc., par lesquels on fera passer la courbe adg qui sera la projection verticale de la même arrête du trompillon. On abaissera les projections horizontales $h'G, i+i', k^2k', l'H$, des extrémités des coupes, qui sont parallèles à l'axe de la surface, et l'épure sera terminée.

Si l'on veut avoir le développement des panneaux des douëlles et des coupes, on cherchera d'abord le développement des douëlles, comme nous l'avons expliqué au n°. 334, pour les portes coniques obliques. Puis, pour avoir les panneaux des coupes, on obtiendra le rabattement de leurs extrémités, comme il a été dit dans le même numéro, et on opérera ensuite, de la manière suivante :

Supposons qu'il s'agisse du panneau $kcqrs$ (fig. 236) de la coupe bh (fig. 235); par la projection horizontale B du sommet de l'intrados de la trompe, et avec le rayon Bh' , on décrira l'arc de cercle $h'h^3$; par le point h^3 , où l'arc de cercle $h'h^3$ rencontre la génératrice de naissance BE , on élèvera, à cette dernière droite, la perpendiculaire h^3h^2 , qui rencontrera au point k^2 l'horizontale G^2h^2 , qui passe par le rabattement G^2 de l'extré-

mité de la coupe en question; puis, avec un rayon égal à BG^2 , et du point a , comme centre (fig. 236), on décrira un arc de cercle en q ; par le point c , comme centre, et avec le rayon ZZ' (fig. 235), on décrira un autre arc de cercle en q , qui coupera le premier au point q , et on menera la droite cq ; avec le rayon Bh^2 (fig. 235), et par le point a , comme centre (fig. 236), on décrira un arc de cercle en r ; avec un rayon égal à la projection horizontale Gh' de l'arrête supérieure de la coupe (fig. 235), et par le point q , comme centre (fig. 236), on décrira un autre arc de cercle en r , qui coupera le premier au point r , par lequel, et le point q , on menera la droite qr , à laquelle, et par le point k , on menera la parallèle ks ; on fera la distance ks égale à $b'b^2$ (fig. 235); on joindra les points r et s par la droite sr , et la figure $kcqrs$ sera le panneau demandé. On obtiendrait les autres par le même moyen.

Quant à la manière de tracer les voussoirs, elle est la même que pour le cas précédent.

DES TROMPES PRATIQUÉES DANS LES ENCOIGNURES FORMÉES PAR LA RENCONTRE DE DEUX MURS DROITS, LE CEINTRE DE FACE DE LA TROMPE ÉTANT SITUÉ SUR UN PLAN EN TALUS.

341. Supposons que les droites AB et CD , FE et DC (fig. 237) soient les traces horizontales des faces des murs qui forment l'encoignure dans laquelle on veut pratiquer une trompe de l'espèce dont il s'agit; que la droite HI soit la projection horizontale de l'intersection, avec le plan en talus, du plan qui passe par les génératrices de naissance, et que la courbe régulière quelconque HKI soit l'intersection avec l'intrados de la trompe, d'un plan vertical élevé sur la droite HI . Supposons, de plus, que l'on ait pris une ligne de terre QR , quelconque, perpendiculaire à la droite HI , prolongée, et que la droite Qs soit l'intersection du plan en talus avec le plan vertical élevé sur la droite QR . Cela posé, on opérera de la manière suivante :

On divisera, comme à l'ordinaire, la courbe HKI , qui est la directrice de l'intrados de la trompe, en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs; par les points de division M, N , etc., on abaissera, à la droite HI , les perpendiculaires MM', NN' , etc.; par les pieds M', N' , etc. de ces perpendiculaires, et par le point D , qui est la projection horizontale du sommet de l'intrados, on menera les droites $M'c, N'd$, etc., qui seront les

*

projections horizontales des arrêtes des douëlles. On déterminera la projection verticale R du sommet de la surface conique, et ensuite, on fera les distances QS, QT, QU, respectivement égales aux ordonnées M/M, N/N, LK, et par les points S, T, U, et le point R on mènera les droites RS, RT, RU, lesquelles seront les projections verticales des arrêtes des douëlles. Par les points p^3, o^3, l , où ces projections verticales rencontrent la ligne de talus Qs, on mènera, à la droite QH, les parallèles p^3m, o^3n, ll' , lesquelles rencontreront respectivement les projections horizontales des arrêtes des douëlles et celle de l'axe de la surface conique aux points m et p, n et o et L' , par lesquels, et les points H et I, on fera passer la courbe HL'I, qui sera la projection horizontale de l'intersection de l'intrados de la trompe avec le plan en talus. Cela fait, on prendra une ligne de terre H'I' perpendiculaire à la projection horizontale LD de l'axe de la surface conique, prolongée indéfiniment; puis, par les points H, m, n, o, p, on élèvera les droites HH', mm', nn', oo', pp', II', perpendiculaires à cette ligne de terre H'I'; on fera ensuite les ordonnées m^2m' et p^2p' , n^2n' et o^2o' et $D'L^2$, respectivement égales aux hauteurs p^4p^3, o^4o^3 et $l'l$, et, par les points H', m', n', L', o', p', et I', on fera passer la courbe H'L'I', qui sera la projection verticale du ceintre de face de la trompe. Maintenant, par les points m', n', o', p', et la projection verticale D' du sommet de l'intrados, on mènera les droites zc', yd', xf' et vg' , qui seront les projections verticales des arrêtes des douëlles et des coupes. Supposons que la droite yx soit la projection verticale du lit d'une assise des murs; on prendra la hauteur y'y que l'on portera de Q en V, et, par le point V, on mènera la droite VY parallèle à la ligne de terre QR; par le point s, où la droite VY rencontrera la ligne de talus, on abaissera, à la ligne de terre QR, la perpendiculaire ss^2 , et la partie $s's^2$ de cette perpendiculaire, comprise entre les traces horizontales CD, ED, des faces intérieures des murs de l'encoignure, sera la projection horizontale de l'intersection du plan en talus avec le plan du lit dont nous venons de parler. Par les points s^2, s' , où cette projection horizontale s^2s' rencontre les traces DC, DE, on élèvera, à la ligne de terre H'I', les perpendiculaires $s^2s^4, s's^3$, qui rencontreront la droite s^4s^3 aux points s^4, s^3 , par lesquels, et les points H'I', on mènera les droites $H's^4, I's^3$, qui seront les projections verticales des intersections du plan en talus avec les faces intérieures des murs de l'encoignure. Il faut s'arranger de manière que la division du ceintre de face HKI soit telle, que les coupes $c'z, g'v$ rencontrent les droites $H's^4, I's^3$ respectivement aux

