



Concevez, puis construisez

vos rampes hélicoïdales

Sur son grand réseau en construction, Philippe Duhamel a installé une rampe hélicoïdale et nous fait bénéficier de cette expérience. Après nous avoir donné quelques éléments théoriques, il nous explique comment construire.

1 - Sur le réseau en construction de Philippe Duhamel, vue générale de la boucle ovale, en cours de montage. Elle comportera quatre tours pour la voie intérieure, et 2, 5 tours pour la voie extérieure. La boucle développe 8,2 m sur la voie intérieure.

Texte & photos : PHILIPPE DUHAMEL - Dessins : YANN BAUDE

Lors de la conception de notre réseau, il peut être intéressant de prévoir différents niveaux. Ils servent soit pour un effet de scène (ils sont alors visibles), soit pour cacher des voies sous un décor. Les niveaux se connectent généralement par des rampes (qui montent) et des pentes (qui descendent). Et nous cherchons logiquement à minimiser l'espace utilisé par celles-ci. La rampe hélicoïdale est une solution qui pré-

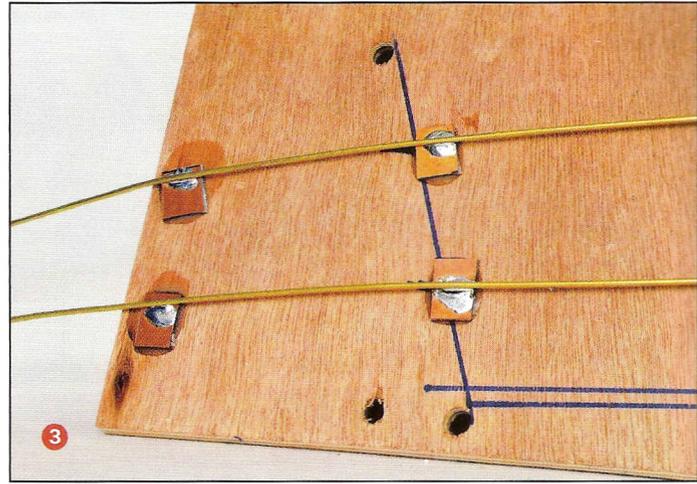
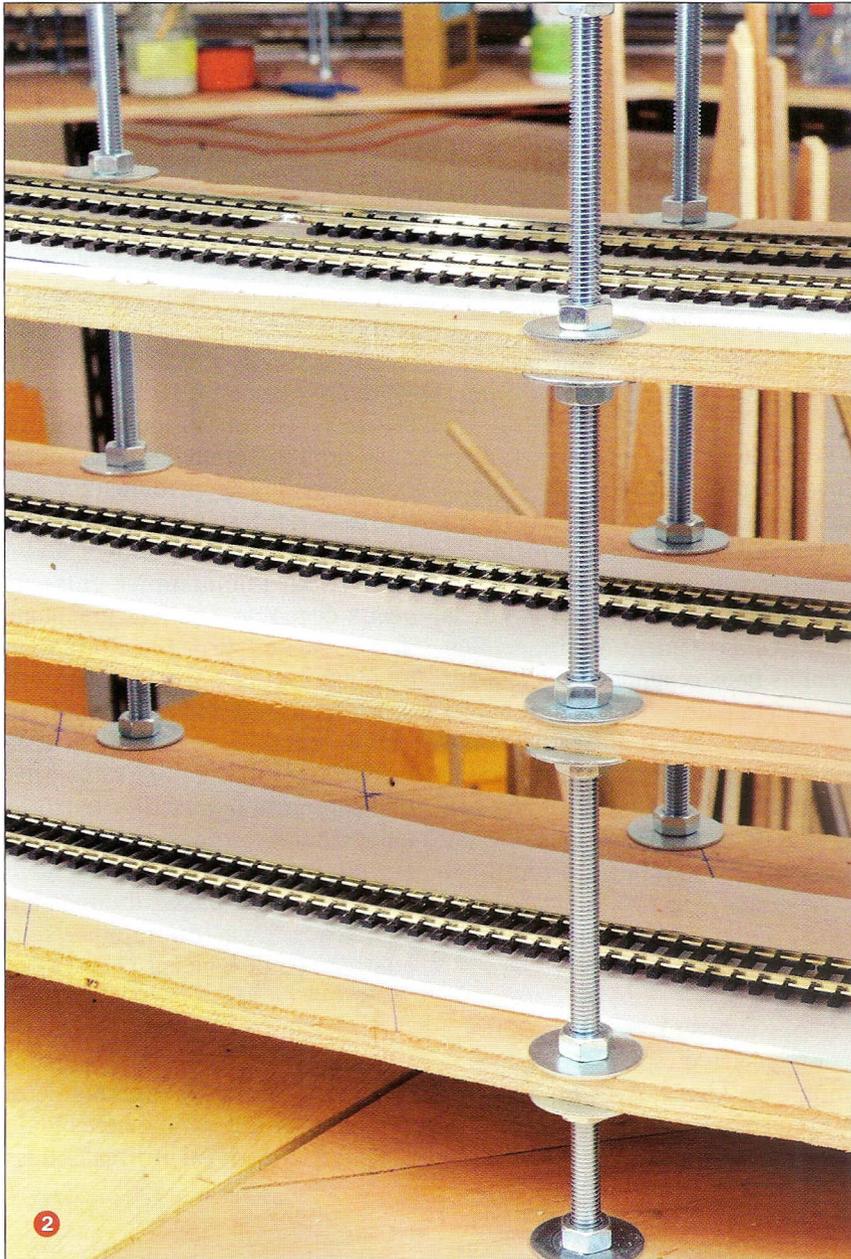
sente l'avantage de la compacité. Se présentant sous la forme d'un colimaçon, elle peut avoir un nombre illimité de spires et permet de franchir de grandes hauteurs. Notons qu'il est aussi possible de concevoir des boucles à l'extérieur du réseau dans le cas d'un tour de pièce. La conception d'une rampe hélicoïdale est toujours le résultat d'un compromis entre plusieurs contraintes :

