

Pour avoir les panneaux des coupes, celui de la coupe du lit de dessus du premier voussoir, par exemple, on mènera une droite ab quelconque (fig. 312); on fera les distances bh , be , bc et ba , respectivement égales aux distances ib , iM , iv et iQ (fig. 311); par les points b , h , e , c (fig. 312), on mènera les droites bi , hg , ef , cd , perpendiculaires à la droite ab ; on fera les distances bi , hg , ef , cd , respectivement égales aux distances $n'n$, $q'q$, M^2M' , $h'h$ (fig. 311); par les points i , g , f (fig. 312), on fera passer la courbe igf , et par les points f , d , a , on fera passer une autre courbe fda , et le panneau demandé sera terminé. On obtiendrait, de la même manière, le panneau $abdfhki$ (fig. 313), de la seconde coupe, ainsi que ceux des autres coupes de la trompe.

Pour tracer les voussoirs, on se servira des panneaux de tête et de coupe.

Si la trace horizontale ACB de la surface cylindrique droite était une demi-circonférence de cercle, ainsi que la projection verticale EGF du ceintre de face de la trompe, l'intrados serait un plan incliné à 45 degrés par rapport à l'horizon, et les arrêtes des douëlles seraient des lignes droites.

CHAPITRE XIX.

Des Portes en voussure.

L'intrados des portes en voussure est toujours composé de plusieurs surfaces différentes, dont la génération, indéterminée en partie, se trouve subordonnée à des conditions qui varient pour chaque cas particulier : d'où il suit qu'il peut y avoir une infinité de différentes portes en voussure, qui peuvent toutes être pratiquées dans chacune des sept espèces de murs que nous avons établies. Ainsi il est impossible de présenter une théorie qui embrasse tous les genres de voussures possibles, ce qui, heureusement, n'est pas nécessaire, parce que, parmi l'infinité de voussures possibles, il n'y en a qu'un assez petit nombre qui soient susceptibles d'être mises en usage, et encore s'en trouve-t-il parmi ces dernières que le bon goût réprouve. C'est pour cette dernière raison que, pour ne pas grossir inutilement ce livre, je vais me borner à un petit nombre d'exemples pour le cas, seulement, où la porte est pratiquée dans un mur droit.

395. PREMIER EXEMPLE. Supposons que les droites EI , ZN' , parallèles entre elles (fig. 314), soient les traces horizontales des faces du mur droit au travers duquel on veut pratiquer une porte en voussure; que les jambages de cette porte soient évasés, et que la figure $IHKLMNN'$ soit la trace horizontale de l'un d'eux, l'autre ayant une trace tout-à-fait égale. Supposons, de plus, que le tableau de ces jambages soit d'équerre aux faces des murs. Cela posé, concevons un plan horizontal à la hauteur de la naissance de l'intrados de la voussure, et, dans ce plan, une droite perpendiculaire aux faces du mur, menée à égales distances des tableaux des jambages; concevons en même temps la forme d'intersection de ce plan horizontal avec l'un des jambages de la porte: je dis qu'on pourra engendrer l'intrados de la voussure, en faisant tourner cette intersection autour de la perpendiculaire dont nous venons de parler, de sorte que cet intrados sera formé, 1°. d'une surface cylindrique circulaire droite dans l'étendue du tableau; 2°. d'une semblable surface dans l'étendue de la profondeur de la feuillure, et 3°. d'une surface conique droite à base circulaire dans l'étendue de l'évasement. On pourrait aussi engendrer cet intrados, en faisant glisser la génératrice sur une courbe quelconque située, si l'on veut, dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe de rotation, de sorte que la génératrice s'approcherait ou s'éloignerait de l'axe de rotation, en restant dans le plan de cet axe.

Que les surfaces cylindriques et coniques qui forment l'intrados de cette voussure soient à bases circulaires ou non, il est clair que l'épure de cette voûte ne saurait présenter aucune difficulté, ainsi qu'on le voit dans la fig. 314, où la droite EZ est la projection horizontale de l'axe de rotation, où la droite AB , perpendiculaire à la droite EZ , est la ligne de terre, et où, 1°. la courbe neg est le ceintre principal du berceau qui forme le tableau, 2°. la courbe abd est le fond de la feuillure, et 3°. la courbe BCZ' est le ceintre de face de la partie conique de la voussure. On observera que ces trois courbes sont parallèles entre elles.

Pour tracer les voussoirs de cette espèce de voussures, on les équarrira d'abord comme s'il s'agissait d'un berceau droit dont le ceintre principal serait la courbe neg (fig. 314), au moyen des panneaux de tête; et ensuite on tracera, sur les coupes, les arrêtes des douëlles, en se servant du panneau de projection horizontale des piédroits, ainsi qu'on le voit indiqué dans la figure 315, qui représente un premier voussoir.

Pour bien tailler la douëlle de ce voussoir, on commencera par joindre les points c et l par l'arc cl (fig. 315), au moyen d'une règle flexible, et

par évider la feuillure $koclmn$, en faisant plane la face $oclm$, et cylindrique la face $komn$, avec la cerce ab (fig. 314), qu'on fera glisser sur les arrêtes ko , nm (fig. 315); ensuite, dans la face cylindrique $komn$, on joindra les points k et n avec une règle flexible, et sur la tête $abkih$, on joindra les points q et p avec la cerce BC (fig. 314); puis on taillera la douëlle conique $qknp$ (fig. 315), en faisant glisser uniformément une règle sur les deux courbes qp , kn , et le voussoir sera terminé.

Si la fermeture en menuiserie s'élevait jusques dans la feuillure de la voussure que nous venons d'expliquer, les battans de cette fermeture toucheraient le ceintre de face de la partie conique de la voussure, et ne pourraient pas s'ouvrir entièrement, ainsi que l'indiquent la droite do (fig. 314) parallèle à la ligne de terre AB , qui est la projection verticale de l'arc de cercle que décrit, dans l'espace, le sommet d de l'un des battans de la porte; l'arc de cercle Xq , décrit du point M comme centre, avec un rayon égal à la largeur de ce battant, et qui est la projection horizontale de celui décrit par le sommet d , et la droite Mq , qui est la projection horizontale de la plus grande ouverture du battant que nous considérons.

396. SECOND EXEMPLE. Si l'on tient à ce que les battans de la porte en menuiserie montent jusques dans la feuillure de la voussure, on pourra disposer l'intrados de la manière suivante : on engendrera la partie d'intrados comprise dans le tableau et la feuillure, comme dans l'exemple précédent, et on élèvera un plan vertical sur la droite eg' (fig. 316), contre lequel cette première partie de la voussure se terminera. Supposons que les courbes CD , AE soient les projections verticales du tableau et du fond de la feuillure; on prolongera le plan vertical élevé sur la droite eg' , jusqu'à sa rencontre avec un plan horizontal dont la projection verticale est la droite F^2F , qui sera l'intrados d'une plate-bande qui s'appuyera, en partie, sur l'extrados du berceau qui forme le tableau et la feuillure, et comprendra l'étendue qui existe entre les deux évasemens. On prolongera verticalement les faces des évasemens jusqu'à leur rencontre avec l'intrados de la plate-bande, et on élèvera assez cette dernière pour qu'il reste une longueur convenable à la clef du berceau qui forme le tableau de la voussure. Par cette disposition, les battans de la porte pourront librement s'ouvrir en entier, et la plate-bande sera indépendante du berceau.

Pour concevoir la manière de tracer l'épure de cette espèce de voussure, il suffira d'examiner les lignes de construction dans la fig. 316.

On disposera l'appareil de manière que les voussoirs du berceau qui forme le tableau, s'accordent convenablement avec les pierres du mur.