points z et v , qui sont ceux où la projection verticale $z'v'$ du lit correspondant des assises des murs rencontre les droites $H's^4$, $I's^3$. Pour satisfaire à cette condition, on se rappellera ce que nous avons dit au n°. 339. Cela posé, on prendra la hauteur z^2z pour la porter de Q en S , et, par le point S , on mènera la droite SX parallèle à la ligne de terre QR ; par le point r , où cette droite SX rencontre la ligne de talus, on abaissera, à la ligne de terre QR , la perpendiculaire rr^2 ; par les points z et v , on abaissera, à la ligne de terre $H'I'$, les perpendiculaires zr^2 , vr' , qui rencontreront la droite r^2r' aux points r^2 , r' situés sur les traces horizontales DC , DE des faces intérieures des murs de l'encoignure, par lesquels, et les points m , p , on mènera les droites mr^2 , pr' , qui seront les projections horizontales des intersections des plans des premières coupes. Pour avoir celles nt , ou, des autres coupes, par les points y , x , on abaissera, à la ligne de terre $H'I'$, les perpendiculaires yt , xu . Les extrémités horizontales des coupes auront pour projections horizontales les droites r^2r^4 , ty' , uu' et $r'r^3$, et l'épure sera terminée.

Si l'on veut faire le développement des panneaux des douëlles et des coupes, on s'y prendra comme nous l'avons expliqué au sujet des portes coniques dans les murs en talus, pour les panneaux des douëlles, et comme nous l'avons expliqué au n°. 340 pour les panneaux des coupes.

Pour tracer les voussoirs, on fera usage des panneaux de tête, comme nous l'avons expliqué au n°. 333, et, dans ce cas, on pourra se servir des panneaux de coupe pour tracer les têtes en talus quand la pierre sera équarrie, comme il a été dit. Si on l'aime mieux, on les tracera par équarrissement au moyen de panneaux de projection horizontale, comme nous l'avons dit au n°. 332, et on aura soin de faire le talus avant de faire la douëlle et les coupes.

DES TROMPES PRATIQUÉES DANS LES ENCOIGNURES DE MÊME GENRE QUE PRÉCÉDEMMENT, LE CEINTRE DE FACE ÉTANT SUR UNE SURFACE GAUCHE.

342. Supposons 1°. que les droites AB et CD , DE et FG (fig. 238), soient les traces horizontales des faces des murs droits qui forment l'encoignure de la trompe qu'on veut faire; 2°. que la droite HI soit la projection horizontale de l'intersection du plan des naissances de la trompe avec la surface gauche; 3°. que cette surface gauche soit engendrée comme toutes celles dont nous avons parlé jusqu'ici; et, 4°. que la courbe HKI soit l'intersection d'un plan vertical élevé sur la droite HI , avec l'intrados de la trompe. Supposons, de plus, qu'on ait pris deux lignes de terre, l'une $H'I'$ perpendiculaire à la projection horizontale LD de l'axe de l'intrados de la trompe,

et l'autre QR perpendiculaire à la droite IH, prolongée; et que les droites QQ', QY soient les projections verticales des directrices de la surface gauche, directrices que nous supposons dans les faces intérieures des murs d'encoignure; cela posé, on cherchera d'abord la projection horizontale HmnL'opI, comme il a été dit au n°. 337, au sujet des portes coniques dans les murs gauches, en observant de faire les distances QS, QT, QU, respectivement égales aux ordonnées M'M, N'N, LK, etc., de la courbe HKI; ensuite, on aura la projection verticale H'L'I' par le moyen donné au numéro précédent; puis en supposant que la droite s⁴s³ soit la projection verticale du lit d'une assise des murs de l'encoignure, on portera la hauteur s⁵s⁴ de Q en V, on mènera la droite VY parallèle à la ligne de terre QR; par les points Q' et Y, où cette droite VY rencontre les projections verticales QQ', QY des directrices de la surface gauche, on abaissera, à la ligne de terre QR, les perpendiculaires Q's², Ys', qui rencontreront les traces horizontales DC, DE, (qui sont en même temps les projections horizontales des directrices de la surface gauche), respectivement aux points s², s', par lesquels on mènera la droite s²s', qui sera la projection horizontale de l'intersection, avec la face en talus, du plan du lit dont la droite s⁴s³ est la projection verticale. Par les points s², s', où la droite s²s' rencontre les droites DC, DE, on élèvera, à la ligne de terre H'I', les perpendiculaires s²s⁴, s's³, qui rencontreront la droite s⁴s³ aux points s⁴, s³, par lesquels et les points H', I', on mènera les droites H's⁴, I's³, qui seront les projections verticales des directrices de la surface gauche; cela fait, par le point v, où la coupe p/v rencontre la droite I's³, on mènera la droite z/zv' parallèle à la ligne de terre H'I', qui sera la projection verticale du lit de l'assise du mur, correspondante aux premiers voussoirs. Pour avoir la projection horizontale r²r' de l'intersection de ce lit avec la surface gauche, par les points z², v, on abaissera, à la ligne de terre H'I', les perpendiculaires z²r², vr', lesquelles rencontreront les droites DC, DE, aux points r²r', par lesquels on mènera la droite r²r', qui sera la projection demandée. On aurait eu cette même projection r²r' en menant la droite SX parallèle à la ligne de terre QR, et à une distance QS égale à la hauteur v²v, et en abaissant par les points où cette droite SX rencontre les projections verticales QQ', QY, des directrices de la surface gauche, des perpendiculaires à la ligne de terre QR, lesquelles rencontreraient les droites DC, DE, aux points r²r', par lesquels on menerait la projection demandée r²r'.