- La surface utilisée (souvent limitée)

- Le rayon de courbe minimal (qui impacte le type de train en circulation et sa vitesse maximale)
- Le pourcentage de rampe maximal (qui impacte aussi le type de train)
- L'espace entre deux niveaux dont dépendra le gabarit maximal (et donc essentiellement la possibilité de faire circuler ou non des locomotives avec pantographes levés).

Une histoire de compromis

Tout d'abord, il faut déterminer la forme de la rampe : la plus classique est le cercle, mais l'ovale est aussi envisageable. Une forme elliptique est en théorie possible, mais sans grand intérêt. Le deuxième paramètre à choisir est la surface de la rampe et donc son rayon minimal. Ce choix dépend du matériel utilisé et deux paramètres sont à prendre en



éviter d'avoir à installer une caténaire et donc garantir une extension maximale des pantographes, 100 mm d'espace libre au dessus du rail est à considérer. Pour calculer l'écart entre deux niveaux, rajoutons 5 mm aux valeurs ci-dessus pour l'épaisseur de la voie, 3 mm pour la semelle de ballast et 10 mm pour l'épaisseur de la plate-forme. Une fois ces choix faits, la rampe maximale se calcule facilement pour une boucle hélicoïdale : % rampe = $D / (2 \times \text{PI} \times R)$. Le pourcentage de rampe est en millimètre par mètre. D est la différence entre deux niveaux (pour déduire le gabarit, il faut retrancher 18 mm environ, si l'épaisseur de la plate-forme est de 10 mm et la semelle de ballast de 3 mm). Enfin, R est le rayon de courbure de la voie en mètre.

