

la suite des autres , en suivant le contournement des rampes et des paliers , d'après la disposition qu'on aura choisie. Je n'explique pas comment on en aurait la projection verticale ou l'élévation de face : l'inspection seule des figures de la planche 79 suffira pour la faire concevoir.

Tel est l'esprit suivant lequel on doit composer les escaliers à repos entre deux murs. Quant à leur construction , elle est parfaitement la même que celle des perrons à une seule montée , que nous avons expliquée au n°. 470 : c'est pour cela que dans les figures de la planche 79 , je n'ai point indiqué de disposition d'appareil , et que je me suis contenté de donner une simple idée des dispositions les plus convenables qu'on peut donner à ce genre d'escaliers. *Malgré cela , dans la crainte que quelque lecteur désirât un exemple de l'espèce d'appareil qui leur convient dans l'ensemble et les détails , j'ai donné le plan (fig. 411) et l'élévation de face (fig. 412) , d'un de ces escaliers construit en partie en pierres de taille , et en partie en moëlons. Je ne crois pas avoir besoin de faire la description de cette construction , dont il est facile de concevoir l'arrangement. Si , au lieu d'une construction mixte , on voulait que le tout fût en pierres de taille , on n'aurait qu'à faire les assises d'une hauteur double de celles qui sont en moëlons.*

CHAPITRE XXIX.

Des Escaliers à rampes droites , voûtés entre deux murs.

484. Les dispositions des escaliers voûtés entre deux murs , sont les mêmes que celles des escaliers à repos entre deux murs , que nous avons expliquées. Les voûtes qui leur conviennent sont , les berceaux en descente les plus simples sous les rampes , et les voûtes en arrêtièrs sous les paliers. On conçoit comment les descentes doivent se raccorder avec les voûtes en arrêtièrs. Conséquemment nous n'avons rien à dire de particulier sur ce genre d'escalier , car nous avons suffisamment expliqué les deux genres de voûtes dont il est ici question ; et d'ailleurs ces voûtes se font presque toujours en moëlons , et il n'y a même que lorsqu'elles sont apparentes en dessous , qu'il soit convenable de les faire en pierres de taille. Cependant

il est une disposition particulière de ce genre d'escaliers, dont la voûte est d'une espèce que nous n'avons pas encore expliquée. Cette disposition est représentée, en plan, par la figure 413. On voit qu'ici les devants des marches ne sont plus parallèles, mais que leurs projections horizontales tendent au centre commun de quatre carrés, dont les côtés sont parallèles, et qui sont les traces horizontales des faces des murs entre lesquels l'escalier est situé. Il faut observer que les projections horizontales, des devants de quatre marches, doivent coïncider avec les diagonales des carrés dont il vient d'être question, et que les arrêtes supérieures, des devants des marches comprises dans chacun des angles formés par les diagonales, sont situées sur une surface gauche dont les directrices sont les arrêtes supérieures des devants des marches qui sont aux diagonales. Les escaliers de cette espèce font presque toujours plusieurs révolutions, et la voûte qui soutient les marches est visible aux personnes qui montent ou qui descendent. L'intrados de cette voûte est la réunion de quatre *berceaux gauches en descente égaux*, que Frezier appelle *cylindroïdes*. Cette voûte est connue sous le nom de *vis Saint-Gilles carrée*. Sa projection horizontale est comprise entre les côtés des deux carrés $abcd$, $efgh$, qui sont les traces horizontales des faces, des murs de la cage, entre lesquelles sont les marches. Les génératrices de naissance de la vis Saint-Gilles carrées, sont respectivement parallèles aux génératrices (des surfaces gauches qui passent par les arrêtes supérieures des devants des marches) dont les projections horizontales sont respectivement les droites ab et ef , bc et fg , etc. Les quatre murs du milieu forment ce qu'on appelle le *noyau*. Ce noyau peut toujours être creux, comme l'indique, en projection horizontale, le carré $iklm$. Les traces horizontales des faces des murs d'enceinte et du noyau de l'escalier, au lieu de former des carrés, pourraient former d'autres polygones réguliers parallèles, d'un même nombre de côtés. Ainsi on peut avoir des vis Saint-Gilles, carrées, pentagones, exagones, eptagones, octogones, etc. Pour le moment, il ne va être question que de celle qui est dite *carrée*.

VIS SAINT-GILLES CARRÉE.