Quant à la plate-bande, on observera qu'à cause de l'obliquité des évasemens des jambages, les sommiers seront en saillie, sur ces évasemens, de la quantité $F^2 G$, du côté de la face du mur dont la droite gd' est la trace horizontale, si l'on fait avancer l'arrête inférieure de ces sommiers jusqu'à la face de la feuillure des jambages dont la droite ed est la trace horizontale. On fera bien d'éviter cette saillie, si rien ne s'y oppose, parce que les arrêtes inférieures des sommiers portant la plus grande partie de la plate-bande, et les lits de carrière de ces pierres étant disposés horizontalement, les sommiers seraient affaiblis vers le point G en les mettant en saillie.

Comme le berceau qui forme le tableau et la feuillure est indépendant de la plate-bande, la manière de tracer et de tailler les pierres, de cette espèce de voussures, est extrêmement facile et n'a pas besoin d'être expliquée. Cependant, comme il est convenable que les premiers voussoirs du berceau fassent l'évasement en entier ou au moins en partie, je vais expliquer la manière de tracer et de tailler ces premiers voussoirs.

Supposons qu'il s'agisse de celui du côté opposé au piédroit $abcdefg$; on équarrira une pierre, au premier panneau de tête, comme s'il s'agissait d'un simple berceau, comprenant toute l'épaisseur du mur, et dont le ceintre principal serait la courbe CKD ; de sorte que cette pierre aura la forme $abcdefghik$ (fig. 317). Cela fait, on prendra le panneau des piédroits $abcdefg$ (fig. 316), avec lequel on tracera, sur le lit de pose de la pierre (fig. 317), la forme autslik; par le point u , on élèvera une droite uv , sur la tête au ve , d'équerre à l'arrête au ; avec le même panneau des piédroits, et sur le lit de dessus, on mènera la droite vr qui sera dans le même plan que les droites uv , ut ; on fera cette droite vr égale à ut ; par le point r , on mènera la droite rq parallèle à l'arrête fg , et par le point q , où la droite rq rencontrera l'arrête gd , on mènera la droite qo parallèle à l'arrête gh . On fera, ensuite, la distance hm égale à il ; on joindra les points l et m avec une règle flexible; par le point m on mènera la droite mn parallèle à l'arrête hg ; on fera la distance mn égale à ls , et par le point n on mènera la droite no parallèle à l'arrête hm , et la pierre sera tracée. Pour la tailler, on commencera par faire le plan $uvrt$, en ayant soin de ne pas le prolonger au-delà de la droite tr ; on évidera ensuite la feuillure $mnotsl$, et dans la face cylindrique de cette feuillure, on joindra les points t et o avec une règle flexible, et on achèvera le voussoir en faisant la petite face plane $toqr$.

397. TROISIÈME EXEMPLE. Supposons toujours qu'on veuille faire monter les battans de la fermeture jusques dans la feuillure de la voussure; qu'on ait engendré la surface d'intrados du tableau et de la feuillure comme précédé-

demment, et que les demi-circonférences de cercle $abcdef$, $ghiklmn$ (fig. 318), soient les projections verticales du tableau et du fond de la feuillure. Voici une autre manière d'engendrer la partie d'intrados qui répond aux évasemens des jambages.

Sur la trace horizontale NO , de l'un des évasemens de la porte, et à partir du point N , on décrira un arc de cercle $NXVP$, par le centre Q , pris sur la droite NO prolongée, et avec un rayon égal à celui k^2n du ceintre gkn de la feuillure; par le point O on élèvera, à la droite NO , la perpendiculaire OP , et la partie NP de la courbe que nous venons de décrire, sera l'intersection de l'intrados de la partie de la voussure comprise entre les évasemens, avec les faces de ces évasemens. Cela fait, on abaissera, sur la droite NQ , autant d'ordonnées XU , VS , qu'on voudra; par les pieds U , S , ..., de ces ordonnées, on menera les droites UT , SR , parallèles aux traces horizontales AB , CD des faces du mur; par les points où ces dernières droites rencontrent les traces horizontales ON , IH des évasemens, on élèvera, à la ligne de terre I^2O^2 , les perpendiculaires Us , Sy , OO' ; To , Rt , II' ; à partir de la ligne de terre I^2O^2 , on fera ces perpendiculaires égales aux ordonnées UX , SV , OP ; UX , SV , OP , et on aura les points s , y , O' et o , t , I' , par lesquels, et les points n et g , on fera passer les courbes $nsyO'$, $gotI'$, qui seront les projections verticales des intersections de l'intrados de la voussure avec les faces des évasemens. Ensuite, sur la droite I^3Y^2 , qui passe par le milieu de la porte, on prendra un point Y^2 au-dessus du sommet k de la feuillure, de sorte que la distance kY^2 soit environ le douzième de la longueur I^3Y' de l'évasement, et par les trois points I' , Y^2 , O' , on fera passer un arc de cercle $I'Y^2O'$, qui sera l'arrête de la voussure sur la face du mur dont la trace horizontale est la droite AB . Maintenant, il s'agit d'engendrer une surface, agréable à la vue, qui s'accorde, 1°. avec la demi-circonférence de cercle gkn , 2°. avec les courbes dont les projections verticales sont les courbes $nsyO'$, $gotI'$, et 3°. avec l'arc de cercle $I'Y^2O'$. Pour y parvenir, on supposera une suite de plans verticaux élevés sur les droites RS , TU , ..., parallèles à AB , et on déterminera les intersections tyy , $ok's$ de ces plans avec la surface à engendrer, de manière qu'elles soient des courbes régulières et analogues aux courbes gkn , $I'Y^2O'$, qui sont des arcs de cercle. Pour avoir les arcs de cercle tyy , $ok's$ qui sont les intersections dont il s'agit, par les points R et T , S et U , où les droites RS , TU rencontrent les traces horizontales IH , ON des évasemens, on élèvera, à la ligne de terre I^2O^2 , les perpendiculaires Rt' et To , Sy et Us , qui iront rencontrer les courbes $gotI'$, $nsyO'$, alternativement aux points

t et y, o et s, qui appartiendront, deux à deux, aux arcs de cercle à décrire. Pour avoir un troisième point de chacun de ces arcs de cercle, on fera la distance I^3I^4 égale à kY^2 ; par les points I^4 et Y^1 , on menera la droite YI^4 , qui sera l'intersection, rabattue autour de la droite YI^3 , d'un plan vertical, élevé sur la droite YI^3 , avec l'intrados de la voussure; on fera ensuite les hauteurs kv , kk' , respectivement égales aux distances $R'R^2$, $T'T^2$, et les points v , k' appartiendront aux arcs de cercle tv , $ok's$, qu'on fera passer respectivement par les trois points t , v , y ; o , k' , s .

Actuellement, on procédera à l'appareil de la porte, et en divisant le ceintre $abef$, pour avoir le nombre de voussoirs, on aura soin que la division de ce ceintre soit telle, que les premières coupes ey^2 , bh^3 rencontrent les courbes nsO' , goI' , en des points y^2 , h^3 tels, qu'en menant par ces points les horizontales y^2D^2 , h^3A' , ces horizontales soient les projections verticales du lit de dessus de l'assise correspondante du mur. Il faut éviter, autant que possible, que la coupe ey^2 se prolonge, dans l'évasement, au-delà de la courbe nsO' , et il faut faire en sorte qu'elle se prolonge toujours jusqu'à cette même courbe, dut-on faire la largeur de douëlle fe plus ou moins grande que les autres. Cela est nécessaire pour éviter les angles aigus, et pour rendre l'appareil plus régulier. On aura soin aussi de faire en sorte que l'horizontale A^2D^4 , qui est la projection verticale de l'extrados de la porte, s'élève assez au-dessus de la courbe $I'Y^2O'$, pour que les coupes telles que $x'x^2$ aient une longueur convenable.