2 - La fixation des tiges filetées, tout simplement avec des rondelles et des écrous qu'il faut serrer suffisamment !

3 - Le principe de fixation de la caténaire avec du tube de 3 mm soudé sur des plaques de circuit imprimé.

4 - La caténaire est en place. Notons les transitions avec le tube aplati.

La rampe maximale est un paramètre essentiel pour un bon fonctionnement. Sur ce sujet, il y a autant d'opi-

compte : la longueur des véhicules et leur conception. Pour le premier critère, la norme NEM 111 nous guide : avec du matériel court (classe A), un rayon de 363 mm est possible, mais il vaut mieux opter pour 570 mm (voies principales). Avec de longs véhicules (classe C), 495 mm est le minimum, 742 mm est recommandé.

Concernant la conception du matériel, il nous faut consulter les notices des constructeurs ou les tests de Loco Revue ! Si nous voulons être sûrs de pouvoir utiliser toute marque de matériel, y compris les matériels en laiton, 600 mm me semble un minimum. Le gabarit est ensuite à choisir : traction électrique ou non. Pour cela, suivons les normes NEM 102 et 103 qui donnent les hauteurs au-dessus du rail. Elles nous indiquent 59 mm pour un gabarit diesel et 65 mm pour un gabarit électrique. Si nous voulons

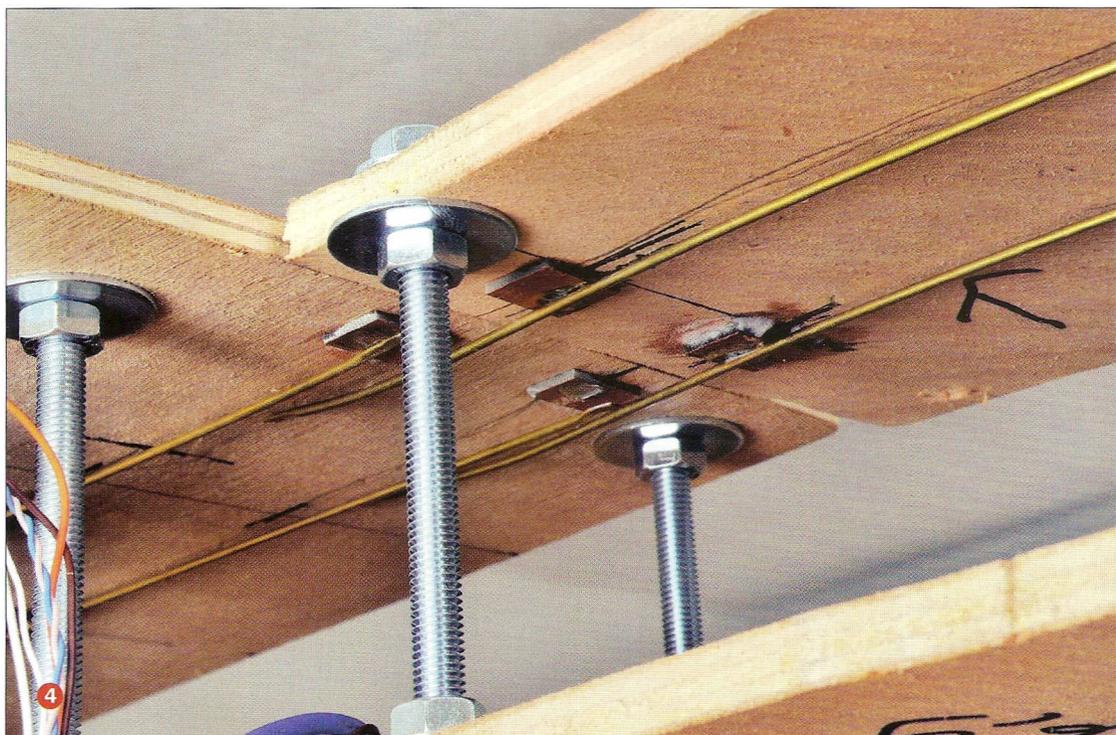
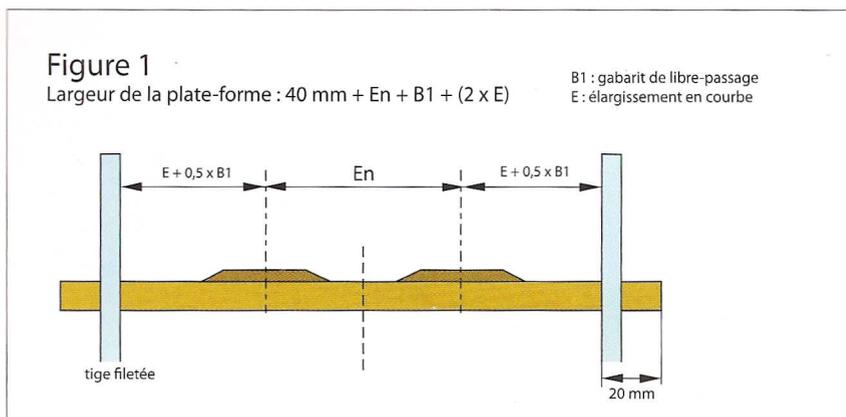


