

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 menera 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

la hauteur du premier étage, où doivent finir les escaliers de ce genre, ainsi que ceux représentés par les figures 419 et 420. Les escaliers de ces deux dernières espèces, comme on le voit, se composent d'une seule rampe de départ, située au milieu de la cage, qui aboutit à un palier carré, duquel partent deux rampes en sens contraire, qui conduisent chacune à un second palier carré. Sur chacun de ces deux nouveaux paliers, s'élève une rampe qui conduit au grand palier d'arrivée dans la figure 419, et à un troisième palier carré dans la figure 420, duquel part une dernière rampe qui aboutit enfin au palier d'arrivée, au premier étage, lequel ne s'étend plus dans toute la largeur de la cage, comme dans la figure 419, mais il se trouve entre les deux dernières rampes, qu'il réunit en terminant l'escalier. Si la disposition de l'édifice le permettait, on pourrait faire arriver, au premier palier, une seconde rampe de départ, en sens contraire de la première, en perçant le mur d'une porte à l'endroit marqué ab, tant pour le cas de la figure 419, que pour celui de la figure 420. On conçoit l'effet que pourraient produire ces dispositions d'escaliers. Le plan de la cage de ceux représentés par les figures 421, 422 est octogone, ainsi qu'on le voit. Dans le cas de la figure 421, les devants des marches sont perpendiculaires aux faces des murs, et l'escalier comprend six paliers irréguliers, intermédiaires, situés aux angles formés par les faces intérieures des murs, et un palier d'arrivée; et dans celui de la figure 422, il n'y a qu'un palier intermédiaire et le palier d'arrivée, et les projections horizontales des devants des marches tendent au centre du plan de la cage. Les escaliers de ces deux espèces peuvent faire plusieurs révolutions. L'exemple que représente la figure 413 (pl. 81), en supprimant le noyau, est du même genre que les deux derniers: il ne diffère de ceux-là que par le nombre des murs de la cage, et par les angles que les faces intérieures de ces derniers font entre elles. L'exemple de la figure 423 est un escalier trop irrégulier, et de trop peu d'importance pour mériter d'être voûté. Quant à celui que représente la figure 424, il se trouve dans un cas mixte dont nous parlerons plus tard.

En général, on ne doit voûter que les grands escaliers, ceux dont les dispositions sont les plus nobles, les plus imposantes. Aussi ne voûte-t-on guère que ceux dont les dispositions sont indiquées par les figures de la planche 82, et par la figure 413 (pl. 81), quand on supprime le noyau. On doit pourtant faire abstraction de l'exemple représenté par la figure 421, parce que la voûte ne serait pas d'une forme agréable, à cause de l'irrégularité des paliers, ainsi que de l'exemple de la figure 423, par la raison que nous avons dite plus haut.

La voûte de l'escalier représenté par la figure 416, se compose ordinairement d'un encorbellement cylindrique, en descente sous la seconde rampe, et de deux autres encorbellemens cylindriques horizontaux, sous les paliers, lesquels se raccordent avec le premier en descente, en forme d'arc de cloître, ou au moyen de trompes coniques situées aux extrémités des paliers. Quant à la première rampe, elle n'est jamais voûtée, étant soutenue par le mur d'échiffre. La voûte de l'escalier de la figure 418 est tout-à-fait la même que la précédente; seulement l'encorbellement en descente se trouve répété ici à droite et à gauche, à cause qu'il y a deux secondes rampes. Dans l'exemple de la figure 417, la voûte commence par un quart de voûte en arc de cloître, ou par une trompe conique, sous le premier palier, avec laquelle vient se raccorder l'encorbellement en descente, qui soutient la seconde rampe, lequel encorbellement est cylindrique, comme ceux des premiers exemples, et se raccorde, en haut, avec la voûte qui soutient le second palier, laquelle est semblable à celle qui soutient le premier. A cette dernière voûte, vient se raccorder un second encorbellement en descente, semblable au premier, qui soutient la troisième rampe, et qui va se raccorder, en haut, avec la voûte qui soutient le troisième palier, et qui est semblable à celles qui soutiennent les premiers, et ainsi de suite, jusqu'au palier d'arrivée, quel que soit le nombre d'étages auxquels monte l'escalier. Pour les escaliers représentés par les figures 419 et 420, la voûte serait entièrement semblable à la précédente, seulement elle serait répétée à droite et à gauche, et elle ne commencerait qu'au-dessous des seconds paliers, la rampe de départ, le premier palier et les deux secondes rampes étant soutenues par le mur d'échiffre. D'après cet examen, on voit qu'il nous suffira d'expliquer l'épure de la voûte de l'exemple d'escalier de la figure 417, pour faire concevoir toutes les autres, et que même, dans cette épure, il nous suffira d'y comprendre un seul encorbellement en descente, et les voûtes des deux paliers adjacens. Quant aux voûtes des escaliers représentés par les figures 413, 421, elles ne sont autres choses que de demi-vis Saint-Gilles, carrées ou octogones, en observant toujours de faire abstraction du noyau dans la figure 413. Comme nous avons déjà expliqué l'épure de la vis Saint-Gilles carrée entière, il est clair qu'il ne nous reste plus qu'à expliquer celle de la demi-vis Saint-Gilles octogone.