Dans l'épure fig. 318, les lignes de construction indiquent assez clairement la manière d'opérer pour avoir les projections horizontales $Ih^5h^6h^7$, $h^8h^9b^2b'$, $u^2u^1p'i^2i^2c^2c'$, etc., des intersections des plans des coupes avec l'intrados de la voussure, pour qu'il soit nécessaire de l'expliquer; de sorte qu'il ne reste plus qu'à donner le moyen d'avoir les panneaux des coupes, pour pouvoir tracer les voussoirs.

Pour avoir celui de la coupe ey^2 , on menera une droite quelconque ah' (fig. 319), sur laquelle on prendra un point quelconque a , et on fera les distances ab , ad' , ae' , af' , ag' et ah' , respectivement égales aux distances YY^3 , YY' , YT' , YR' , y^6y^4 , YI^3 (fig. 318); par les points a , b , d' , e' , f' , g' et h' (fig. 319), on élèvera, à la droite ah' , les perpendiculaires ak , bc , $d'd$, $e'e$, ff , $g'g$ et $h'i$; on fera les perpendiculaires bc , $d'd$, chacune égale au recouvrement de la feuillure LM (fig. 318); les perpendiculaires $e'e$, ff , et $g'g$ (fig. 319), respectivement égales aux distances er , ey' , ey^2 (fig. 318), et par les points d , e , f et g (fig. 319), on fera passer la courbe $defg$, par les points d et c on fera passer la droite dc , et par le point g on menera la droite lm

parallèle à $h'a$. Ensuite, on prendra la distance lh égale à y^2y^3 (fig. 318), on joindra les points h et g par une droite, et le panneau demandé sera terminé.

Ce panneau doit être coupé en deux suivant la droite gm , qui est l'arrête supérieure de la coupe, par la raison qu'on ne peut le plier, pour l'appliquer en même temps sur la coupe et sur l'état de charge du voussoir. La partie $hgmki$ est même inutile, en ce que l'arrête gh est donnée par le panneau des piédroits.

Pour avoir le panneau de la coupe ax^2 , on mènera une droite quelconque kr' (fig. 320), sur laquelle on fera les distances km , ko' , kp' , kq' et kr' , respectivement égales aux distances YY^3 , YY' , YT' , YR' , et YI^3 (fig. 318); par les points k , m , o' , p' , q' et r' , on élèvera, à la droite kr' , les perpendiculaires kt , mn , $o'o$, $p'p$, $q'q$, $r'r$, (fig. 320); on fera les deux perpendiculaires mn , $o'o$, chacune égale au recouvrement LM (fig. 318) de la feuillure, et les autres perpendiculaires $p'p$, $q'q$ et $r'r$ (fig. 320), respectivement égales aux distances dq , dx , dx' (fig. 318); on joindra les points n et o (fig. 320), par la droite no ; par les points o , p , q et r , on fera passer la courbe $opqr$, et le panneau demandé sera terminé. On aurait les autres panneaux de la même manière, s'il y avait un plus grand nombre de voussoirs. Les deux panneaux que nous venons d'expliquer serviront pour les voussoirs des deux côtés de la porte, parce que les tableaux sont d'équerre aux faces des murs.

Supposons, maintenant, qu'il s'agisse de tracer un premier voussoir, celui du côté du jambage $AIHGFC$, par exemple; on commencera par équarrir une pierre au panneau de tête A^3abh^3A' , à une longueur égale à l'épaisseur du mur, comme s'il s'agissait d'un simple berceau droit; et cette pierre prendra la forme $abefghidct$ (fig. 321); ensuite, avec le panneau $AIHGFC$ (fig. 318) des piédroits, on tracera le lit de pose, qui prendra la forme $aqpokct$ (fig. 321), et avec le panneau $abcdgm$ (fig. 319), on tracera la coupe du lit de dessus, qui prendra la forme $idlmns$ (fig. 321). Sur la tête $abefg$, on élèvera, par le point q , une perpendiculaire qr à l'arrête aq ; par le point r et le point s , on mènera la droite rs sur le lit de dessus, et la pierre sera tracée.

Pour tailler convenablement ce voussoir, on commencera par évider la feuillure $poklmn$, dans la face cylindrique de laquelle on joindra les deux points p et n , au moyen d'une règle flexible, par la courbe pn ; ensuite, on fera le plan $srqp$, en ayant soin de le prolonger peu à peu vers l'intersection ps de la voussure avec ce plan, intersection qu'on déterminera au moyen d'une cerce levée sur le ceintre nkg de la feuillure, dont on aura

soin de faire coïncider le plat dans le plan $srqp$; enfin, à l'œil, on fera la surface $psnp$, de manière qu'elle passe par les lignes ps , sn et np , laquelle surface commence par un seul point p situé sur le lit de pose.

Si l'on veut tracer un second voussoir, on l'équarrira d'abord au second panneau de tête, comme à l'ordinaire, ce qui lui donnera la forme $abcdlki$ $hefg$ (fig. 322). Ensuite, on tracera, sur la coupe $dehl$ du lit de pose, la forme $estuv$, au moyen du panneau de joint $abcdgm$ (fig. 319), et sur la coupe $bcfg$ (fig. 322) du lit de dessus, on tracera la forme $frqpo$, avec le panneau de joint $kmnors$ (fig. 320); puis, on fera la distance lm (fig. 322) égale à la distance y^2y^3 (fig. 318); on joindra les points v et m par la droite vm (fig. 322); par le point m , on menera, dans la tête $abcdlk$, la droite mn d'équerre à l'arrête km ; on fera mn égal à y^3O' (fig. 318); on joindra les points n et o (fig. 322), par un arc de cercle, au moyen d'une cerce levée sur l'arc $I'Y^2O'$ (fig. 318), et le voussoir sera tracé. Pour le tailler convenablement, on fera d'abord le petit plan nmv , que l'on prolongera peu à peu, jusqu'à ce que la cerce levée sur le ceintre principal de la feuillure passe par les points n et v , le plat de la cerce coïncidant avec le plan nmv . Ensuite, on évidera la feuillure $utrqp$, dans la face cylindrique de laquelle on joindra les points u et p , par un arc de cercle, au moyen d'une règle flexible. Enfin, on fera la douëlle $nvupo$, en la faisant passer par les lignes no , op , pu , uv et vn , et en appliquant convenablement des cerces sur les arrêtes po , uv , qu'on levera sur les arcs de cercle $ok's$, tvv' (fig. 318), et le voussoir sera terminé. En appliquant les cerces dont nous venons de parler, on aura soin que leur plat soit parallèle à la tête $abcdlk$ (fig. 322).

L'exemple de porte en voussure que nous venons de donner, est connu sous le nom d'*arrière voussure de Marseille*.