485. Supposons (fig. 414) que la figure $ABCDHGFE$ soit la projection horizontale de la moitié des murs de la cage, et que la figure $IKLMQPON$ soit celle de la moitié du noyau évidé. Cela posé, on menera les diagonales BK , CL , qu'on divisera en deux parties égales, par une droite ST parallèle à BC ; par les points S et T on menera les droites SR , TU , parallèles à AB ; on divisera la droite ST en autant de parties égales qu'il devra y

avoir de marches dans l'espace compris entre les deux diagonales BK, CL; on portera, sur les droites SR, TU, autant de divisions de ST que ces droites pourront en contenir, et par tous ces points de divisions et le centre V, on mènera des droites qui seront les projections horizontales des devants des marches de l'escalier. Supposons maintenant que la droite MD soit la ligne de départ de l'escalier, et que ce dernier aille en montant dans le sens opposé au contour UTSR, de sorte que dans notre exemple, on voit que la droite AI sera la projection horizontale du devant de la 13^e. marche, et les marches continueront à monter dans le sens des numéros 14, 15, 16, etc.

Élevons actuellement un plan vertical sur la droite AI, et déterminons la projection verticale de l'intersection de ce plan, avec le berceau gauche dont la moitié de la projection horizontale est la trapèze ABKI, la ligne de terre YZ étant parallèle à la droite AI.

Pour cela, par le centre V on élèvera, à la ligne de terre YZ, la perpendiculaire V'X, et on mènera les prolongemens YY', A'A², I'I², O'O², P'P², M'M², D'D² et ZZ' des droites FE, BA, KI, ON, PQ, LM, CD et GH, qui sont perpendiculaires à la ligne de terre YZ, lesquels prolongemens seront les projections verticales des faces des murs. Cela fait, sur la droite V'X, on portera les hauteurs d'autant de marches qu'on voudra. Ensuite, on considérera que le plan vertical élevé sur la droite AI, se terminera à l'arrête supérieure de la 13^e. marche. L'extrados de la voûte doit être en contre bas de cette arrête, d'au moins une hauteur et demie de marche, pour que les marches conservent assez d'épaisseur à l'endroit de leur recouvrement, et qu'on puisse les poser avec facilité sur cet extrados: en conséquence, par le point b, pris à égales distances entre les points de hauteur 11 et 12, on mènera, parallèlement à la ligne de terre YZ, la droite ab qui sera la projection verticale de l'intersection du plan vertical élevé sur la droite AI, avec l'extrados de la voûte. On placera le point d au-dessous de la droite ab, de manière que la distance cd soit égale à l'épaisseur verticale du milieu de la clef, et le point d sera le sommet de la projection verticale de l'intersection, avec l'intrados de la voûte, du plan vertical en question. On décidera la forme qu'on voudra donner à cette intersection, et après l'avoir décrite, on la divisera en autant de parties égales qu'on voudra avoir d'assises dans la voûte; par les points de division, on mènera les coupes et enfin on disposera les états de charge, comme on le voit dans l'épure, et la figure ahfdgik sera la projection demandée. Cherchons actuellement celle de l'intersection, avec la voûte, d'un autre plan vertical élevé sur la diagonale BK. A cet effet, on observera que l'intersection de ce nouveau plan;

avec l'intrados de la voûte, est une courbe différente de celle que nous venons de déterminer, mais la projection verticale (pour le plan de projection verticale que nous avons choisi), est parfaitement semblable à la précédente, seulement elle est plus élevée, par rapport à la ligne de terre, d'autant de fois la hauteur d'une marche, qu'il y a de ces dernières entre la droite AI et la diagonale BK. Dans notre exemple, il y en a trois. On mènera donc la droite $h'i'$ parallèle à la droite hi , et à une distance, de cette dernière, égale à trois hauteurs de marche. Sur la droite $f'g'$, comme diamètre, on décrira la courbe $f'd'g'$ parfaitement égale à la première fdg ; on la divisera de la même manière; on mènera les coupes et la ligne $a'k'$ d'extrados, et on joindra les points correspondans de division des deux courbes, ainsi que les extrémités des coupes, par des droites, comme on le voit dans l'épure. Cela fait, on déterminera la projection verticale de l'intersection d'un plan vertical élevé sur la diagonale CL. Pour cela, on mènera la droite i^2h^2 , parallèlement à la droite $h'i'$, et à une distance, en contre haut de cette dernière, égale à la somme des hauteurs des sept marches comprises entre les diagonales CL, BK. Sur le diamètre g^2f^2 , égal à $f'g'$, à fg , on décrira la courbe $g^2d^2f^2$, parfaitement égale aux deux précédentes fdg , $f'd'g'$; on la divisera en parties égales; on mènera les coupes et on disposera l'appareil de la même manière que nous l'avons fait dans les intersections avec la voûte des deux premiers plans verticaux, et la projection demandée sera déterminée.