Maintenant il est facile de voir comment on doit opérer pour avoir les projections horizontales r⁵r⁴, tt', uu' et r'r³ des extrémités horizontales des

coupes, et celles mr^5 , nt , ou et pr' des intersections des plans des coupes avec la surface gauche.

On obtiendra le développement des panneaux des douëlles et des coupes comme pour les portes coniques dans les murs gauches.

On tracera les pierres par équarrissement ou par panneau de tête, et, dans ce dernier cas, quand on aura tracé la douëlle, comme s'il s'agissait d'une trompe ayant son ceintre de face sur un plan vertical, on se servira des panneaux des douëlles et des coupes pour tracer la tête gauche de chaque voussoir.

DES TROMPES PRATIQUÉES DANS LES ENCOIGNURES DE MÊME GENRE QUE PRÉCÉDEMMENT, LE CEINTRE DE FACE ÉTANT SITUÉ SUR UNE SURFACE CYLINDRIQUE DROITE CONCAVE.

343. Supposons que les droites AB et CD , DE et GF (fig. 239), soient les traces horizontales des faces des murs droits qui forment l'encoignure dans laquelle on veut pratiquer une trompe de l'espèce dont il s'agit; et que la courbe quelconque HIK soit la trace horizontale de la surface cylindrique droite dans laquelle doit être le ceintre de face de la trompe; cela posé, on opérera de la manière suivante :

Par les points H et K , où la trace horizontale HIK de la surface cylindrique va rencontrer celles DH , DK , des faces intérieures des murs de l'encoignure, on menera la droite HK , que l'on prendra comme étant la trace horizontale d'un plan vertical; on prendra la courbe HOK , telle qu'on voudra, et que l'on supposera être l'intersection de la surface d'intrados avec le plan vertical élevé sur la droite HK ; on supposera, pour un moment, que la trompe dont il s'agit a pour ceintre de face cette courbe HOK , et on obtiendra les projections horizontales des arrêtes des douëlles; on rabattra la moitié de toutes les arrêtes des douëlles sur chaque génératrice de naissance, dont on réunira les extrémités par les courbes KQ^2P^2 , $HL^2N^2O^2$, comme dans le cas du n°. 340, ensuite, par la projection horizontale D du sommet de la surface d'intrados de la trompe, et avec les rayons DI , Dn , DI , DP , Dq , on décrira les arcs de cercle ll' , mm' , II' , pp' , qq' ; par les points l' , n' , I' et p' , q' , on élèvera, aux génératrices de naissance, les perpendiculaires $l'I^2$, $n'n^2$, $I'I^2$ et $P'P^2$, q' , q^2 , qui rencontreront les rabattemens des arrêtes des douëlles, respectivement aux points l^2 , n^2 , I^2 et p^2 , q^2 , par lesquels et les points H et K , on fera passer les courbes de réunion $Hl^2n^2I^2$, Kq^2p^2 . On prendra une ligne de terre H^2K^2 perpendiculaire à la projection horizontale OD de l'axe de la surface conique; par les points H , l , n , p , q et