398. QUATRIÈME EXEMPLE. Si les ceintres principaux $abef$, gkn (fig. 318), au lieu d'être des demi-circonférences de cercle, comme dans l'exemple précédent, étaient des demi-ellipses, l'épure ne différerait de celle de cet exemple précédent, qu'en ce que les courbes $ok's$, tvv , $I'Y^2O'$, au lieu d'être des arcs de cercle, seraient ici des arcs d'ellipses, ainsi que la courbe NXP . Supposons donc qu'on ait trouvé les points o , k' , s ; t , v , y ; I' , Y^2 , O' , par lesquels doivent passer les arcs d'ellipses $ok's$, tvv , $I'Y^2O'$, qu'il s'agit de décrire. Pour y parvenir, il faudra regarder les hauteurs k^2k' , k^2v , k^2Y^2 , comme étant respectivement les premiers demi-axes des ellipses dont les arcs $ok's$, tvv , $I'Y^2O'$, font partie, et il faudra déterminer les seconds demi-axes, qui devront tous être situés sur la ligne de terre I^2O^2 . Pour avoir ces seconds demi-axes, celui de l'ellipse dont l'arc $ok's$ fait partie,

par exemple, on menera, à part, une droite ab (fig. 323) quelconque, que l'on fera égale à la hauteur k^2k' (fig. 318); sur cette droite ab (fig. 323), comme diamètre, on décrira une demi-circonférence de cercle acb ; par le point b , comme centre et avec un rayon égal à l'ordonnée $o'o$ du point o (fig. 318) (qui est la même que celle du point correspondant s), on décrira un arc de cercle qui coupera la demi-circonférence acb (fig. 323), au point c , par lequel et les points b et a on menera les droites bc , ac ; on fera la distance ad égale à l'abscisse k^2o' (fig. 318) (qui est la même que celle du point correspondant s); par le point d (fig. 323), on menera la droite ed , parallèle à bc , et la distance ae sera le demi-axe demandé, qu'on portera à droite et à gauche du point k^2 sur la ligne de terre I^2O^2 : ayant les axes de l'ellipse en question, on en décrira la moitié par la méthode des rayons vecteurs, de laquelle moitié on ne conservera, ensuite, que l'arc $ok's$. On aurait les demi-axes, des autres ellipses, de la même manière.

399. CINQUIÈME EXEMPLE. Au lieu de faire courbe l'intersection I^2Y^2O' (fig. 318) de l'intrados de la voussure avec la face du mur, on peut la faire droite et horizontale, mais alors la courbe NXP n'est plus une portion du ceintre gkn de la feuillure, par la raison que la hauteur O^2O' , égale à OP , doit ici être la même que celle k^2Y^2 , prise à volonté, mais plus grande que k^2k . Dans ce cas, la courbe NXP doit être telle, que l'ordonnée OP soit égale à k^2Y^2 , et que les ordonnées UX , SV soient, par rapport aux ordonnées de la courbe gkn (qui auraient des abscisses égales à NU , NS), ce que l'ordonnée OP est, par rapport à l'ordonnée de la courbe gkn (qui aurait une abscisse égale à NO). Supposons que, d'après cette condition, on veuille avoir l'ordonnée SV , de la courbe NXP , dont l'abscisse est NS . L'ordonnée OP étant égale à k^2Y^2 , on fera les abscisses gz , gz' respectivement égales aux abscisses NO , NS ; par les points z et z' , on élèvera les ordonnées zz^2 , $z'z'^3$; ensuite on menera deux droites ab , ac (fig. 324), faisant un angle quelconque; on fera ae égal à zz^2 (fig. 318), ad (fig. 324) égal à OP (fig. 318), et on menera la droite ed , par les points e et d (fig. 324); puis, on fera ac égal à $z'z'^3$ (fig. 318), et par le point c (fig. 324), on menera la droite cb parallèle à ed : la distance ab sera l'ordonnée demandée SV (fig. 318). On aurait les autres ordonnées de la courbe NXP de la même manière.

Observation. Le lecteur suivra l'esprit de l'explication que je viens de donner, pour l'appliquer à un exemple, mais il se gardera bien de mesurer au compas les quantités dont je viens de parler, parce qu'il ne les trouverait pas telles que je les ai supposées, l'épure (fig. 318) n'étant pas disposée pour cela.

La courbe NXP étant décrite, le reste de l'épure s'effectue tout-à-fait comme dans les exemples précédens. Quant aux courbes ok's, tvy, elles seront des arcs de cercle si les ceintres abef, gkn sont des demi-circonférences de cercle; elles seront des arcs d'ellipse, si les ceintres abef, gkn sont des demi-ellipses. Dans ce dernier cas, on opérera comme il a été dit au n°. 398.

400. SIXIÈME EXEMPLE. Si les tableaux des jambages étaient obliques par rapport aux faces du mur, on donnerait, aux traces horizontales des piédroits, les formes AIHGFE, BONMLKD (fig. 325) qu'on jugerait convenables, en observant de faire les traces NM, HG, de la face cylindrique de la feuillure, perpendiculaires à la projection horizontale GM de l'arrête intérieure du tableau, par la raison que nous avons donnée en parlant des plates-bandes, de sorte que cette face cylindrique de la feuillure ait ses génératrices perpendiculaires aux faces du mur. De plus, on observera que les projections horizontales FM, HN de l'arrête intérieure du tableau et de l'intersection de la face cylindrique de la feuillure avec la partie d'intrados comprise entre les évasemens des jambages, soient parallèles à la trace horizontale AB de la face du mur que rencontrent les évasemens. Cela posé, on prendra une ligne de terre $I'O'$ perpendiculaire à la projection horizontale $c7c^6$ de l'axe de l'intrados cylindrique comprise dans l'étendue du tableau; on déterminera la projection verticale $E'cL'$ du ceintre principal du tableau, celle $G'c'M'$ du ceintre de face, de la surface cylindrique de la feuillure, situé dans le plan vertical élevé sur la droite GM, et celle $H'c'N'$ de l'arrête de la feuillure située dans le plan vertical élevé sur la droite HN. Cela fait, sur la trace horizontale ON de l'un des deux évasemens, du plus grand, par exemple, on décrira la courbe NVP d'intersection de l'intrados de la voussure avec cet évasement, qui est une portion du ceintre principal de la face cylindrique de la feuillure, ceintre principal que je n'ai point décrit dans l'épure, pour ne la pas charger de trop de lignes, mais que le lecteur déterminera de lui-même sans difficulté.

Si ce ceintre principal est une demi-circonférence de cercle, son rayon sera égal à la moitié Nc^8 de la largeur HN, que l'on portera de N en Q sur la droite NQ, et par le Q, comme centre, on décrira l'arc de cercle NVP; si c'est une demi-ellipse, l'un des axes sera la droite HN, et la moitié de l'autre sera $C'c'$, et au moyen de ces axes on décrira une demi-ellipse, par la méthode des rayons vecteurs, sur la droite NQ prolongée. Ensuite, on menera les droites RS, TU, parallèles à AB, que l'on regardera comme les traces horizontales d'une suite de plans verticaux; par les points I, R,