On pourrait voûter les escaliers dont nous venons de parler, de plusieurs autres manières, mais nous nous en tiendrons aux précédentes, comme étant les plus convenables.

DES ESCALIERS VOUTÉS EN ENCORBÈLLEMENS CYLINDRIQUES, EN DESCENTE  
SOUS LES RAMPES, ET EN ARC DE CLOITRE SOUS LES PALIERS.

487. PREMIER EXEMPLE. Supposons (fig. 425) que la figure ABCDEFGH soit le plan d'une partie de la cage d'un escalier de l'espèce dont la figure 417 en présente un exemple; que le rectangle HRKI soit la projection horizontale de la partie supérieure de la rampe de départ de l'escalier; que le carré RKSG soit celle du premier palier; que le rectangle KLTS soit celle de la seconde rampe toute entière; que le carré LUFT soit celle du second palier; que le rectangle LUEM soit celle de la partie inférieure de la troisième rampe, et que la figure IKLMNOPQ soit celle du limon de l'escalier.

Cela posé, on mènera la droite *ae* (fig. 426) parallèle à la droite *BC* de la figure 425, et à une distance arbitraire; on mènera la droite *hg* (fig. 426), parallèle à la droite *ae*, et à une distance, de cette dernière, égale à la hauteur à laquelle doit monter la seconde rampe de l'escalier: la droite *ae* sera la projection verticale du dessus du premier palier, et la droite *hg* celle du dessus du second. On prolongera les droites *AB*, *HG*, *QP*, *IS*, *MT*, *NO*, *EF* et *DC* (fig. 425), au-delà de la droite *BC*, pour avoir les projections verticales indéfinies des deux murs perpendiculaires à la droite *BC*, et celles des faces des limons parallèles aux mêmes murs. Par le point *d* (fig. 426), où la projection verticale de la face extérieure du limon à gauche rencontre celle *ae* du dessus du premier palier, et par le point *h*, où la projection verticale de la face extérieure du limon à droite rencontre celle du dessus du second palier, on mènera la droite *dh* qui devra passer par les arrêtes supérieures de toutes les marches. On mènera la droite *cn* parallèle à *dh*, et à une distance, de cette dernière, d'environ 5 à 8 centimètres (2 à 3 pouces), qui sera la projection verticale du dessus du limon de la seconde rampe de l'escalier. Parallèlement encore à la droite *dh*, on mènera la droite *po*, à une distance telle, par rapport à la droite *dh*, que l'épaisseur *er*, du derrière des marches, soit d'environ 5 centimètres (2 pouces): cette droite *po* sera la projection verticale de l'extrados de l'encorbellement en descente. On mènera, ensuite, la droite *KE* parallèle aux précédentes, et à une distance *rt* du point *r*, égale à l'épaisseur qu'on voudra donner à la dernière assise de la voûte, et cette droite *KE* sera la projection verticale de l'arrête supérieure de l'encorbellement, qui est en même temps l'arrête inférieure de la face extérieure du limon.

Cela fait, on portera de *K* en *B* et de *E* en *D* la hauteur qu'on jugera convenable, et par les points *B* et *D* on mènera les horizontales *BA*, *DC*,

qui seront les projections verticales des naissances des voûtes en arc de cloître qui soutiennent les paliers, et on joindra les points B et D par la droite BD, qui sera la projection verticale de la naissance de l'encorbellement qui soutient la rampe qui nous occupe. On décrira les deux courbes GIK, FNE égales entre elles, et on leur donnera la forme qu'on croira la plus convenable, en observant que ces courbes soient tangentes, aux points de naissance, aux projections verticales des faces intérieures des murs. Ces courbes seront les ceintres principaux des parties en arc de cloître, et en même temps les courbures des intersections des intrados de ces dernières voûtes, et de celle en encorbellement. Ces intersections doivent nécessairement avoir lieu dans les plans verticaux, qui sont les prolongemens des faces extérieures des limons. On divisera chacune de ces courbes en autant de parties égales qu'on voudra avoir d'assises de voussoirs; par les points de division H, I, L, et M, N, O, on mena les horizontales HH', II', LL', et MM', NN', OO' qui seront les projections verticales des arrêtes des douëlles des voûtes en arc de cloître, et par les points H' et M', I' et N', L' et O', on mena les droites H'M', I'N', L'O' qui seront celles des arrêtes des douëlles de l'encorbellement. Par les mêmes points de division, on mena les coupes; on mena les horizontales qp, ol, en contre bas des projections verticales ad, hg des dessus des paliers, d'une quantité égale à l'épaisseur des dalles de ces paliers, et ces horizontales qp, ol seront les projections verticales des extrados des voûtes sous les paliers. Enfin on déterminera les états de charge, et les projections verticales des extrémités des coupes, comme on le voit dans l'épure. Ensuite, on copiera (fig. 427), la partie supérieure de la figure 426; on déterminera la section droite TVX YZZ'T' (fig. 425) de l'encorbellement en descente, comme s'il s'agissait d'une descente ordinaire, et l'épure sera terminée.