K , on élèvera, à cette ligne de terre, les perpendiculaires HH^6 , ll^3 , nm^2 , pp^3 , qq^3 , KK^5 ; on fera les ordonnées l^4l^3 , n^4n^3 , $D'I^3$, p^4p^3 , q^4q^3 , respectivement égales aux hauteurs $l'l^2$, $n'n^2$, $I'I^2$, $p'p^2$ et $q'q^2$, et par les points H^2 , l^3 , n^3 , I^3 , p^3 , q^3 et K^2 on fera passer la courbe $H^2I^3K^2$ qui sera la projection verticale du véritable ceintre de face de la trompe. Cela fait, par la projection verticale D' du sommet de l'intrados, et par les points l^3 , n^3 , p^3 , q^3 , on mènera les droites $a'H^5$, $b'x^4$, $d'u^4$, $e'K^4$, qui seront les projections verticales des arrêtes des douëlles et des coupes. Par le point K^4 , où la droite $e'K^4$ rencontre la projection verticale K^2K^5 de la surface cylindrique avec la face intérieure de l'un des murs dont la trace horizontale est la droite DE , on mènera la droite K^4H^5 , parallèle à la ligne de terre H^2K^2 , qui sera la projection verticale de l'état de charge des premiers voussoirs. On mènera aussi la droite H^6K^5 parallèle à la ligne de terre, à une hauteur convenable, et ensuite, on abaissera les projections horizontales H^5m , y^4y , x^4x , v^4v , u^4u , t^5t , s^3s , des extrémités et des milieux des coupes; par la projection horizontale D du sommet de l'intrados de la trompe, et avec les rayons Dy , Dx , Dv , Dt , Du , Ds , on décrira les arcs de cercle yy' , xx' , vv' , tt' , uu' , ss' , et par les points m , y' , x' , v' , t' , u' , s' , on élèvera, aux génératrices de naissance, les perpendiculaires mm' , $y'y^2$, $x'x^2$, $v'v^2$, $t't^2$, $u'u^2$, $s's^2$, KK' ; on fera ces perpendiculaires respectivement égales aux hauteurs H^2H^5 , y^3y^4 , x^3x^4 , v^3v^4 , t^4t^5 , u^3u^4 , s^4s^3 et K^2K^4 , par les points l^2 , y^2 , m' ; n^2 , v^2 , x^2 ; p^2 , t^2 , u^2 ; q^2 , s^2 , K' , on fera passer les courbes l^2y^2m' , $n^2v^2x^2$, $p^2t^2u^2$, q^2s^2K' ; on mènera les droites y^2Y^2 , $m'H'$, v^2V^2 , x^2X^2 , u^2U^2 , t^2T^2 , etc., par les points y^2 , m' , v^2 , x^2 , u^2 , t' , etc., et par le point D ; par les points m , y , x , v , t , u , s et le point D , on mènera les droites mm^2 , yY' , xx' , vv' , tt' , uu' , ss' , que l'on arrêtera à la droite HK . Par le point D on rabattra les distances Dm^2 , DY' , DX' , DV' , sur la droite DC , et les distances DT' , DU' , DS' , sur la droite DE : et par les extrémités de ces rabattemens, on élèvera des perpendiculaires aux droites DC , DE , qui iront rencontrer les droites $m'H'$, y^2Y^2 , x^4X^2 , v^2V^2 , u^2U^2 , etc., respectivement aux points H' , Y' , X^2 , V^2 , U^2 , etc. Par les points m^2 , Y' , X' , V' , T' , U' , S' , K , on élèvera, à la droite HK , les perpendiculaires m^2Z , $Y'Y$, $X'X$, $V'V$, $T'T$, $U'U$, $S'S$, KR ; on fera m^2Z et KR , $X'X$ et $U'U$ respectivement égales, deux à deux, à K^2K^4 , K^2K^5 , et on mènera les droites LZ , NX , PU , QR , et l'épure sera terminée de manière qu'on pourra passer immédiatement au développement des panneaux.

Pour avoir ce développement, on commencera par obtenir celui de $be'hpmi$ (fig. 240) des douëlles, en opérant comme nous l'avons expliqué au

n°. 336, pour les portes coniques en talus ; et ensuite, on procédera aux panneaux des coupes, ainsi qu'il suit :

Supposons qu'il s'agisse du panneau $f'r'q'stn$ (fig. 240), de la coupe $b'x^4$ (fig. 239); avec un rayon égal à la distance DX^2 (fig. 239), et par le point a , comme centre (fig. 240), on décrira un arc de cercle en q ; avec un rayon égal à NX (fig. 239), et par le point f , comme centre (fig. 240), on décrira un arc de cercle en q , qui coupera le premier au point q , par lequel et le point a , on menera la droite qq' , et on joindra les points q et f , par la droite qf ; on prendra la distance NV (fig. 239), pour la porter de f en r (fig. 240), et par les points r et a , on menera la droite rr' . Cela fait, on prendra les distances Dx^2 , Dv^2 (fig. 239), que l'on portera de a en q' , de a en r' (fig. 240), et par les points f' , r' , q' , on fera passer la courbe $f'r'q'$, qui sera le bord du panneau qui doit donner l'arrête d'intersection du plan de coupe avec la surface cylindrique. Quant aux bords $q's$, st et tn , du même panneau, on les obtiendra comme nous l'avons expliqué au n°. 340.

On tracera les voussoirs par équarrissement, de la manière que nous avons expliquée au n°. 339, ou bien par panneaux de tête, en se servant des panneaux des douëlles et des coupes pour traces la tête cylindrique de chaque voussoir.

DES TROMPES CONIQUES PRATIQUÉES DANS LES ENCOIGNURES DE MÊME GENRE QUE PRÉCÉDEMMENT, LE CEINTRE DE FACE ÉTANT SITUÉ SUR UNE SURFACE CYLINDRIQUE DROITE CONVEXE QUELCONQUE.

344. Supposons que les droites AB et CD , DE et GF (fig. 241), soient les traces horizontales des faces des murs d'encoignure, et que la courbe quelconque HIK soit la trace horizontale de la surface cylindrique droite convexe dans laquelle doit être situé le ceintre de face de la trompe. Cela posé, par les points H et K , où la courbe HIK rencontre les droites DC , DK , on menera, comme dans le cas précédent, la droite HK , que l'on regardera comme la trace horizontale d'un plan vertical; on prendra une ligne de terre $H'K'$, perpendiculaire à la projection horizontale ID de l'axe de la surface conique d'intrados, à laquelle ligne de terre, et par les points H et K , on menera les perpendiculaires HH^2 , KK^2 ; sur la distance $H'K'$ comme axe ou comme diamètre, on décrira une courbe $H'OK'$, de l'espèce qu'on jugera convenable, que l'on regardera comme étant la projection verticale de l'intersection avec la surface conique, du plan vertical élevé sur la droite HK . Ensuite, on obtiendra les projections horizontales des arrêtes des douëlles, et le rabattement de ces mêmes arrêtes comme nous

l'avons expliqué au n°. 343, sur l'épure de la fig. 239, en observant que si le triangle HDK est isoscèle, et si la courbe HIK est symétrique, il suffira de la moitié du rabattement, ce que nous avons supposé dans la présente épure. Enfin, toujours comme nous l'avons expliqué au n°. 343, on obtiendra la projection verticale H'I'K' du ceintre de face de la trompe, et le développement des panneaux des douëlles et des coupes (fig. 242).