Figure 1 - Calcul de la largeur minimale de la plate-forme pour une boucle à double voie, en fonction du rayon de courbe et de la classe de matériel utilisé.



Bibliographie

Toutes les normes NEM citées sont disponibles sur www.morop.org

nions que d'amateurs. Disons seulement que :

- En dessous de 1,5 %, le fonctionnement est sensiblement le même qu'en palier.
- Entre 1,5 et 2,5 %, les contraintes seront une limitation de la taille des trains en fonction des locomotives.
- Entre 2,5 et 3,5 %, les contraintes deviennent sévères et le fonctionnement en charge de certaines locomotives (notamment celles anciennes ou dépourvues de bandages) devient aléatoire. Un fonctionnement de trains courts avec des locomotives récentes reste néanmoins encore possible.

- Au-delà de 3,5 % les contraintes deviennent très sévères et le choix de locomotives ainsi que la taille des trains se restreignent fortement.
- Bien sûr, si la rampe n'est destinée qu'à être descendue, l'impact de la pente est largement diminuée. Souvenons nous cependant que le poids d'un train lourd en pente pèse sur les attelages, ce qui impose une limitation de vitesse. Remarquons que la contrainte d'une rampe est augmentée par un rayon de courbe faible, qui diminue l'adhérence des roues motrices.

Exemples

Si nous avons un rayon de 500 mm et un gabarit diesel, nous avons une rampe de 2,55%. Avec un rayon de 400 mm et un gabarit électrique sans caténaire, nous tombons sur 4,37%.