Pour avoir les projections verticales des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes du berceau gauche en descente, dont la projection horizontale est le trapèze BKLC, il suffira de joindre les points de division correspondans des projections verticales $f'd'g'$, $f^2d^2g^2$ des intersections, avec l'intrados de la voûte, des plans verticaux élevés sur les diagonales BK, CL, et les points correspondans qui sont aux extrémités des coupes, par les droites ff^2 , ll' , mm' , $d'd^2$, nn' , oo' , $g'g^2$, et les droites tt' , ss' , rr' , pp' , qui seront les projections demandées. On mènera aussi les droites h/h^2 , uu' , a/a^2 , k/k^2 , qq' et i/i^2 , qui seront les projections verticales des autres arrêtes des assises.

Comme les douëlles, les coupes et les surfaces d'état de charge sont toutes des surfaces gauches, pour pouvoir obtenir, avec assez d'exactitude, les différens panneaux de tête qui sont nécessaires pour tracer les voussoirs, on mènera d'autres droites qui passeront par les milieux correspondans des douëlles, des coupes, et des droites $h'f'$ et h^2f^2 , ut et $u't'$, $a's$ et a^2s' , etc., ainsi qu'on le voit dans l'épure par les lignes ponctuées, et il ne manquera

plus, pour avoir terminé l'épure, que d'avoir les projections verticales de chaque voussoir en particulier.

Pour obtenir commodément ces dernières projections verticales, il faut avoir celle de la portion de voûte dont le trapèze LMDC est la projection horizontale, dans un plan vertical dont la ligne de terre F'E' soit parallèle à CD.

Pour cela, on décrira la projection verticale $f^3d^3g^3$ de l'intersection, avec l'intrados de la voûte, du plan vertical élevé sur la diagonale LC, laquelle projection verticale sera une courbe parfaitement égale à celles comme fdg que nous avons déjà décrites. On prendra le diamètre f^3g^3 de cette courbe, sur la ligne de terre F'E' elle-même. Cela fait, et après avoir disposé les douëlles, les coupes et les états de charge, tout-à-fait comme nous l'avons fait dans l'autre projection verticale $f^2d^2g^2$ de l'intersection du même plan vertical avec la voûte, on fera la distance E/g^4 égale à la hauteur de trois marches, et ensuite, à partir du point g^4 , on fera les hauteurs g^4o^3 , g^4n^3 , g^4d^4 , respectivement égales aux ordonnées des points o^2 , n^2 , d^3 , abaissées sur la ligne de terre F'E', et les hauteurs g^4p^3 , g^4r^3 , respectivement égales aux hauteurs des points t^2 , s^2 par rapport à la ligne de terre F'E'. Puis, par le point g^4 et les points i^3 , g^3 , f^3 et F', on menera les droites g^4i^3 , g^4g^3 , g^4f^3 et g^4F' ; par le point o^3 et les points o^2 , l^2 , on menera les droites o^3o^2 , o^3l^2 ; par le point p^3 et les points q^2 , p^2 , t^2 et u^2 , on menera les droites p^3q^2 , p^3p^2 , p^3t^2 et p^3u^2 ; par le point n^3 et les points n^2 , m^2 , on menera les droites n^3n^2 , n^3m^2 ; par les points d^4 et d^3 on menera la droite d^4d^3 , et par le point r^3 et les points k^3 , r^2 , s^2 et a^3 , on menera les droites r^3k^3 , r^3r^2 , r^3s^2 et r^3a^3 , et la projection demandée sera terminée. On y ajoutera les projections verticales de droites menées par les milieux des douëlles, des coupes et des droites f^3F' et f^3i^3 , u^2t^2 et p^2q^2 , a^3s^2 et r^2k^2 , qu'on obtiendra, comme nous venons de l'expliquer, pour celles des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes. Présentement nous pouvons procéder à l'appareil de la voûte, à la distribution des voussoirs.