Quant à la manière de tracer les voussoirs, il est clair qu'elle est la même que celle que nous avons indiquée dans le n°. 339, quand les assises sont formées par un seul voussoir; mais il arrive souvent que les pierres qu'il faut employer ne sont pas assez grandes pour qu'une seule fasse l'assise entière; dans ce cas, il faut se conduire de la manière suivante :

Dans la projection horizontale de la voûte, on mena des droites gm, ab, perpendiculaires à la projection horizontale DI de l'axe de l'intrados, et distantes entre elles d'une quantité convenable pour avoir de bonnes liaisons. En menant ces deux droites, en même temps qu'on observera de bonnes liaisons, on observera aussi que les morceaux de pierre, de chaque assise de la voûte, ne soient pas trop petits, surtout ceux qui forment tête vers le ceintre de face de la trompe, afin qu'ils se trouvent assez solidement engagés dans les autres, pour n'être pas dérangés de leur place.

Supposons donc qu'en menant les droites gm, ab, on ait satisfait aux conditions que nous venons d'imposer; on déterminera, ensuite, les projections verticales tuvxyz, nopqs des intersections, avec l'intrados de la trompe, des plans verticaux élevés sur ces droites gm, ab, et les arcs no, uv, pq, xy et rs seront les projections verticales des joints par tête des voussoirs; de sorte qu'au lieu de prendre, pour le premier voussoir, le panneau de tête LMNOP, tout entier, on n'en prendra que la partie noNOP, pour le morceau qui forme tête vers le ceintre de face, et l'autre partie LMon, pour le morceau qui vient se poser sur le trompillon. Il faudrait bien se garder, cependant, de tailler ce dernier morceau au panneau de tête LMon, par la raison que pour éviter les angles aigus, il faut que la pierre se prolonge au-delà de l'arc no. Pour savoir de combien il faut faire ce prolongement, on obtiendra les panneaux des douëlles et des coupes des morceaux de chaque assise, en opérant de la manière suivante :

On transportera sur le développement des panneaux des douëlles, ceux fghi, edcb (fig. 242), des deux courbes tvxz, npqs (fig. 241), et les figures tedx, xghy, ycbz (fig. 242), seront les panneaux des douëlles des morceaux qui formeront tête vers le ceintre de face, et les figures edd'e', gd'c'h, cc'b'b, seront ceux des morceaux qui viendront se poser sur le trompillon.

Quant aux panneaux des coupes, on les aura en divisant les panneaux entiers des coupes de chaque assise de la trompe, de la manière suivante :

Pour la première coupe, par les points g et d (fig. 242), où les courbes fg , h , $edcb$ rencontrent l'arrête de douëlle xd' , on mènera, à cette arrête de douëlle, les perpendiculaires gt , ds , et les parties $xdsu$, $dss'd'$, du panneau entier $xd's'u$, seront les panneaux de la coupe de dessus des morceaux de la première assise de voussoirs, et les parties $xgtu$, $tg'd's's$, du même panneau entier $xd's'su$, seront ceux de la coupe de pose de la seconde assise.

Pour la seconde coupe, par les points h , c , où les courbes $ihgf$, $bcde$ rencontrent l'arrête de douëlle yc' , on mènera, à cette arrête de douëlle, les perpendiculaires hm , cr ; et les parties $mvyh$, $mhc'p'$ du panneau entier $yc'p'r$, de la même seconde coupe, seront les panneaux de la coupe de dessus des morceaux de la seconde assise de voussoirs, et les parties $rvyc$, $rc'p'$, du même panneau entier, seront ceux de la coupe de pose des morceaux de l'assise suivante, et ainsi des autres.

Les morceaux qui viennent s'appuyer sur le trompillon n'ont pas besoin de s'élever jusqu'au sommet de ceux qui font tête du côté du ceintre de face; ainsi, pour épargner la pierre, au lieu de prendre les panneaux $mvyh$, $mhc'p'r$, on pourra ne prendre que ceux $lkhyv$, $qkhc'p'$, et ainsi des autres. Dans le cas où les voussoirs de la trompe ne devraient pas faire l'épaisseur des murs d'encoignure, ce qui a presque toujours lieu, ces panneaux pourraient encore être diminués.

La grandeur des morceaux de chaque assise de voussoirs étant ainsi déterminée dans les panneaux des coupes, on aura celle des têtes des morceaux qui s'appuient sur le trompillon, en opérant de la manière suivante :

Pour celui de la première assise, par exemple, on prendra la plus courte distance du point s à la droite $d's'$ (fig. 242), que l'on portera de M en N (fig. 241); par le point N , on mènera la droite Ng^4 , parallèle à la ligne de terre $H'K'$; par le point g , on mènera la droite gg^2 perpendiculaire à la génératrice de naissance DC ; par le point g^2 où la droite gg^2 rencontre la droite AB , on mènera la droite g^2g^4 perpendiculaire à la ligne de terre $H'K'$, et la figure g^3LMNg^4 , sera le panneau de tête du morceau de la première assise qui s'appuie sur le trompillon.