T, et O, S, U, on élèvera, à la ligne de terre I'O', les perpendiculaires II^2 , RR^2 , TT^2 , et OO^2 , SS^2 , UU^2 ; on fera les ordonnées II^2 et $O'O^2$, $R'R^2$ et $M'S^2$, $T'T^2$ et $N'U^2$, respectivement égales, deux à deux, aux perpendiculaires OP, SX, UV, élevées, par les points O, S et U, à la droite NO, et par les points H', T², R², I² et N', U², S², O², on fera passer les courbes H'T²R²I², N'U²S²O², qui seront les projections verticales des intersections des faces des deux évasemens, avec la partie d'intrados comprise entre ces évasemens. Si l'on veut avoir la véritable courbe d'intersection de cette partie d'extrados avec la face de l'évasement dont la droite HI est la trace horizontale, par les points I, R, T, on élèvera, à la droite IH, les perpendiculaires II^3 , RR^3 , TT^3 , que l'on fera respectivement égales aux ordonnées OP, SX, UN, et par les points H, T³, R³, I³, on fera passer la courbe demandée HT³R³I³. Pour avoir les projections verticales $I^2c^5O^2$, $R^2c^4S^2$, $T^2c^3U^2$, on divisera d'abord les droites IO, HN, chacune en deux parties égales par une droite c^8c^{11} , sur laquelle s'élèvera un plan vertical; on supposera que l'intersection de ce plan vertical, avec la partie d'intrados comprise entre les évasemens, soit une ligne droite. Pour avoir la projection verticale c^2c^5 de cette droite, par le point c^{11} , on élèvera, à la droite c^8c^{11} , la perpendiculaire $c^{11}c^{12}$, que l'on fera égale à environ le douzième de la longueur c^8c^{11} , et par les points c^8 , c^{12} , on mènera la droite c^8c^{12} ; par les points c^{11} , c^{10} , c^9 , c^8 , on élèvera, à la ligne de terre I'O', les perpendiculaires indéfinies $c^{11}c^5$, $c^{10}c^4$, c^9c^3 , c^8c^2 (le point c^2 , où la dernière perpendiculaire c^8c^2 rencontre la courbe H'c²N', sera la projection verticale du point où le plan vertical élevé sur la droite c^8c^{11} rencontre le centre de la feuillure situé sur le plan vertical élevé sur la droite HN). Par les points c^{10} , c^9 , on mènera les droites $c^{10}c^{13}$, c^9c^{14} , perpendiculaires à la droite c^8c^{11} . Par le point c^2 , on mènera, à la ligne de terre I'O', la parallèle c^2c^1 , par rapport à laquelle on déterminera, sur les droites c^9c^3 , $c^{10}c^4$, $c^{11}c^5$, les points c^3 , c^4 , c^5 , à des hauteurs respectivement égales aux droites c^9c^{14} , $c^{10}c^{13}$, $c^{11}c^{12}$. Cela fait, si la courbe H'c²N' est une demi-circonférence de cercle, par les trois points respectifs T², c³, U²; R², c⁴, S²; I², c⁵, O², on fera passer trois arcs de cercle T²c³U², R²c⁴S² et I²c⁵O², comme nous l'avons dit au n°. 397, qui seront les projections verticales des intersections, avec l'intrados de la voussure, de la suite de plans verticaux élevés sur les droites TU, RS, IO. Si la courbe H'c²N' est une demi-ellipse, on fera passer des arcs d'ellipses par les trois points respectifs que nous venons de désigner, par le moyen donné au n°. 398, en observant que les demi-axes connus seront, par rapport à la ligne de terre I'O', les hauteurs

respectives des points c^3 , c^4 , c^5 , et les abscisses des points T^2 , R^2 , I^2 , seront les moitiés des distances comprises entre les points correspondans T^2 et U^2 , R^2 et S^2 , I^2 et O^2 . Le reste de l'épure s'achevera comme nous l'avons expliqué aux deux numéros précédens, ainsi que les lignes de construction l'indiquent. Ainsi, il ne nous reste plus qu'à donner le moyen d'avoir les panneaux des coupes.

D'abord on obtiendra le développement $Abb'DHGFECa'aB$ (fig. 326) des douëlles du tableau, et ensuite, pour avoir le panneau de la coupe aa^5 (fig. 325), on fera les distances mn , mo , mp , mq , mr (fig. 326), respectivement égales aux distances aa' , aa^2 , aa^3 , aa^4 , aa^5 (fig. 325); par les points n , o , p , q , r (fig. 326), on menera les droites nc , od , pe , qf , kg , perpendiculaires à la directrice $r's$; on fera les distances od , pe , qf , rg , respectivement égales aux distances $a^{14}a^9$, $a^{15}a^{10}$, $a^{16}a^{11}$, $a^{17}a^{12}$ (fig. 325), et par les points g , f , e , d (fig. 326), on fera passer la courbe $gfed$; par les points d et c on fera passer une courbe très-peu différente de la ligne droite; on fera la distance rk égale à $a^{17}a^{20}$ (fig. 325), et par les points a et k (fig. 326), on menera la droite ak , et la fig. $abcdgk$ sera le panneau demandé. Si l'on veut avoir le panneau $lkghi$ pour être appliqué sur la partie en état de charge du voussoir, on fera la distance rs égale à $a^{17}a^{18}$ (fig. 325); par le point s (fig. 326), on menera la droite sh perpendiculaire à sr' ; on fera la distance sh égale à $a^{18}I$ (fig. 325); par les points h et g (fig. 326), on menera la droite gh ; par les points h et k , on menera les droites hi , kl , parallèles entre elles, et de manière qu'elles fassent, par rapport à la droite hs , des angles égaux à l'angle DKL , et le panneau sera terminé. On aura les autres panneaux d'une manière semblable. Dans cet exemple de voussure de Marseille, on voit qu'il faut autant de panneaux de joint qu'il y a de coupes de voussoir dans la voussure. On tracera et on taillera les voussoirs comme il a été dit au n°. 397.

En rapprochant ce qui a été dit au n°. 399 de ce qu'on vient de dire sur l'exemple précédent, le lecteur fera bien de s'exercer à faire l'épure de la même voussure, dans le cas où l'intersection $I^2c^5O^2$ de la voussure, avec la face du mur dont la trace horizontale est la droite AB , est une ligne droite.

401. SEPTIÈME EXEMPLE. Si la trace horizontale AB (fig. 327), de la face du mur que rencontre la partie d'intrados de la voussure comprise entre les évasemens, n'est pas parallèle à la projection horizontale IK de l'intersection de la face cylindrique de la feuillure avec la même partie d'intrados, pour diriger les traces horizontales no , pq , rs de la suite des plans verticaux dont les intersections, avec l'intrados de la voussure, ont, pour projections

verticales, les courbes RcV , SdX , TeY ; on prolongera les droites AB , IK , jusqu'à leur rencontre t , et on dirigera les droites no , pq , rs , de manière que leurs prolongemens passent par le point t . Ensuite, sur la trace horizontale AI du plus grand évasement, on décrira la courbe Iu d'intersection de l'intrados de la voussure avec cet évasement, comme il a été dit dans les trois numéros précédens, de laquelle on déduira l'autre courbe Kv d'intersection du même intrados avec l'autre évasement, de manière que les ordonnées de cette courbe Kv soient respectivement égales à celles de la courbe Iu . Puis, on déterminera les projections verticales $PRSU$, $NVXZ$, de ces intersections; celles RcV , SdX , TeY et UfZ des intersections, avec le même intrados, de la suite de plans verticaux élevés sur les droites AB , no , pq , rs , en observant les mêmes choses que dans les nos. 397 et 398, c'est-à-dire que si la courbe PQN est une demi-circonférence de cercle, les courbes RcV , SdX , TeY et UfZ seront des arcs de cercle, et elles seront des arcs d'ellipse si la courbe PQN est une demi-ellipse; et enfin, on terminera l'épure, on obtiendra les panneaux de joint (fig. 328 et 329), on tracera, et on taillera les voussoirs, comme il a été dit dans les numéros précédens.)

402. HUITIÈME EXEMPLE. Supposons maintenant que la partie d'intrados comprise dans l'étendue du tableau et de la feuillure soit en plate-bande, au lieu d'être ceintrée, et que la partie du même intrados, comprise entre les évasemens, rencontre la face du mur opposée à celle qui est contiguë au tableau, suivant une certaine courbe. Dans ce cas, on pourra engendrer cette dernière partie d'intrados de plusieurs manières.