Pour abréger, on disposera les voussoirs d'une manière symétrique, afin que dans une révolution entière de la voûte, on n'ait besoin que du quart des panneaux qu'il faudrait, si l'appareil n'était pas régulièrement disposé. En outre, il faut observer que les joints par tête des voussoirs doivent être plans pour plus de simplicité, mais ces plans, au lieu d'être verticaux, devront être perpendiculaires aux droites qui passent par les milieux des douëlles, pour éviter les angles aigus (1). Cela posé, voici de quelle manière

(1) A la rigueur, ces joints devraient être des surfaces gauches, résultantes de l'ensemble des

on obtiendra les projections verticales des voussoirs qui diffèrent de forme :

On disposera les droites xv , $v'x'$, v^2x^2 , perpendiculaires à la droite qui passe par le milieu de la première douëlle située du côté du mur dont la projection horizontale est la figure $FBCG$; les droites v^3x^3 , v^4x^4 , v^5x^5 , perpendiculaires à la droite qui passe par le milieu de la seconde douëlle du même côté, etc., ainsi qu'on le voit dans l'épure, et ces droites seront les projections verticales des joints par tête des voussoirs situés du côté du mur dont nous venons de parler. On fera les distances f^3y , l^2y' , etc., respectivement égales aux distances $f'v^2$, lv^3 , etc. ; par le point y , on menera la droite yz perpendiculaire à la droite qui passe par le milieu de la première douëlle du côté du mur, dont la moitié de la projection horizontale est la figure $CDHG$; par le point y' on menera la droite $y'z'$ perpendiculaire à la droite qui passe par le milieu de la seconde douëlle du même côté, etc. Cela fait, on fera la distance f^2t^4 égale à la hauteur du point y , par rapport à la ligne de terre $F'E'$, la distance f^4t^5 égale à la hauteur, par rapport à la même ligne de terre, du point où la droite qui passe par le milieu de f^3F' coupe la droite yz ; la distance h^2h^3 égale à la hauteur du point y^2 , par rapport à la même ligne de terre, et on fera passer la courbe $t^4t^5h^3$ par les trois points t^4 , t^5 , h^3 . On prendra de même, par rapport à la ligne de terre $F'E'$, les hauteurs des points y^3 , y^4 , etc., où la droite qui passe par le milieu de la douëlle, l'arrête supérieure de la douëlle, la droite qui passe par le milieu de la coupe, l'arrête supérieure de la coupe, la droite qui passe par le milieu de u^2t^2 , et la droite qui passe par le point u^2 , coupent la droite yz , que l'on portera en contre haut de la droite g^2f^2 , sur les droites respectivement correspondantes, ce qui donnera les sommets et les points intermédiaires des courbes qui composent la figure $t^4l^3t^3u^3h^3$, qui est la seconde projection verticale du joint dont la première projection de même nom est la droite yz . En opérant de la même manière sur la droite $y'z'$, on obtiendra la seconde projection verticale $l^5m^3s^3u^5u^4t^6t^5$ du joint relatif à la droite $y'z'$. On opérerait de la même manière pour les joints des assises suivantes. Si l'on prolongeait la courbe u^3t^3 jusqu'au point l^4 , et la courbe u^5s^3 jusqu'au point m^4 , etc., on aurait les figures $vx'l^4u^3h^2$, $v^5u^5m^4m^5x^5$, etc., qui seraient les premiers panneaux nécessaires pour tracer les pierres d'angle. Les figures $vxx'v'$, $v'x'x^2v^2$, $v^3x^3x^4v^4$, et $v^4x^4x^5v^5$, seront ceux des voussoirs de remplissage du côté

normales à la surface d'intrados, menées par les points de la ligne que Monge a démontré être la ligne de courbure des surfaces en général ; mais, dans le cas présent, la détermination de cette surface entraînerait à des opérations trop longues pour la pratique,

des murs de la cage. On s'y prendrait d'une manière semblable pour avoir les panneaux de même genre pour les vousoirs situés du côté du noyau évidé.

Maintenant, il ne nous manque plus, pour pouvoir tracer les vousoirs, que d'avoir les panneaux de tête pour chaque joint en particulier.