Pour tracer les voussoirs, supposons qu'il s'agisse de celui dont la projection verticale est la figure z'Bxy'z (fig. 426), on fera un panneau qui ait la forme de cette projection verticale; on choisira une pierre dont le parement puisse contenir ce panneau; on fera ce parement, et on tracera, dessus, la forme de ce même panneau. D'équerre à ce parement, on fera toutes les faces que ce panneau indiquera, et la pierre prendra la forme abcdefghiklm (fig. 428.) Au moyen du panneau de tête AGHu (fig. 426), on tracera la forme hnopg (fig. 428), sur le joint ahgf, et au moyen du panneau de tête TabcT' (fig. 425), on tracera la forme kqrsl (fig. 428), sur le joint ckld. Quant au reste, on le conçoit sans peine.

S'il s'agit du morceau dont la projection horizontale est la figure dKh

gfe (fig. 425), on portera la hauteur de de la figure 427, de B en a' (fig. 426); par les points a', e', on menera les horizontales b'c', f'd'; on choisira une pierre qui ait la hauteur c'd', et qui puisse contenir sur son lit, le panneau de projection horizontale dKbgfe (fig. 425); on fera un lit à cette pierre, sur lequel on tracera la forme de ce panneau; d'équerre à ce lit, on fera toutes les faces qu'indique ce même panneau, et la pierre aura la forme abcdefghiklm (fig. 429), le lit ghiklm étant celui de dessus. Cela posé, on fera les hauteurs hr, is (fig. 429) chacune égale à la hauteur c'g' (fig. 426); les distances ua, bt (fig. 429) chacune égale à la distance d'e' (fig. 426); on joindra les points r et s, s et t, t et u, u et r (fig. 429), par les droites rs, st, tu et ur, et par ces droites on fera passer un plan qui sera le joint dont la projection verticale est la droite g'e' (fig. 426.) On fera les hauteurs lp, mq (fig. 429) chacune égale à la hauteur ae (fig. 427); les distances lo, mn (fig. 429) chacune égale à la distance eb (fig. 427); on joindra les points n et o, o et p, p et q, q et n (fig. 429) par les droites no, op, pq, qn, par lesquelles on fera passer un plan qui sera le joint dont la projection verticale est la droite ab (fig. 427.) Ensuite, on fera les hauteurs ko', gg' (fig. 429) chacun égale à la hauteur cf (fig. 427); par les points o, o' (fig. 429) on menera la droite oo'; par les points o', s, on menera la droite so'; par le point g' on menera les droites gh', g'n' respectivement parallèles aux arrêtes gh, gm. On fera les distances g'h', g'n', chacune égale à lm; par les points h', r, on menera la droite rh', et par les points n', n, la droite nn'. Puis, on fera les deux plans nn'o'o, n'g'h'o' qui se rencontreront suivant la droite n'o', et ensuite le plan rh'o's, qui rencontrera le précédent n'g'h'o' suivant la droite o'h'. Cela fait, avec le panneau de tête VkiZYX (fig. 425), on tracera, sur les joints rstu, nopq (fig. 429), les figures  $v^3$   $v^2v^4t$ ,  $p^5p^4p^3p^2p^1p$ ; par le point  $v^2$  on menera la droite  $v^2x^4$ , sur le parement rso'h', parallèle à l'arrête so'; par le point  $x^4$  on menera la droite  $x^4x^3$ , sur le plan h'o'n'g', parallèle à l'arrête h'g'; par le point  $p^4$  on menera la droite  $p^4x^2$ , sur le plan noo'n', parallèle à l'arrête oo'; par le point  $x^2$ , on menera la droite  $x^2x^3$ , sur le plan n'g'h'o', parallèle à l'arrête n'g', et par les points  $v^3$ ,  $p^5$ , on menera les droites  $v^3x$ ,  $p^5x$ , sur les faces du limon, respectivement parallèles aux droites so', oo'. Ensuite, on fera le petit bout de douëlle  $p^4p^5xx^2$ , que l'on arrêtera au plan mené par les trois points  $x'$ ,  $x$ ,  $x^2$ ; on fera la douëlle  $v^2v^3xx^4$ , que l'on terminera au plan qui passe par les trois points  $x'$ ,  $x$ ,  $x^4$ ; on fera la douëlle triangulaire  $xx^3x^4$ , suivant la courbe  $xx^4$  et la droite  $x^4x^3$ , que l'on arrêtera au plan mené par les trois points  $x^3$ ,  $o'$ ,  $x$ ; et enfin on fera la douëlle triangulaire  $x^3xx^2$  suivant les

courbes  $xx^3$ ,  $xx^2$  et la droite  $x^2x^3$ , et toutes les parties qui composent la douëlle du voussoir en question, seront terminées. Quant aux coupes, et à l'évidement du limon et de l'extrados, on conçoit, d'après le panneau de tête, comment on doit les faire.