D'abord, supposons que les droites AB , HG' (fig. 330) soient les traces horizontales des faces du mur; que la figure $ACDEFGH$ soit la trace horizontale de l'un des jambages (le tableau étant perpendiculaire aux faces du mur), et que la droite UK soit la projection verticale de l'intrados de la plate-bande prolongée, et en même temps la ligne de terre, prise parallèle à la droite GH' . On déterminera la projection verticale ZXY de la feuillure, et celle GIK du tableau, comme pour le cas d'une plate-bande évasée. Ensuite, par le sommet C , de l'évasement, on élèvera, à la ligne de terre UK , la perpendiculaire CL , et on fera NL plus grand que le recouvrement IO de la feuillure: le point L sera la naissance de l'intersection $LTSM$ de l'intrados d'évasement avec la face du mur qui lui est contiguë. On décrira cette courbe $LTSM$ comme on voudra (nous supposons ici que cette courbe est un arc de cercle moindre qu'une demi-circonférence dont le centre est sur la droite MB qui passe par le milieu de la porte). On divisera la largeur de l'intrados de la plate-bande comme à l'ordinaire, pour avoir la largeur des douëlles; par

les points de division O, P, etc.; on mènera les coupes OQ, PR, etc., de manière qu'elles soient normales à l'arc de cercle LM, et on disposera les états de charge, comme on le voit dans l'épure. Si la courbe LM n'était pas un arc de cercle, pourvu que la flèche YM ne fût pas trop grande, on mènerait toujours les coupes normales à cette courbe. Dans le cas où cette flèche sera un peu considérable, on disposera les coupes comme il sera dit dans l'un des exemples suivans. Voici, maintenant, comment on engendrera l'intrados d'évasement: par le point L, et le point X, qui est le sommet de l'angle formé par les faces de profondeur de la feuillure, on mènera une droite LX, qui sera la projection verticale de l'une des naissances de cet intrados; ensuite, on supposera une ligne droite glissant à la fois sur la droite XY, et sur la courbe LM, de manière que la génératrice, passant d'abord par les points X et L, soit aussitôt arrivée au point T, sur la courbe LM, qu'au point O, sur la droite XY; puis, en partant de la position OT, qu'elle parcourré l'arc TS, dans le même temps que la droite OP, et ainsi de suite. D'après cette génération, on conçoit facilement ce qu'il y a à faire pour avoir les projections horizontales Gde, abc des arrêtes des douëlles.

Pour tracer les pierres de cette voussure, on s'y prendra tout-à-fait comme nous l'avons expliqué pour tracer celles des plates-bandes évasées (n°. 285). La fig. 331 représente un sommier terminé.

403. NEUVIÈME EXEMPLE. Supposons que la courbe RVY (fig. 332) d'intersection de l'intrados d'évasement avec la face du mur dont la trace horizontale est la droite AB, ait une flèche SY un peu considérable; supposons, par exemple, que cette flèche soit égale à la moitié de la largeur de la porte prise entre les arrêtes des évasemens; dans ce cas, on pourra disposer la voussure de la manière suivante:

Au lieu de faire l'évasement CD oblique par rapport à la face AB du mur qui lui est contiguë, on fera cet évasement (s'il est permis ensuite de l'appeler ainsi) perpendiculaire à la même face du mur; on observera un espace entre l'arrête E de la feuillure et la face de l'évasement, au moins égal à la largeur de la feuillure, pour que la coupe du sommier de la plate-bande ait l'inclinaison qui lui est nécessaire, et sur les faces de ces espèces d'évasemens, on établira un simple berceau droit, qui se terminera contre un plan vertical élevé sur la droite xD, qui est la projection horizontale de l'arrête extérieure de la feuillure de la plate-bande. Ensuite, après avoir décrit la projection verticale RVY de la moitié du ceintre principal de ce berceau, et avoir déterminé les projections verticales Lmb, SQc, des arrêtes du tableau et de la feuillure, tant pour les jambages que pour la plate-bande, on divisera

la plate-bande en autant de voussoirs qu'on le jugera convenable; puis, on divisera le ceintre du berceau en autant de parties plus deux, que l'intrados de la plate-bande contient de douëlles, pour que la coupe de chaque sommier de la plate-bande passe par l'arrête supérieure de la première douëlle, et que les autres coupes de la plate-bande répondent aux arrêtes correspondantes des autres douëlles du berceau, ainsi qu'on le voit dans la figure 332. Le reste de l'épure est trop facile à concevoir, pour qu'il soit nécessaire que je l'explique. On voit aussi facilement, dans cette épure, la manière d'appareiller ce genre de voûtes.

Quant à la manière d'en tracer les pierres, supposons, d'abord, qu'il s'agisse d'un premier voussoir: on commencera par équarrir une pierre au panneau de tête OMTfi, à une longueur égale à l'épaisseur du mur, laquelle prendra la forme afedclghik (fig. 333); puis, on fera la distance iy, égale à Kx (fig. 332); par le point y (fig. 333), on mènera les droites yx, yr parallèles aux arrêtes ik', ih; par le point r, on mènera la droite rr² parallèle à hg; par le point r² on mènera la droite r²o, parallèle à gl; on fera ensuite la distance ab égale à tD (fig. 332), et par le point b (fig. 333), on mènera la droite bo parallèle à ag; par le point f on mènera la droite fz parallèle à ac, et au moyen du panneau de tête ONRVgi (fig. 332), on tracera (fig. 333) la tête cbzmd; par les points m, n, on mènera les droites mv, nx, parallèles à ey, et la pierre sera tracée. Pour la terminer, on fera la coupe mvxn, que l'on prolongera jusqu'à la rencontre du plan mené par les droites yv, yx; on fera enfin la douëlle bzmypo, que l'on prolongera jusqu'à la rencontre du plan mené par les droites vr, rr², r²o, et il ne restera plus qu'à évider le retour zqrtsr'u de la feuillure.

Pour tracer un second voussoir, on équarrira une pierre au panneau de tête dVghkme (fig. 332), d'une longueur égale à l'épaisseur du mur, laquelle prendra d'abord la forme abmklihgfzede (fig. 334); au moyen du second panneau VXlkhg (fig. 332), on tracera la tête aonlih (fig. 334), et on taillera la douëlle lnru, et la coupe nrqo, que l'on prolongera jusqu'au plan utsrpq, parallèle à la tête gfede, et distante de cette tête de la quantité Kx (fig. 332); ensuite, sur la tête gfede (fig. 334), on prolongera la droite gf vers y, et on fera la distance fy, égale à fg (fig. 332); par le point y et le point e on mènera la droite ey, et on fera l'évidement fyzu xv (fig. 334), de manière que la face eyxt, de cet évidement, soit un plan mené par les droites et, ey, et que la face fyxv soit le prolongement du plan hgf. Enfin, on ne prolongera cet évidement que jusqu'au plan qpstuxv.

404. DIXIÈME EXEMPLE. Si les faces des évasemens étaient obliques par

rapport à celles du mur (fig. 335), on pourrait faire l'intrados d'évasement à surface conique droite ou oblique, suivant que les deux évasemens seraient égaux ou inégaux, et dans ce cas, l'épure se tracerait comme dans l'exemple précédent, avec cette différence qu'ici on aurait, de plus, à décrire la projection verticale de la petite base de la surface conique. En outre, pour donner aux coupes de la partie en plate-bande, l'inclinaison qui leur convient, on pourra être obligé de mettre chaque sommier en saillie sur la face du tableau, par la raison que ces coupes doivent passer par les points où les arrêtes des douëlles de la partie conique rencontrent la face verticale et intérieure de la plate-bande, ainsi que l'indique l'épure (fig. 335). La régularité, et même la solidité, exigent cette disposition, à moins que la porte ne fût assez grande pour que la plate-bande pût être indépendante de la partie conique.

On tracera, et on taillera les pierres comme nous l'avons expliqué au numéro précédent, en ayant égard à la forme de la douëlle qui fait partie de l'intrados d'évasement, ainsi qu'on le voit indiqué dans la figure 336, qui représente un premier voussoir.

405. ONZIÈME EXEMPLE. En supposant toujours les mêmes choses que dans le numéro précédent, on pourrait engendrer l'intrados d'évasement comme nous l'avons indiqué au n°. 402, c'est-à-dire que (fig. 337) la droite cb étant la projection verticale de l'arrête supérieure de la feuillure, et la courbe $afgh$ étant celle du ceintre de face de la voussure, on imaginera une ligne droite glissant sur la droite cb et sur la courbe $afgh$, de manière que cette génératrice passant d'abord par les points b et a , elle parcourre l'arc af dans le même temps que la droite be ; l'arc fg , dans le même temps que la droite ed , et ainsi de suite. Du reste, en jetant un coup-d'œil sur la fig. 337, on concevra facilement la manière de tracer l'épure, et de disposer l'appareil de cet exemple de voussures.