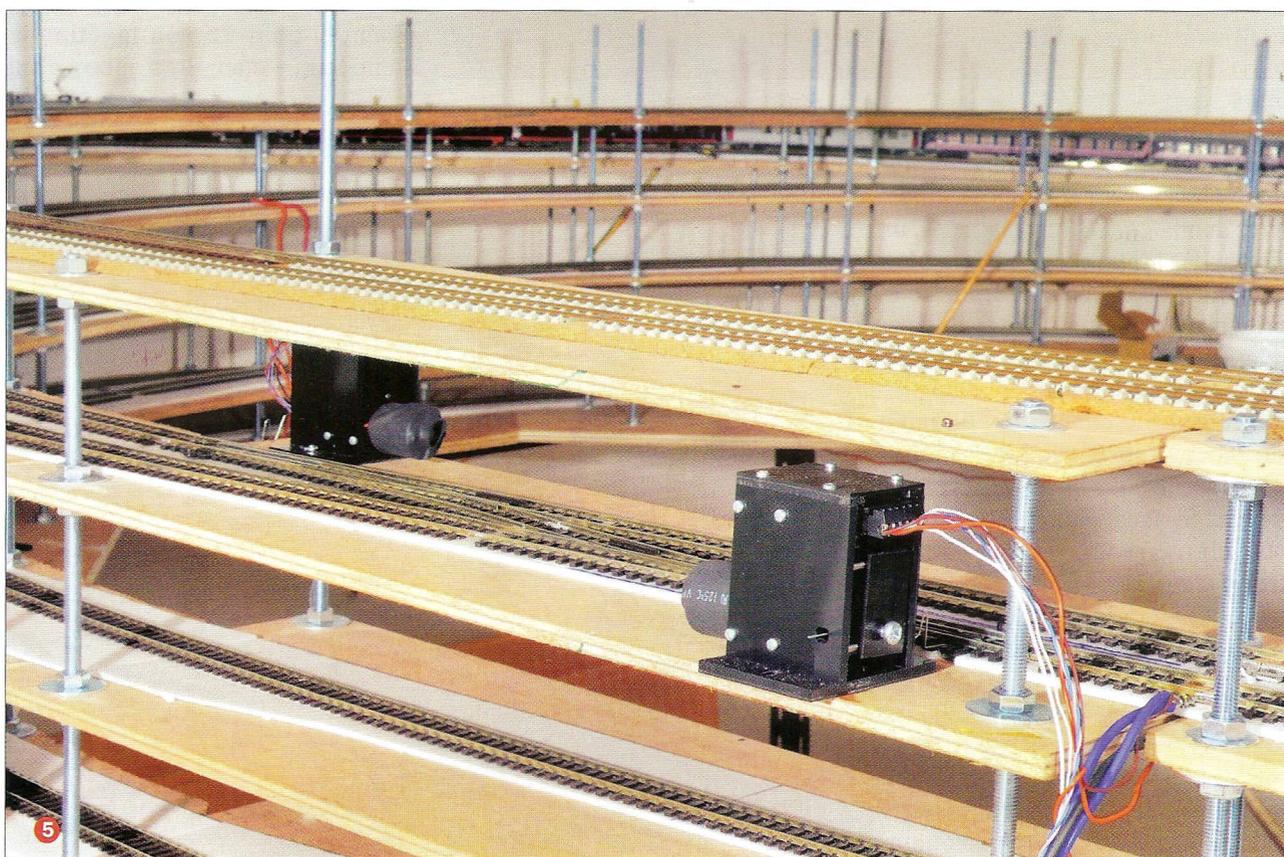
Aïe ! Ce deuxième exemple montre que la rampe hélicoïdale n'est pas une solution magique face au manque de place !

Sur mon réseau, j'ai souhaité que la boucle hélicoïdale n'impacte pas du tout le fonctionnement des trains. Cette rampe à double voie permet de connecter trois niveaux situés à +0, +15 et +39 cm. La place disponible m'a permis de concevoir un ovale avec un rayon de 115 et 120 cm, respectivement pour la voie intérieure et extérieure. Les deux sections en alignement droit mesurent 0,5 m. La boucle intérieure développe donc $(2 \times \pi \times 1,15) + 2 \times 0,5$ soit 8,22 m. J'ai souhaité une rampe d'environ 1%. En choisissant une distance entre niveaux de 9,4 cm, j'obtiens une pente de 1,15%, qui permet la circulation de longs trains. La voie extérieure, principalement montante, obtient une rampe de 1,10%. Revers de la médaille : j'ai été obligé d'installer une caténaire pour éviter le frottement destructeur des pantographes sur le niveau situé immédiatement au-dessus. Pour passer du niveau 0 au niveau +39 cm, un train parcourt quatre tours de boucle.

La conception mécanique

Il existe de très nombreuses manières de fabriquer une rampe hélicoïdale. J'ai pour ma part, j'ai utilisé des tiges

5 - Sur un des segments de voie droite, au troisième niveau, une communication entre les deux voies a été installée. La forme de la plate-forme a été adaptée pour positionner les volumineux moteurs CDF. Ce type de détail est à penser dès la conception !