## OBSERVATION SUR LA DISPOSITION DE CE GENRE D'ESCALIERS.

488. Si le devant de la marche palière est sur le prolongement de la face extérieure du limon, dont la droite En est la projection verticale, la projection verticale ef (fig. 426) du devant de la première marche du bas, doit s'avancer, par rapport à celle Kc de la face extérieure du limon, d'une quantité ed égale à un giron de marche. En effet, si l'on faisait venir le devant de la première marche, jusqu'à l'alignement de la face extérieure du limon, dont la droite Kc est la projection verticale, ou il ne serait plus possible de faire les arrêtes cn, KE parallèles à la droite qui passe par les arrêtes supérieures des devants des marches, ou l'épaisseur rt varierait d'une rampe à l'autre, ainsi que la distance dc, qui augmenterait à mesure que l'épaisseur rt diminuerait. La diminution de l'épaisseur rt, et par conséquent l'augmentation de la distance dc (qui serait d'une hauteur de marche), aurait lieu en descendant d'une rampe à l'autre; de sorte que, si l'escalier avait un grand nombre de rampes, dans le cas même où l'épaisseur de la voûte de la rampe du haut serait très-considérable, avant d'arriver au bas de l'escalier, on rencontrerait des rampes pour lesquelles cette épaisseur serait nulle, ce dont on peut s'assurer par une épure. Il faudrait donc prendre le parti de renoncer à faire le dessus du limon parallèle au plan mené par les arrêtes supérieures des marches et peut-être même renoncer aussi au parallélisme des arrêtes dont les projections verticales sont les droites cn, KE; ce qui ne serait nullement convenable. Si l'on voulait avancer le devant de la marche palière en dehors de la face extérieure du limon dont la droite nE est la projection verticale, il faudrait reculer, de la même quantité, le devant de la première marche du bas, vers la face extérieure du limon opposé au premier; de sorte qu'on pourrait faire l'inverse de ce qui a lieu dans notre épure; mais cela ne paraît pas aussi convenable que le parti que j'ai pris.

Quel que soit le parti qu'on préfère, il faudra toujours que la distance KL (fig. 425) comprise entre les faces extérieures des limons opposés, renferme autant de girones que la rampe en question devra avoir de marches en hauteur. C'est lorsqu'on veut gagner un giron, dans la largeur du palier, que l'on tombe dans les inconvéniens dont nous venons de parler.

489. **SECOND EXEMPLE.** Etant supposées les mêmes choses que dans l'exemple précédent, au lieu d'appareiller l'encorbellement, par assises parallèles à la rampe, comme nous l'avons fait dans la figure 426, on pourrait l'appareiller, comme nous l'avons expliqué au chapitre XXIV, n°. 444, ainsi qu'on le voit dans la figure 430. Je ne crois pas avoir besoin d'expliquer cet exemple, puisqu'il ne diffère du précédent que dans la disposition d'appareil, que nous avons détaillée au n°. 444, qui vient d'être cité. On conçoit que les voussoirs se traceront facilement aux moyens des panneaux de tête et des panneaux de joints. Ces derniers panneaux sont décrits dans la figure 431 : le premier abcde est celui du joint ab (fig. 430) ; le second afgh (fig. 431) est celui du joint cd (fig. 430) ; le troisième afkl (fig. 431) est celui du joint ef (fig. 430), et le quatrième amnopqr (fig. 431) est celui du joint gh. Comme cette disposition d'appareil est symétrique, ces quatre panneaux sont suffisans. Je crois inutile d'expliquer la manière de les obtenir.

DES ESCALIERS VOUTÉS EN ENCORBELLEMENS, CYLINDRIQUES EN DESCENTE ;  
SOUS LES RAMPES, ET EN TROMPES CONIQUES SOUS LES PALIERS.

490. D'après ce que nous venons de dire sur ce genre d'escalier, et ce que nous avons dit, en son lieu, sur les trompes coniques, je crois que l'inspection seule des figures 432, 433, 434 et 435 suffira au lecteur, pour entendre l'épure de cette manière de voûter les escaliers ; seulement je lui ferai observer que s'il veut (ce qui est convenable) que l'intersection, avec l'intrados des trompes, d'un plan perpendiculaire à l'axe de cet intrados, soit une demi-circonférence de cercle ou une demi-ellipse, il faudra que les courbes telles que AC (fig. 433) soient des branches de parabole, dont les droites comme AB seront les axes. Mais cela suppose que les projections horizontales AB, BC (fig. 432) des raccordemens des trompes et des encorbellemens sont respectivement parallèles aux traces horizontales DC, AD, des faces intérieures des murs qui forment l'encoignure dans laquelle la trompe est pratiquée, ce qui a généralement lieu. Si l'angle ADC (fig. 432) est droit, pour que l'intersection du plan dont nous venons de parler, avec l'intrados de chaque trompe, soit une demi-circonférence de cercle, il faudra que les hauteurs telles que BC (fig. 433) soient égales à la diagonale DB (fig. 432.)

Pour tracer les voussoirs des trompes, on s'y prendra de la manière suivante :