Pour avoir celui du morceau correspondant de la seconde assise, on prendra la plus courte distance du point t à la droite $d's'$ (fig. 242), que l'on portera de M en N (fig. 241), et on prendra la plus courte distance entre les deux droites qk , $p'c'$ (fig. 242), que l'on portera de P en Q (fig. 241); par le point Q on mènera la droite QR parallèle à la ligne de

terre $H'K'$; par le point N , on élèvera, à la même ligne de terre, la perpendiculaire NR , et la figure $NMPQR$ sera le panneau du morceau de la seconde assise qui s'appuie sur le trompillon. On opérera de la même manière pour avoir les panneaux de tête des morceaux semblables des autres voussoirs.

Telle est la bonne manière d'appareiller les trompes, et les portes coniques en général, pour que les constructions environnantes s'accordent sans inconvénient avec les assises de la trompe ou de la porte conique. Quand on extradosse ces sortes de voûtes par une surface parallèle, ou à peu près, les pierres des constructions environnantes qui viennent s'accorder avec l'appareil de ces voûtes, n'ont plus de gissement, et l'ouvrage, difficile à bien faire, n'a pas de solidité.

345. Donnons encore un exemple particulier de trompes, et supposons 1°. que les droites AB , BC (fig. 243) soient les traces horizontales des faces intérieures des murs d'encoignure; 2°. que les droites CD , AE soient celles des faces extérieures de deux autres murs droits, venant rencontrer les premiers d'une manière quelconque; 3°. que l'on veuille prolonger ces deux derniers murs jusqu'à leur rencontre, et qu'il s'agisse de les soutenir par une trompe conique, de sorte que la projection horizontale, de cette trompe, soit le quadrilatère $ABCL$, le sommet de l'intrados étant au point B .

Quel que soit le quadrilatère $ABCL$, on prendra la diagonale BL pour projection horizontale de l'axe de la surface d'intrados.

Si ce quadrilatère est un parallélogramme, l'autre diagonale AC sera divisée en deux parties égales au point O par la première, et alors on pourra regarder la diagonale AC comme étant la trace horizontale d'un plan vertical, dans lequel on supposera la directrice de l'intrados, qui pourra être une courbe quelconque; mais si ce même quadrilatère $ABCL$ était quelconque, la diagonale AC n'étant plus divisée en deux parties égales par la première diagonale BL , on prendrait un point O arbitrairement sur la droite BL , par lequel on menerait, à l'une BC des génératrices de naissance, la parallèle OO' , qui rencontrerait l'autre génératrice de naissance BA au point O' ; on prendrait $O'B$, que l'on porterait de O' en A , et, par les points A et O , on menerait la droite AO prolongée jusqu'à sa rencontre en C avec la génératrice BC , et la droite AC comprise entre les deux génératrices de naissance, serait divisée en deux parties égales au point O par la projection horizontale de l'axe de l'intrados de la trompe, et pourrait être prise pour la trace horizontale du plan vertical dans lequel doit être située la directrice de la surface conique de la voûte. Cela posé, on opérera de la manière suivante :

On commencera par prendre une ligne de terre $A'C'$ perpendiculaire à la projection horizontale BL de l'axe de la surface d'intrados, et ensuite, par les points A et C , où la droite AC rencontre les génératrices de naissance BA , BC (prolongées si cela est nécessaire), on élèvera, à la ligne de terre $A'C'$, les perpendiculaires AA' , CC' ; sur la distance $A'C'$, comme diamètre, on décrira la courbe $A'O^2C'$, de la nature qu'on jugera convenable, qui sera la projection verticale de la directrice de l'intrados. Cela fait, on divisera cette courbe $A'O^2C'$, en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs; par les points de division M' , N' , P' , Q' , et la projection verticale B' du sommet de la surface conique, on mènera les droites A^2b' , X^2c' , V^2e' et C^2f' , qui seront les projections verticales indéfinies des arrêtes des douilles et des coupes de la trompe. Par les mêmes points de division M' , N' , P' , Q' , on abaissera, à la ligne de terre $A'C'$, les perpendiculaires $M'M$, $N'N$, $P'P$, $Q'Q$, qui rencontreront la droite AC aux points M , N , P , Q , par lesquels, et la projection horizontale du sommet de l'intrados, on mènera les droites bR , cS , eT , fU , qui seront les projections horizontales des arrêtes des douilles.

Ensuite, on rabattra, par le point B , comme centre, les distances BM , BN , BO , sur la génératrice BA , et les distances BP , BQ sur la génératrice BC ; on obtiendra les courbes de rabattement $Amno$, Cqp , comme dans les exemples précédens, au moyen des ordonnées de la courbe $A'O^2C'$, et par les points m , n , o , q , p , et le point C , on mènera les droites mr' , ns' , ol' , qu' , pt' , prolongées indéfiniment; puis, par le point B , comme centre, on décrira les arcs de cercle Rr , Ss , Ll , Tt , Uu ; et, par les points r , s , l et t , u , on élèvera, aux droites BA et BC , prolongées, les perpendiculaires rr' , ss' , ll' et tt' , uu' , lesquelles iront rencontrer respectivement les droites mr' , ns' , ol' , qu' , pt' , aux points r' , s' , l' , u' , t' , par lesquels, et les points A et C , on fera passer les courbes $Ar's'l'$, $Cu't'$, qui seront les rabattemens des ceintres de face de la trompe. Pour avoir la projection verticale $A'L'C'$, de ces ceintres de face, par les points R , S , L , T et U , on élèvera, à la ligne de terre, les perpendiculaires RR' , SS' , LL' , TT' , UU' ; on fera les ordonnées R^2R' , S^2S' , $B'L'$, T^2T' , U^2U' , respectivement égales à rr' , ss' , ll' , tt' et uu' , et par les points A' , R' , S' , L' , T' , U' et C' , on fera passer la courbe $A'L'C'$, qui sera la projection demandée.