Supposons qu'il s'agisse d'avoir celui du joint dont la droite yz est la projection verticale : on commencera par abaisser les projections horizontales des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes, celles des milieux des douëlles et des coupes, etc., comme s'il s'agissait d'une voûte en arc de cloître, ainsi qu'on le voit dans l'épure. Cela fait, on menera quelque part la droite o^4o^{10} perpendiculaire à AB ; on fera les hauteurs o^8o^9 , $o^{10}o^{11}$, respectivement égales aux hauteurs yy^3 , yy^4 du point y aux points y^3 , y^4 où la droite qui passe par le milieu de la première douëlle, et l'arrête de cette première douëlle coupent la droite yz , et par les points o^8 , o^9 , o^{11} , on fera passer la courbe $o^8o^9o^{10}$ qui sera la courbure de la douëlle. Pour avoir le bord $o^5o^7o^8$ du panneau, on fera la hauteur o^6o^7 égale à la distance du point y au point où la droite qui passe par le milieu de la droite $F'f^3$, coupe la droite yz , et la hauteur o^4o^5 égale à la distance yy^2 , et par les points o^5 , o^7 , o^8 on fera passer la courbe $o^5o^7o^8$, qui sera le bord demandé. On conçoit maintenant comment on obtiendra la courbe $o^{11}o^{12}o^{13}$ qui détermine la coupe, et celle $o^{13}o^{14}o^{15}$ qui détermine la surface d'état de charge. On conçoit aussi comment on doit opérer sur la droite $y'z'$ pour avoir le panneau $n^4n^5n^6n^7n^8n^9n^{10}$, et respectivement sur les droites vx , v^5x^5 , pour avoir les panneaux $p^4p^5p^6p^7p^8$, $q^3q^4q^5q^6q^7q^8$ et ainsi des autres.

Pour tracer les vousoirs d'angle, celui dont la projection verticale est la figure $vh^2u^3t^3l^3l^3/x$, on levera le panneau $vh^2u^3l^4l^3/x$ ainsi que l'indiquent les lignes bordées de hachures; on cherchera une pierre dont le parement puisse contenir ce panneau, et dont la largeur du lit soit au moins égale à la distance du point y à la droite $F'a^3$; on fera un lit et un parement d'équerre entre eux; sur le parement, on tracera la forme du panneau dont il vient d'être question, et, d'équerre à ce parement, on fera toutes les faces indiquées par le panneau, et la pierre aura la forme $abcdefghijklm$ (fig. 415.) On fera les distances is , kr , lu (fig. 415), toutes égales à h^2h^4 (fig. 414); par les points s et r , r et u (fig. 415) on fera passer les droites sr , ru ; par le point u on menera la droite ut parallèle à l'arrête ab ; par le point e on menera la droite ev parallèle à l'arrête fa ; par le point v on menera la droite vt parallèle à l'arrête am , et on fera l'évidement $vturs$. Cela fait, on fera les distances fq , ep (fig. 415) chacune égale à la distance l^4l^6 (fig. 414);

les distances fn , eo (fig. 415), chacune égale à la distance yz^2 (fig. 414); on joindra les points n et q , o et p , n et o , q et p (fig. 415), par les droites nq , op , no et qp , et on fera le plan $nopq$ qui sera le joint par tête dont la projection verticale est la droite yz . Maintenant, au moyen du panneau de tête $o^5 o^8 o^{11} o^{13} o^{15}$ (fig. 414) on tracera, sur ce joint, le profil de la pierre (fig. 415); et au moyen du panneau de tête $p^4 p^5 p^6 p^7 p^8$ (fig. 414), on tracera le second profil de la pierre sur le joint $lkru$ (fig. 415.) On fera la hauteur mx égale à la hauteur $F'u^2$ (fig. 414), et on mènera les droites xn , xk' , etc. On fera ensuite toutes les faces du voussoir (qui seront gauches), de la manière que l'on doit concevoir d'après tout ce qui précède. On tracerait et on taillerait les autres voussoirs d'une manière semblable. J'engage le lecteur à faire le modèle en relief de cette voûte, pour l'aider à la bien entendre, et à suppléer aux détails que je n'explique pas, dans la crainte d'être trop diffus.

CHAPITRE XXX.

Des Escaliers à rampes droites, voûtés en encorbellement.

475. Les principales dispositions des escaliers à rampes droites voûtés en encorbellement, sont celles représentées par les figures de la planche 82, et par la figure 413 de la planche 81, en faisant abstraction du noyau. Tous ces escaliers ne sont praticables qu'à l'intérieur.

Dans la figure 416, on voit que l'escalier se compose de deux rampes, d'un palier intermédiaire et d'un palier d'arrivée. Cet escalier est supposé ne monter qu'au premier, mais il pourrait monter à un nombre quelconque d'étages. Dans celui que représente la figure 417, il y a trois rampes, deux paliers carrés intermédiaires, et un palier d'arrivée au premier étage. Cet escalier pourrait se continuer aussi haut qu'on le voudrait; celui représenté par la figure 418, commence par une seule rampe, au milieu de la cage, qui vient aboutir à un grand palier intermédiaire, qui comprend toute la largeur de la cage; à partir de ce palier s'élèvent deux rampes, une à droite et l'autre à gauche, lesquelles se terminent aux extrémités d'un grand palier d'arrivée à