Pour tracer et tailler les voussoirs, on opérera comme nous allons l'expliquer sur les pierres de l'exemple suivant.

406. DOUZIÈME EXEMPLE. Dans les mêmes circonstances que nous venons de supposer, on pourrait engendrer l'intrados d'évasement de la manière qui suit :

On imaginera d'abord un plan vertical élevé sur la droite BH (fig. 338), menée au milieu de la largeur de la porte, perpendiculairement aux faces du mur, et on déterminera arbitrairement la courbe d'intersection de ce plan avec l'intrados qu'il s'agit d'engendrer. On supposera une suite d'autres plans verticaux parallèles aux faces du mur, et on déterminera aussi les courbes d'intersection de ces plans verticaux avec le même intrados: il est clair que pour que la surface qu'on veut engendrer soit régulière, il faut que toutes

cés courbes d'intersection le soient aussi, et, de plus, qu'elles soient dépendantes les unes des autres.

Supposons qu'on ait choisi un quart d'ellipse pour la courbe d'intersection du plan vertical élevé sur la droite BH, et que la projection verticale MOQ du ceintre de face de la voussure soit une demi-circonférence de cercle ou d'ellipse: les demi-axes de la courbe d'intersection du plan vertical élevé sur la droite BH seront évidemment les droites BI, NQ; ainsi, au moyen de ces demi-axes, et par la méthode des rayons vecteurs, on pourra décrire ce quart d'ellipse, en profitant de l'angle droit ABI, de sorte que ce quart d'ellipse sera la courbe Id'aA. Cela posé, on mènera une suite de droites ab, cd, parallèles à AB, qui seront les traces horizontales de la suite des plans verticaux parallèles aux faces du mur; et on déterminera les projections verticales des intersections de ces plans avec l'intrados dont il s'agit, ainsi qu'il suit.

Si la projection verticale MOQ... du ceintre de face de la voussure est une demi-circonférence de cercle ou d'ellipse, on supposera que des courbes d'intersection en question sont des demi-ellipses. Pour avoir les axes de ces courbes, par les points a, c, où les droites ab, cd, rencontrent la trace horizontale AC de la face de l'évasement, on élèvera, à la ligne de terre KL, les perpendiculaires af, ce, qui rencontreront la droite MN aux points f et e, et les distances Nf, Ne seront les premiers demi-axes demandés. Pour avoir les seconds, on fera les hauteurs Nh, Ng, respectivement égales aux ordonnées ba, dd', de la courbe Id'aA, et sur les demi-axes Nf et Nh, Ne et Ng, on décrira les quarts d'ellipse flih, emkg, qui seront les moitiés des projections verticales des courbes d'intersections dont il s'agit.

Cela fait, on disposera les coupes des voussoirs comme on le voit dans l'épure, et l'on obtiendra les projections horizontales des arrêtes des douilles en abaissant, par les points S, m, l, O; R, k, i, P, où les courbes MOQ, flih, emkg rencontrent les coupes SO, RP, des perpendiculaires à la ligne de terre KL, lesquelles iront successivement rencontrer les droites CI, cd, ab, AB, aux points n, o, p, q, r, s, t, u, par lesquels on fera passer les courbes nopq, rstu, qui jointes aux droites nG, m', seront les projections demandées, et l'épure sera terminée.

Pour avoir les panneaux de joint, on mènera (fig. 339) une droite quelconque ab, sur laquelle on fera les distances ac, ad, ae, af, ab, respectivement égales aux distances Hz, HI, Hd, Hb, HB (fig. 338), et par les points a, c, e, f, b (fig. 339), on élèvera, à la droite ab, les perpendiculaires ap, cn, ek, fl, bq; on fera les distances cn, ao, chacune égale à zI (fig. 338), et on mènera la droite no (fig. 339). Si, maintenant, il s'agit du panneau de

la première coupe SO (fig. 338), on prendra les distances Sm, Sl, SO, que l'on portera de e en i, de f en h, de b en g (fig. 339), et par les points d, i, h, g, on fera passer la courbe dihg, et la figure poncdgq sera le panneau demandé.

Pour avoir le panneau de la seconde coupe, on fera les ordonnées bm, fl, ek (fig. 339), respectivement égales aux distances RP, Ri, Rk, (fig. 338), et par les points d, k, l, m (fig. 339), on fera passer la courbe dklm, et la figure poncdmq sera le second panneau demandé.

Pour tracer et tailler les voussoirs, le premier, par exemple, on équarrira une pierre au panneau de tête K'USOvK² (fig. 338), et à une longueur égale à l'épaisseur du mur, laquelle aura la forme abcdefghiky (fig. 340), et ensuite, avec le panneau des piédroits on tracera le lit de pose qui aura la forme as/polky; avec le premier panneau de joint, on tracera la coupe du lit de dessus; avec le panneau de tête K'KMOyK² (fig. 338), on tracera la forme as/sdtf (fig. 340) sur la tête abcdef; par les points d et t, on mènera les droites du, tv, parallèles à l'arrête ex; on fera les distances du, ex, tv, chacune égale à BI (fig. 338); par les points u, x, v (fig. 340), on mènera les droites ux, xv, et la pierre sera tracée. Pour la terminer, on fera passer un plan duvt, par les droites du, tv, qui sera la coupe du lit de dessus, et que l'on prolongera jusques à sa rencontre vu avec le plan uxv. Ensuite, on évidera le retour de la feuillure lmnqrop; on fera le petit plan s'sqp, et on creusera la douille sqnz³z/d, suivant les droites sq, qn et les courbes sd, d z/z³n. Pour fouiller le milieu avec exactitude, on fera plusieurs rigoles zz', z²z³, au moyen de cerces levées sur les courbes flih, emkg (fig. 338), que l'on appliquera sur la pierre de manière que, le plat de ces cerces soit parallèle aux têtes du voussoir, en ayant soin, en outre, de les faire passer par les points z et z', z² et z³ (fig. 340), que l'on déterminera, en menant, sur le lit de pose et sur la coupe de dessus, des parallèles à la tête du voussoir, et à des distances respectivement égales aux distances Bb, Bd (fig. 338).

Pour tracer un second voussoir, on s'y prendra d'une manière semblable, et il aura la forme représentée par la fig. 341.

S'il s'agissait des pierres relatives à l'épure de la figure 337, elles ne différeraient de celles que nous venons d'expliquer, qu'en ce que les courbes dz/z³n (fig. 340) et ab, cd (fig. 341), se changeraient en lignes droites.

L'exemple de voussure que nous venons de donner est connu sous le nom d'*arrière voussure de Saint-Antoine*. J'en pourrais donner plusieurs exemples; mais comme elles ne sont pas d'une forme de très-bon goût, et qu'elles peuvent

toujours être remplacées par l'une ou l'autre des dispositions que j'ai données aux nos. 403, 404, qui sont infiniment préférables sous tous les rapports, je m'en tiendrai à l'exemple précédent.

407. TREIZIÈME EXEMPLE. Supposons (fig. 342) que la figure ACDEF soit la trace horizontale de l'un des jambages d'une arcade en voussure, que la face de ce jambage dont la trace horizontale est la droite CD, soit perpendiculaire aux faces du mur; que la face du même jambage dont la trace horizontale est la droite DE, fasse, avec la première, un angle CDE quelconque; que la droite BG soit la projection horizontale de l'axe de la partie cylindrique de l'intrados de la voussure dont la droite CD est la projection horizontale d'une génératrice de naissance, et que la droite DG soit la projection horizontale de l'intersection des deux parties d'intrados de la voussure; cela posé, supposons que la courbe KabcL soit la projection verticale du ceintre principal de la partie cylindrique d'intrados, et la courbe HdefL soit celle du demi-ceintre de face de la partie d'intrados de la voussure dont la projection verticale est le triangle DEG: ces deux courbes KabcL, HdefL pourront se joindre au sommet L, ou bien la courbe HdefL pourra s'élever plus haut que le ceintre KabcL; mais ce dernier ne pourra jamais s'élever plus haut que le ceintre de face HdefL.