Si l'on veut avoir les ceintres de face $AR^3S^3L^3$, $CU^3T^3L^4$ eux-mêmes, on fera les ordonnées RR^3 , SS^3 , LL^3 , LL^4 , TT^3 , UU^3 , respectivement égales à rr' , ss' , ll' , ll' , tt' et uu' . Enfin, on disposera les états de charge, on

rabattra les extrémités des coupes, et ce qui est relatif au trompillon, comme on le voit indiqué dans l'épure, et tout sera terminé.

Si l'on veut faire le développement des panneaux des douëlls et des coupes, on opérera directement sur les longueurs données par les courbes de rabattement $Ar's'l'$, $Cu't'$, à partir du point B, et sur les ceintres de face $AR^3S^3L^3$, $CU^3T^3L^4$.

Quant aux vousoirs, on les tracera comme il a été dit dans les exemples précédens.

Il nous resterait encore à donner les trompes pratiquées dans les encoignures formées par des murs droits, et dont le ceintre de face est situé 1°. sur une surface cylindrique oblique; 2°. sur une surface conique droite, et 3°. sur une surface conique oblique, pour avoir donné toutes les espèces de trompes qui peuvent être pratiquées dans les encoignures de l'espèce dont il s'agit; mais outre qu'au moyen de ce qui précède sur ce genre de voûtes, et de ce que nous avons dit sur les berceaux en descente pratiqués au travers des murs cylindriques et coniques, on pourrait facilement tracer les épures de ces trois espèces de trompes, l'épure qui suit mettra le lecteur à même de vaincre toutes les difficultés que les trompes coniques sont susceptibles de présenter.

TROMPE CONIQUE PRATIQUÉE DANS UNE ENCOIGNURE FORMÉE PAR DEUX MURS GAUCHES, LE CEINTRE DE FACE DE LA TROMPE ÉTANT SITUÉ SUR UNE SURFACE CONIQUE OBLIQUE QUELCONQUE.

346. Supposons 1°. que les droites AB, BC (fig. 244) soient les traces horizontales des faces gauches des murs qui forment l'encoignure dans laquelle on veut pratiquer la trompe en question; 2°. que ces deux faces gauches s'interceptent suivant une droite verticale, et que le point B soit la projection horizontale de cette intersection; 3°. que les droites AQ, CO, respectivement perpendiculaires aux droites AB, BC, soient les projections horizontales des directrices de ces mêmes faces gauches, et que les droites AR, CP, soient les projections verticales de ces directrices; 4°. que l'arc de cercle ou d'ellipse DFE soit la trace horizontale de la surface conique sur laquelle doit être situé le ceintre de face de la trompe; 5°. que le point G soit le centre de cette trace DFE, et le point H la projection horizontale du sommet de la surface conique en question, et que, par conséquent, la droite GH soit la projection horizontale de l'axe de la même surface conique. Cela posé, on opérera de la manière suivante :

D'abord on cherchera les projections des intersections des surfaces

gauches avec la surface conique oblique sur laquelle doit être situé le ceintre de face de la trompe, et pour cela, 1°. on cherchera le demi-triangle par l'axe GKI , de la surface conique, comme nous l'avons expliqué au sujet des berceaux; 2°. parallèlement à la base GI de ce demi-triangle par l'axe, aux lignes de terre AQ , CO , et à la ligne de terre LN perpendiculaire à la projection horizontale BF de l'axe de l'intrados de la trompe, on mènera les droites ab , cd ; a^2b^2 , c^2R ; $a'b'$, $c'P$; $a^{13}a^{14}$, $c^{13}c^{14}$, à des distances, arbitraires, respectivement égales, qui seront les projections verticales, dans ces différens plans de projections verticales, des intersections d'une suite de plans horizontaux avec les surfaces gauches et la surface conique oblique; on aura les projections Bb^6 , BR' ; Bb^5 , BP' , des intersections de ces plans horizontaux avec les surfaces gauches, en abaissant les perpendiculaires b^2b^6 , RR' ; $b'b^5$, PP' , par les points b^2 , R ; b' , P , sur les lignes de terre AQ , CO , et en menant, par les pieds de ces perpendiculaires et le point B , les droites Bb^6 , BR' ; Bb^5 , BP' , qui seront les projections demandées. On aura les projections horizontales $a^5a^6a^9a^{12}$, $c^5c^6c^9c^{12}$, des intersections des mêmes plans horizontaux avec la surface conique oblique, de la même manière que nous avons expliquée au n°. 342. Les projections horizontales Bb^6 , BR' ; Bb^5 , BP' , des intersections des plans horizontaux en question avec les surfaces gauches, rencontreront celles $a^3a^9a^{12}$, $c^6c^9c^{12}$, des intersections des mêmes plans horizontaux avec la surface conique oblique, respectivement aux points a^{12} , c^{12} ; a^6 , c^6 par lesquels, et les points D et E , on fera passer les courbes $Da^{12}c^{12}$, Ea^6c^6 , qui seront les projections horizontales des intersections des surfaces gauches avec la surface conique oblique. Pour avoir les projections verticales $La^{13}c^{13}$, $Na^{14}c^{14}$, des mêmes intersections, par les points D , a^{12} , c^{12} ; E , a^6 , c^6 , on élèvera, à la ligne de terre LN , les perpendiculaires DL , $a^{12}a^{13}$, $c^{12}c^{13}$; EN , a^6a^{14} , c^6c^{14} , qui rencontreront respectivement les droites LN , $a^{13}a^{14}$, $c^{13}c^{14}$, aux points L , a^{13} , c^{13} ; N , a^{14} , c^{14} , par lesquels on fera passer les courbes $La^{13}c^{13}$, $Na^{14}c^{14}$, qui seront les projections demandées.