Supposons qu'il s'agisse de celui dont le panneau de projection horizon-



tale est la figure  $abcdg$  (fig. 432), on cherchera une pierre dont le lit puisse contenir ce panneau, et dont le parement puisse contenir le panneau  $sBopqr$  (fig. 433) de projection verticale. On fera le lit de pose de cette pierre et le parement qui doit se trouver sur la face extérieure du mur. Sur le lit (fig. 436) on tracera la forme  $abcdg$ , au moyen du panneau de projection horizontale  $abcdg$  (fig. 432), et sur le parement (fig. 436) on tracera la forme  $feckih$ , au moyen du panneau de projection verticale  $oBsrqp$  (fig. 433); d'équerre au lit (fig. 436) on fera les faces  $cvsd$ ,  $dgml$ ,  $gaonm$ ; et d'équerre au parement on fera les faces  $klmi$ ,  $mihn$ ,  $nhfo$  et  $efog$ . Cela fait, sur le joint  $ofhn$ , on tracera la forme  $fpqzh$ , au moyen du panneau de tête  $lnopq$  (fig. 432), pris dans la section droite d'un encorbellement; par les points  $q$  et  $p$  (fig. 436) on menera les droites  $qr$ ,  $pt'$  parallèles à l'arrête  $og$ , que l'on terminera respectivement aux droites  $gr$ ,  $ge$ ; par le point  $z$  on menera la droite  $zy$  parallèle à  $hi$ ; par le point  $y$ , où la droite  $zy$  rencontre la droite  $mi$ , on menera la droite  $yx$  parallèle à l'arrête  $lk$ . Puis, on menera la droite  $dt$  d'équerre à l'arrête  $cd$ ; on fera la distance  $dt$  égale à la distance  $dg'$  (fig. 432); par le point  $t$  (fig. 436), on menera la droite  $tu$  parallèle à  $dc$ ; on fera les hauteurs  $cy$ ,  $ds$ , chacune égale à la hauteur  $gh$  (fig. 433); on joindra les points  $v$  et  $s$ ,  $s$  et  $r$ ,  $t$  et  $t'$ ,  $v$  et  $x$  par des droites, et la pierre sera tracée. On conçoit comment il faudrait la terminer. On tracerait les autres voussoirs de la même manière. Quant à la clef, on la tracera et on la taillera de la manière suivante :

Par les points  $H$ ,  $h$  (fig. 432) qui sont les points où les projections horizontales des extrémités de la dernière coupe, vont rencontrer les droites  $AB$ ,  $BC$ , on menera les droites  $Hf$ ,  $he$ , parallèles à la projection horizontale  $BD$  de l'axe de l'intrados de la trompe; par le point  $t$  (fig. 433), on abaissera, à la ligne de terre, la perpendiculaire  $tt'$ , la droite  $tv$  étant la projection verticale du joint de la clef qui se trouve dans l'encorbellement, dont la droite  $BD$  est la projection verticale de la naissance; par le point  $a$  (fig. 434), on abaissera, à la droite  $DA$ , la perpendiculaire  $ak$ , la droite  $ad$  étant la projection verticale du joint de la même clef qui se trouve dans l'encorbellement dont la figure 434 est la projection verticale: la figure  $kBt'theH'fHm$  (fig. 432) sera le panneau de projection horizontale de la clef qu'on veut tracer. Par le point  $d$  (fig. 433), le plus inférieur de la projection verticale de cette clef, on menera l'horizontale  $fa$ , et par le point  $v$  la verticale  $vb$ ; par le point  $e$  (fig. 434), le plus inférieur de la seconde projection verticale de cette même clef, on menera l'horizontale  $eb$ , et par le point  $d$  on abaissera la verticale  $dc$ . Cela fait, on cherchera une pierre qui