Quant à la surface d'intrados dont la projection horizontale est le triangle EDG, on l'engendrera en faisant glisser uniformément une ligne droite à la fois sur les deux courbes HdefL, KabcL, de manière qu'en faisant partir la génératrice des points H et K des naissances, elle arrive en même temps sur les points dont le point L est la commune projection verticale.

Pour tracer l'épure de cette espèce de voussure, on divisera l'une ou l'autre des deux courbes KabcL, HdefL, en autant de parties égales qu'on voudra avoir de voussoirs, et par les points de division, on menera les droites ad, be, cf, normales au ceintre principal KabcL de la partie cylindrique de la voussure, qui seront les projections verticales des intersections des premiers plans de coupe avec la partie d'intrados dont la projection horizontale est le triangle DEG. Par les points d, e, f, où les droites ad, be, cf, rencontreront le ceintre de face HdefL, on menera les droites dg, eh, fi, normales à ce ceintre de face; on disposera les coupes des voussoirs de manière que l'appareil de la voussure s'accorde bien avec celui des assises du mur, et la projection verticale de la voussure sera terminée. On voit, d'après cette disposition, que les coupes des voussoirs formeront un pli suivant des droites horizontales dont les projections verticales sont les points d, e et f. Quant à la projection horizontale de cette espèce de voussure, les lignes de construction indiquent assez la manière de l'obtenir.

Pour tracer les voussoirs, un de ceux dont le panneau de tête est la figure $MK\ adgN$, par exemple, on l'équarrira d'abord à ce panneau de tête, comme à l'ordinaire, et il prendra la forme $abcdefghijklm$ (fig. 343). Cela fait, on fera les distances lo , kn , respectivement égales aux distances CD , a^2a' (fig. 342); on fera la distance id' (fig. 343), égale à la distance d^2D' (fig. 342); on mènera la droite nd' (fig. 343), et on déterminera l'intersection on , avec la douëlle cylindrique $cblk$, d'un plan mené par le point o et la droite nd' . Puis, avec le panneau $MHdgN$ (fig. 342), on tracera, sur la tête $abcdef$ (fig. 343) du voussoir, la forme $apdef$; par les points p et o , d et n , on mènera les droites po , dn , et la pierre sera tracée. Pour la terminer, on fera la douëlle $pon d$, en faisant glisser uniformément une règle sur les arcs on , pd .

Pour tracer un second voussoir, on l'équarrira d'abord au panneau de tête $OgdabehP$ (fig. 342), et il prendra la forme $abcdefghijklmnopq$ (fig. 344); on fera les distances ks , ir , qt respectivement égales aux distances b^2b' , a^2a' , d^2D' (fig. 342), et on mènera la droite rt (fig. 344); on déterminera l'intersection sr , avec la douëlle cylindrique $ahik$, d'un plan mené par le point s et la droite rt ; on tracera la courbe bg , sur la tête $abcdefgh$ du voussoir, avec le panneau de tête $OgdehP$ (fig. 342); par les points s et b , r et g (fig. 344), on mènera les droites sb , rg , et la pierre sera tracée; on taillera la douëlle $bsrg$, comme nous l'avons dit sur le premier voussoir. On tracera et on taillera les autres voussoirs de la même manière.

On donne à l'espèce de voûture que nous venons d'expliquer, le nom de *corne de vache*.

408. QUATORZIÈME EXEMPLE. La fig. 345 est l'épure d'une voûture semblable à la précédente, avec cette seule différence que la projection horizontale DG' de l'intersection des deux parties d'extrados est ici une droite parallèle aux traces horizontales des faces du mur, de sorte qu'on pourra lui appliquer l'explication précédente.

409. QUINZIÈME EXEMPLE. La fig. 346 est l'épure d'une voûture à peu près semblable à celle que nous avons donnée au n°. 407, avec cette différence que la trace horizontale DE d'une face des jambages est ici une surface cylindrique au lieu d'être plane, ce qui oblige d'engendrer la partie d'intrados, dont la projection horizontale est le triangle DEG , de la manière suivante :

On prendra le ceintre principal de la partie cylindrique de l'intrados; et le ceintre de face de l'autre partie du même intrados, de manière que ces deux courbes soient analogues; c'est-à-dire que si la première est une demi-

circonférence de cercle, la seconde soit une demi-ellipse, et si la première est une demi-ellipse, la seconde le soit aussi. Ensuite, quelle que soit la courbe DE, on prendra, à volonté, des points n' , k' , sur cette courbe DE, par lesquels et le point G on mènera les droites $n'G$, $k'G$, qu'on regardera comme les traces horizontales d'une suite de plans verticaux qui rencontreront l'intrados à engendrer, et on déterminera les intersections de ces plans avec la surface en question, de manière que leurs projections verticales no , kl soient des quarts d'ellipse, aussi bien que la moitié HdefL du ceintre de face. Du reste, on disposera l'appareil comme il a été dit au n°. 407, et on obtiendra les projections horizontales $d'o'a'a^2$, $e'm'p'b'b^2$, $f'c'c^2$, comme on le voit indiqué dans l'épure (fig. 346), par les lignes de construction, et il ne restera plus qu'à avoir les cerces ou panneaux de joint pour tracer les pierres.

Pour avoir la cerce de la coupe supérieure du premier voussoir, on prolongera indéfiniment les traces horizontales BA, GF, des faces du mur; on mènera une droite qr , quelconque, perpendiculaire à la droite Bq; par les points a' , o' , l' , on mènera les droites $a'u$, $o'v$, $l'x$, parallèles à Bq; on fera les ordonnées tv , sx , ry , respectivement égales aux distances ao , al , ad , et par les points u , v , x , y , on fera passer la courbe $uvxy$, qui sera celle de la cerce demandée. On aura les autres cerces $q'u'v'x'y'$, $q^2u^2y^2$, de la même manière.

Quant à la manière de tracer les voussoirs, elle est la même que celle que nous avons donnée au n°. 407, avec cette différence que les points d et n , p et o (fig. 347), r et g , s et b (fig. 348), seront joints par des courbes, deux à deux, au moyen des cerces que nous venons d'expliquer.

410. SEIZIÈME EXEMPLE. La fig. 349 est l'épure d'une voûture toute semblable à la précédente, avec cette seule différence que la projection horizontale DG' de l'intersection des deux parties de l'intrados, est parallèle aux traces horizontales des faces du mur, ce qui oblige de mener les traces horizontales $n'p'$, $k'm'$, de la suite de plans verticaux qui rencontrent la partie d'intrados qui n'est pas cylindrique, parallèles à la droite DG'; de sorte qu'on pourra appliquer à cet exemple, l'explication du n°. 409.

Les quatre derniers exemples de voûture que nous venons de donner, outre qu'ils peuvent être employés dans les édifices, sont très-utiles dans les travaux des ponts et chaussées, pour les têtes de ponts, en ce que si l'on avait un vieux pont à élargir, on pourrait se servir des avant et arrière becs, et se dispenser de faire de nouvelles fondations, ce que j'ai vu pratiquer par les ingénieurs des ponts et chaussées du département de Vaucluse, avec un grand avantage. On pourrait aussi se servir de ces voûtures dans les ponceaux, pour détourner commodément les eaux des petites rivières.