Maintenant, pour tracer l'épure proprement dite de la trompe, 1°. on prendra la droite DE , qui passe par les points D et E , où les traces horizontales des surfaces gauches rencontrent celle de la surface conique oblique, pour la trace horizontale d'un plan vertical dans lequel on supposera la directrice de l'intrados de la trompe, de laquelle directrice on décrira la projection verticale LMN de la même manière que dans l'exemple précédent; 2°. on déterminera les projections horizontales des arrêtes des douëlles comme pour les trompes que nous avons données jusqu'ici; 3°. sur des plans

de projections verticales dont les lignes de terre ST , $E'V$ sont perpendiculaires à la droite DE prolongée, on déterminera les projections verticales des mêmes arrêtes; 4°. sur ces mêmes plans de projections verticales, on déterminera les projections verticales des intersections, avec la surface conique oblique, d'une suite de plans verticaux élevés sur les projections horizontales des arrêtes des douëlles, comme nous l'avons expliqué au n°. 342 pour le cas où le ceintre de face de la trompe est situé sur une surface gauche; 5°. par les points e' , f' , g' , h' , i' , où ces dernières projections verticales rencontreront celles des arrêtes des douëlles, on abaissera, aux lignes de terre ST , CO , les perpendiculaires $e'e$, $f'f$, $g'g$; $h'h$, $i'i$, qui rencontreront les projections horizontales des arrêtes des douëlles respectivement aux points e , f , g , h , i , par lesquels, et les points D et E on fera passer la courbe $DefghiE$, qui sera la projection horizontale du ceintre de face de la trompe. Pour avoir la projection verticale $LM'N$ de ce même ceintre de face, on opérera comme il a été dit au n°. 342; ensuite, on cherchera les projections verticales des arrêtes des douëlles et des coupes, comme il a été dit dans le même numéro, ainsi que les projections horizontales ek , fq^3c^{11} , hq^2c^7 , im , des intersections des plans des coupes avec la surface conique oblique, ainsi que les lignes de construction l'indiquent, et l'épure sera achevée. On observera, en disposant les états de charge, de ne prolonger les coupes des premières assises que jusqu'aux projections verticales $La^{13}c^{13}$, $Na^{14}c^{14}$, des intersections des surfaces gauches des murs d'encoignure avec la surface conique oblique; en un mot, on se rappellera les observations que nous avons faites à cet égard au n°. 339.

On aurait le développement des panneaux des douëlles et des coupes, comme nous l'avons expliqué au n°. 343, et on tracerait les pierres par équarrissement.

On voit, par cet exemple, que la manière de tracer l'épure proprement dite de la trompe, est indépendante de la nature des murs d'encoignures, et que toute la différence qu'il peut y avoir pour compléter cette épure, ne consiste que dans la manière d'obtenir les projections des intersection des faces intérieures des murs d'encoignure avec la surface qui contient le ceintre de face de la trompe. En conséquence, pour expliquer les quarante-deux espèces de trompes possibles, il ne nous reste plus qu'à donner les moyens d'avoir ces projections dans tous les cas.

Voici, à cet effet, un procédé général que je crois à la portée du lecteur qui aura bien conçu ce qui précède :

Quelles que soient les surfaces des murs d'encoignure, et quelle que soit la

surface dans laquelle doit être situé le ceintre de face de la trompe, on cherchera les projections horizontales des intersections, avec ces trois surfaces, d'une suite de plans horizontaux menés arbitrairement (ainsi que nous venons de l'expliquer pour le cas particulier de la fig. 244), lesquelles projections se rencontreront respectivement en des points par lesquels on fera passer deux courbes ou deux lignes droites, qui seront les projections horizontales des intersections des faces des murs d'encoignure avec la surface qui contiendra le ceintre de face de la trompe; et, par les mêmes points (où les projections horizontales des intersections de la suite de plans horizontaux avec les trois surfaces en question se rencontrent), on élèvera des perpendiculaires à la ligne de terre telle que LN (fig. 244), lesquelles rencontreront respectivement les traces verticales, telles que $a^{13}a^{14}$, $c^{13}c^{14}$, de la suite de plans horizontaux, en des points par lesquels on fera passer deux courbes ou deux lignes droites, qui seront les projections verticales demandées. Je laisse au lecteur le soin de discerner les cas où ces projections seront des lignes courbes, et les cas où elles seront des lignes droites, et de modifier, en conséquence, le procédé général suivant ces cas.

CHAPITRE XI.

Des Voûtes plates.

347. On appelle *voûtes plates*, toutes celles qui tiennent lieu de plancher, et dont l'intrados est une surface plane et horizontale.

Ces sortes de voûtes doivent être construites de manière que les assises des claveaux qui les composent soient toujours parallèles aux faces des murs ou points d'appui qui les supportent. Ainsi, si l'on veut construire une voûte de ce genre dans une salle dont les traces horizontales des faces intérieures des murs forment un polygone quelconque, les projections horizontales des arrêtes des douëlles de la voûte formeront des polygones semblables, situés les uns dans les autres, et dont les côtés seront parallèles à ceux du polygone formé par les traces horizontales des faces des murs de la salle; et si la salle était cylindrique à base circulaire, elliptique, etc., les projections horizontales des arrêtes des douëlles seraient des courbes toutes semblables à la trace horizontale de la face intérieure du mur cylindrique de la salle,