ait la hauteur  $bv$  (fig. 433), et dont le lit puisse contenir le panneau de projection horizontale  $kBt'heH'fHm$  (fig. 432); on équarrira cette pierre à ce panneau et à la hauteur indiquée, laquelle aura la forme  $abcd\text{efghikk'a'b'c'd'e'f'g'h'i'}$  (fig. 437). La pierre étant ainsi équarrie, supposons que le lit de dessous soit la face  $abcd\text{efghik}$ ; cela posé, on fera les hauteurs  $dn$ ,  $co$  chacune égale à la hauteur  $dc$  (fig. 434); par les points  $n$  et  $o$  (fig. 437), on mènera les droites  $nn'$ ,  $oo'$  respectivement parallèles aux arrêtes  $de$ ,  $cb$ ; on fera les distances  $nn'$ ,  $oo'$  chacune égale à la distance  $cb$  (fig. 434), ce qui donnera les points  $n'$ ,  $o'$  (fig. 437); on fera les hauteurs  $dt$ ,  $cr^6$ , chacune égale à  $ba$  (fig. 434), on joindra (fig. 437) les points  $n'$  et  $t$ ,  $t$  et  $r^6$ ,  $r^6$  et  $o'$ , par les droites  $n't$ ,  $tr^6$ ,  $r^6o'$ , par lesquelles on fera passer un plan qui sera le joint dont la droite  $ad$  (fig. 434) est la projection verticale. On prolongera ce joint un peu au-delà des points  $n'$ ,  $o'$ . Avec le panneau de tête  $t^2uvxyz$  (fig. 432), pris dans la section droite d'un encorbellement, on tracera, sur ce joint (fig. 437), la forme  $r^6r^5r^4r^3r^2$ . On fera les hauteurs  $km$ ,  $al$ , chacune égale à la hauteur  $at$  (fig. 433); les distances  $k'm'$ ,  $a'l'$  (fig. 437), chacune égale à la distance  $ab$  (fig. 433), et on joindra (fig. 437) les points  $m$  et  $l$ ,  $l$  et  $l'$ ,  $l'$  et  $m'$ ,  $m'$  et  $m$  par les droites  $ml$ ,  $ll'$ ,  $l'm'$ ,  $m'm$ , par lesquelles on fera passer un plan qui sera le joint dont la projection verticale est la droite  $tv$  (fig. 433). Avec le panneau de tête  $t^2uvxyz$  (fig. 432), et sur ce joint (fig. 437), on tracera la forme  $s^3s's^2l's^5s^4$ . Ensuite, on fera les hauteurs  $bp^2$ ,  $ep^4$ ,  $ip^3$ , chacune égale à la hauteur  $ci$  (fig. 433); on joindra les points  $l$  et  $p^2$ ,  $p^2$  et  $o'$ ,  $n'$  et  $p^4$ ,  $m$  et  $p^3$  (fig. 437) par les droites  $lp^2$ ,  $p^2o'$ ,  $n'p^4$ ,  $mp^3$ , par lesquelles on fera passer les plans  $mlp^2p^3$ ,  $o'p^2p^4n'$ , que l'on arrêtera respectivement aux droites  $p^3p^2$ ,  $p^2p^4$ . Cela fait, parallèlement à la diagonale  $gb$ , et à des distances chacune égale à  $rs$  (fig. 432), on mènera (fig. 437) les droites  $q'q^5$ ,  $q^2q^4$ ; on fera les distances  $q^5q'$ ,  $q^4q^2$  chacune égale à  $ss'$  (fig. 432); par le point  $q'$  (fig. 437), on mènera la droite  $q'q$  parallèle à l'arrête  $gf$ ; par le point  $q^2$ , on mènera la droite  $q^2q^3$  parallèle à l'arrête  $gh$ , et par les droites  $p^3p^2$  et  $qq'$ ,  $p^2p^4$  et  $q^2q^3$ , on fera respectivement passer les plans  $qr^2p^2p^3$ ,  $q^3r^2p^2p^4$ , qui se rencontreront suivant la droite  $r^7p^2$ . Ensuite, sur le plan  $mlp^2p^3$ , on mènera, par le point  $s'$ , la droite  $s's$  parallèle à l'arrête  $lp^2$ ; par le point  $s$  où cette droite rencontre la droite  $p^3p^2$ , et le point  $q'$ , on mènera, sur le plan  $qr^7p^2p^3$ , la droite  $q's$ , qui sera l'une des arrêtes de la douëlle conique. Par le point  $r'$ , et dans le plan  $p^2o'n'p^4$ , on mènera la droite  $r'r$  parallèle à l'arrête  $o'p^2$ ; par le point  $r$ , où cette droite rencontrera la droite  $p^2p^4$ , et par le point  $q^2$ , on mènera, dans le plan  $q^3r^7p^2p^4$ , la droite  $q^2r$ , qui sera la seconde arrête de la douëlle conique.

### 370 DES ESCALIERS VOUTÉS EN ENCORBELLEMENT.

Puis, par le point  $s^2$ , on mènera la droite  $s^2p$  parallèle à l'arrête  $lp^2$ , et on fera le bout de douëlle cylindrique  $s's^2ps$ , que l'on terminera contre un plan mené par les droites  $sp^2$ ,  $p^2p$ . Par le point  $r^2$ , on mènera la droite  $r^2p$  parallèle à l'arrête  $p^2o'$ , et on fera le petit bout de douëlle cylindrique  $r^2pr'$ , que l'on terminera à un plan mené par les droites  $p^2r$ ,  $p^2p$ . Enfin, par les courbes  $sp$ ,  $pr$ , et les droites  $sq'$ ,  $rq^2$ , on fera la douëlle conique. Pour les coupes, on fera la hauteur  $gu$  égale à la hauteur  $cm$  (fig. 433); par le point  $u$  (fig. 437), on mènera les droites  $uk$ ,  $uv$ , d'équerre à l'arrête  $gu$ , lesquelles rencontreront respectivement les droites  $hh'$ ,  $ff'$  aux points  $k$ ,  $v$ . Par les points  $k$  et  $q^5$ ,  $v$  et  $q^4$ , on mènera les droites  $kq^5$ ,  $q^4v$ . Par les droites  $q^5k$ ,  $q^5q'$ ,  $q's$ , on fera passer un plan qui rencontrera celui mené par les droites  $ss'$ ,  $s's^3$ , suivant la droite  $sx$ , et la première coupe sera faite; par les droites  $vq^4$ ,  $q^4q^2$ ,  $q^2r$ , on fera passer un plan qui rencontrera celui mené par les droites  $rr'$ ,  $r'r^3$ , et la seconde coupe sera terminée. Il ne restera donc plus à faire que ce qui est relatif au limon et à l'extrados, pour avoir achevé la clef en question, ce qu'on fera sans peine, étant indiqué par les panneaux de tête.

#### DES ESCALIERS VOUTÉS EN DEMI-VIS SAINT-GILLES POLYGONALES.

491. Supposons que la figure  $ABCDEFGHIKLM$  (fig. 438), soit la moitié du plan de la cage de l'escalier; que la figure  $NOPQRS$  soit la moitié de la projection horizontale des faces extérieures du limon; que la figure  $TUVXYZ$ , soit celle des faces intérieures de ce limon, et que les diagonales  $OB$ ,  $PC$ ,  $QD$ ,  $RE$ , soient les projections horizontales des intersections successives des demi-berceaux droits qui soutiennent les paliers, et des demi-berceaux gauches qui composent la voûte de l'escalier. Supposons que la figure  $ABON$  soit la projection horizontale d'une partie d'un palier, que les figures  $BOPC$ ,  $CPQD$ , soient celles de deux rampes successives, que la figure  $QDER$  soit celle d'un autre palier, et que la figure  $REFS$  soit celle de la partie inférieure d'une rampe, etc. Entre les deux paliers on pourrait supposer un plus grand nombre de rampes, ou n'en supposer qu'une. Cela posé, on dessinera l'épure de la manière suivante :

Sur la droite  $AN$  (qui est perpendiculaire à la droite  $AB$ ) comme demi-diamètre, on décrira la courbe  $Aabc$  qu'on jugera convenable; on divisera cette courbe en autant de parties égales qu'on voudra avoir d'assises de voussoirs dans la voûte; par les points de division  $a$ ,  $b$  on abaissera sur la droite  $AN$ , les perpendiculaires  $aa'$ ,  $bb'$ , et ces perpendiculaires, prolongées jusqu'à la diagonale  $BO$ , seront les projections horizontales des arrêtes des douëlles d'une partie du demi-berceau horizontal qui soutient le premier

palier. Par les points  $a^2, b^2$ , où les droites  $a'a^2, b'b^2$  rencontrent la diagonale  $BO$ , on mènera, parallèlement à la droite  $BC$ , les droites  $a^2a^3, b^2b^3$  qui seront les projections horizontales des arrêtes des douëlles du premier berceau gauche en descente, et on continuera de décrire les projections horizontales  $a^3a^4$  et  $b^3b^4$ ,  $a^4a^5$  et  $b^4b^5$ ,  $a^5a^6$  et  $b^5b^6$ , des arrêtes des douëlles des autres berceaux. On mènera les coupes  $ak, bg$ ; on fixera l'épaisseur qu'on voudra donner aux demi-berceaux sous les paliers; on mènera, d'après cette épaisseur, la droite  $L'L^2$  parallèle à  $MN$ , et à la distance  $MM^3$ , qu'on jugera convenable, on mènera la droite  $M^3k$ ; enfin, on déterminera les projections horizontales des extrémités des coupes, de la même manière qu'on a obtenu celles des arrêtes des douëlles, et la projection horizontale de la voûte sera terminée.

Pour avoir les projections verticales qui sont nécessaires, on prendra une ligne de terre  $M'K'$  parallèle à la droite  $LK$ ; par les points  $M, A, a', b', Z, N$  et les points  $B, a^2, b^2, Y, O$ , on élèvera à cette ligne de terre  $M'K'$ , les perpendiculaires  $MM^2, AA^3, a'a^7, b'b^7, ZZ^2, NN^2$ , et  $BB^2, a^2a^8, b^2b^8, YY^2, OO^2$ ; on mènera les droites  $a^7a^8, b^7b^8, N'O'$  parallèles à la ligne de terre  $M'K'$ , et à des distances respectivement égales aux ordonnées  $a/a, b/b, Nc$ , et par les points  $A', a^7, b^7, N'$ , et  $B', a^8, b^8, O'$ , on fera passer les courbes  $A'a^7b^7N', B'a^8b^8O'$ , qui seront les projections verticales, la première, de l'intersecion d'un plan vertical élevé sur la droite  $AN$ , avec l'intrados du demi-berceau qui soutient le premier palier, et la seconde, de la rencontre de ce dernier demi-berceau avec le demi-berceau gauche en descente, qui soutient la première rampe. Cela fait, on mènera la droite  $A^2Z'$  parallèle à la ligne de terre et à la hauteur  $ZL^2$ ; parallèlement à cette droite  $A^2Z'$ , et à une hauteur d'environ 8 centimètres (3 pouces) (pour l'épaisseur du dallage du palier), on mènera la droite  $nl$ , qui sera la projection verticale du dessus du palier. Parallèlement à cette dernière droite  $nl$ , et à une hauteur égale à la somme des hauteurs des marches comprises dans la première rampe, on mènera la droite  $mo$ , qui sera la projection verticale du dessus de la dernière marche de cette rampe, de la marche dont la projection horizontale du devant est la diagonale  $CP$ . Par les points  $l$  et  $m$ , où les droites  $nl, mo$  rencontrent les projections verticales  $O'O^2, P'P^2$  des intersections des faces extérieures du limon (dont les projections horizontales sont les points  $O, P$ ) on mènera la droite  $lm$ , qui sera la projection verticale de la droite qui passerait par les arrêtes supérieures des marches, prolongées jusqu'à la face extérieure du limon dont la projection horizontale est la droite  $OP$ . Parallèlement à cette droite  $lm$ , on mènera la droite  $O^2$

$P^2$ , à une hauteur égale à environ 8 centimètres (3 pouces), et cette droite sera la projection verticale de l'arrête supérieure et extérieure du limon. Pour avoir la projection verticale  $Y^2X^2$  de l'autre arrête supérieure du limon, par les points  $O^2, P^2$ , on mènera les horizontales  $O^2Z^2, P^2X^2$ , qui rencontreront les droites  $YY^2, XX^2$  aux points  $Y^2, X^2$ , par lesquels on mènera la projection demandée  $Y^2X^2$ . La droite  $O^2Z^2$  sera la projection verticale du dessus horizontal du limon du palier. On procédera ensuite à la projection verticale des arrêtes des douëlles et des extrémités des coupes du demi-berceau gauche en question, et pour cela, par le point  $O'$  et parallèlement à la droite  $lm$ , on mènera la droite  $O'P'$ , qui sera la projection verticale de l'arrête inférieure de la face extérieure du limon, qui est en même temps l'arrête supérieure du demi-berceau gauche dont il s'agit. Cela fait, on mènera l'horizontale  $P^4x$ , en contre-bas du point  $P'$ , d'une quantité  $P'P^4$  égale à  $Nc$ ; par les points  $C, a^3, b^3$ , on élèvera, à la ligne de terre  $M'K'$ , les perpendiculaires  $CC', a^3a^9, b^3b^9$ , sur les deux dernières, et à partir de la droite  $P^4x$ , on portera les ordonnées  $a'a, b'b$ , et par les points  $C', a^9, b^9, P'$ , on décrira la courbe  $C'a^9b^9P'$  qui sera la projection verticale de la rencontre des deux demi-berceaux gauches des deux rampes successives, rencontre dont la projection horizontale est la droite  $CP$ . On joindra les points  $B'$  et  $C', a^8$  et  $a^9, b^8$  et  $b^9$  par les droites  $B'C', a^8a^9, b^8b^9$ , qui seront les projections verticales des arrêtes des douëlles du premier demi-berceau gauche en descente. Enfin, on voit assez, par les lignes de construction, comment on doit opérer pour avoir les projections verticales des extrémités des coupes, et des extrémités des surfaces d'état de charge, et quand on les aura obtenues, cette première projection verticale sera terminée.

On déterminera, de la même manière, la projection verticale du demi-berceau gauche en descente de la seconde rampe, et celle du demi-berceau du second palier, dont la projection horizontale est la figure  $DQRE$ , en prenant une ligne de terre  $K^3H'$  parallèle à la droite  $KI$ , et l'épure sera terminée.

Pour tracer les voussoirs, on commencera par déterminer les projections verticales et les projections horizontales des joints par tête, comme on le voit dans l'épure, pour la première assise, tant des voûtes des paliers que de celles des rampes. On obtiendra ces projections par le procédé que nous avons expliqué au n°. 485, pour la vis Saint-Gilles carrée; on aura par là les panneaux de projection horizontale  $d^6d^7a^2e^6e^7L, za^3y^4y^5Kz', f^4a^4d^4d^3If^3$ , pour les voussoirs d'angle, au moyen desquels on équarrira des pierres à leurs plus grandes hauteurs respectives. La plus grande hauteur du morceau, dont le panneau de projection horizontale est la figure  $d^6d^7a^2e^6$

e<sup>7</sup>L, et qui fait partie du demi-berceau du premier palier, et du demi-berceau gauche de la première rampe, est la hauteur e<sup>10</sup>e<sup>5</sup>. Pour avoir celle du morceau dont le panneau de projection horizontale est la figure za<sup>3</sup>y<sup>4</sup>y<sup>5</sup>Kz', et qui fait partie, à la fois, des deux demi-berceaux gauches des deux premières rampes, on portera la hauteur fz<sup>3</sup> de x en d, et la hauteur demandée sera ed. Enfin, la hauteur du morceau, dont le panneau de projection horizontale est la figure f<sup>4</sup>a<sup>4</sup>d<sup>4</sup>d<sup>3</sup>If<sup>3</sup>, et qui fait partie et du second demi-berceau gauche, et du demi-berceau ordinaire qui soutient le second palier, sera la hauteur d<sup>2</sup>d'. On conçoit comment on aurait les panneaux de projection horizontale et les plus grandes hauteurs des voussoirs des autres assises. Cela fait, on déterminera le panneau de tête qui répond à chaque joint par tête, en opérant comme il a été expliqué au n°. 485, et on aura tout ce qu'il faut pour tracer et tailler les voussoirs, par la méthode expliquée au n°. 486, en ayant égard à ce qui a été dit au n°. 485.

Relativement à la disposition des marches, on observera les mêmes choses que nous avons expliquées au n°. 488. On voit, dans la présente épure, que nous avons poussé le devant de la première marche de la première rampe de toute la largeur d'un giron, par rapport à la projection verticale O'O<sup>2</sup> de l'intersection des faces extérieures des limons, pour que la projection horizontale du devant de la dernière de la même rampe se trouvât être la diagonale PC, et qu'il en fût de même pour les rampes suivantes. Il résulte de cette disposition, que l'épaisseur des demi-berceaux gauches en descente, près du limon, est moindre qu'elle le serait, si nous n'avions reculé la première marche que d'un demi-giron; mais le devant de la dernière n'aurait plus eu la droite PC pour projection horizontale, puisqu'il aurait fallu avancer cette marche d'un demi-giron.

## CHAPITRE XXXI.

### *Des Escaliers à repos entre deux murs cylindriques droits.*

492. Les dispositions des escaliers de ce genre ne sont pas aussi variées que celles des escaliers à rampes droites. Les principales, les plus usitées, sont celles représentées en plan et en élévation dans la planche 86. Dans cette planche, la figure 439 est l'élévation et la figure 440 le plan d'un escalier à