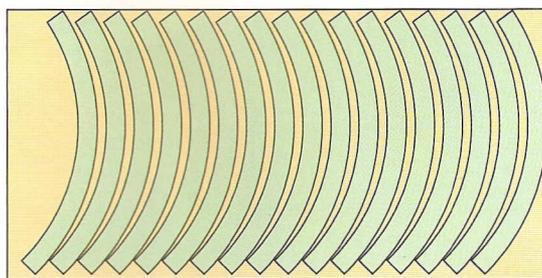




filetées de 8 mm, qui soutiennent des segments de quart de cercle découpés dans du contreplaqué de 8 mm. La tige filetée permet un réglage précis de la rampe. J'ai installé mes tiges tous les 40 cm environ, ce qui garantit une très bonne solidité. Notons que ces tiges filetées sont directement fixées sur le contreplaqué. Il est possible d'utiliser moins de tiges filetées, avec un contreplaqué plus épais et des tasseaux reliant les tiges filetées. Cependant, cette solution limitera le gabarit ou augmentera le pourcentage de la rampe. J'ai utilisé une semelle de ballast en Dépron de 3 mm, sauf pour le niveau supérieur qui bénéficie d'un ballast en liège. Pour la caténaire, j'utilise du tube de laiton de 3 mm par longueur de 1 m. Cette caténaire est soudée sur des morceaux de circuit imprimé, eux même collés avec une colle époxy tous les 30 cm sous le contreplaqué. À chaque transition, les sections de tube se recouvrent et les extrémités des sections de tubes sont écrasées pour que les pantographes passent d'une section à l'autre sans heurt.

Sur nos boucles à double voie, l'entraxe des voies doit être bien calculé. La norme NEM 112 nous indique l'entraxe recommandé en fonction du rayon de courbe et de la longueur maximale du matériel (classe A, B ou C). Par exemple, pour un rayon de 500 mm et du matériel classe C (le plus long) l'entraxe sera de 59 mm. De cet entraxe dépendra la largeur de la plate-forme. Notons que les tiges filetées ne devront pas engager le gabarit G en courbe (NEM 103). La lar-

Fig. 2 :
schéma de découpe
des segments



geur L de plate-forme se calcule selon la **figure 1**. Pour un rayon moyen de 500 mm et du matériel C, on aura $L = 40 + 59 (En) + 48 (B1) + 22 (2 \times E) = 179 \text{ mm}$. Pour un rayon moyen de 1 m, nous aurons $L = 40 + 47 + 48 + 8 = 143 \text{ mm}$. Pour finir le calcul, le rayon intérieur de la plate-forme se calcule en prenant le rayon moyen auquel on soustrait la moitié de la largeur de la plate-forme. Le rayon extérieur est obtenu en prenant le rayon moyen auquel on ajoute la moitié de la largeur.

Fabrication et montage

La première chose à faire est de créer une base. Le plus simple est d'utiliser du contreplaqué suffisamment rigide, de 16 mm d'épaisseur ou plus. Ensuite, il nous faut découper les segments de plate forme à la scie sauteuse. Ici, le challenge est de produire le moins de chute possible pour économiser le coûteux contreplaqué. Avec des grands rayons, nous pouvons découper des quarts de cercle (**figure 2**). Il sera plus économique de passer à des 1/8 de cercle, et ceci d'autant plus que

le rayon est court. Mais, évidemment, le montage sera plus long. Le perçage s'effectue en superposant les segments, puis en les perçant ainsi que la base, le tout étant préférablement tenu par des serre-joints. Pour ma boucle décrite plus haut, j'ai acheté des plaques de 1220 x 2500 mm et les ai découpées selon la **figure 2**. Le dessin sur les plaques de contreplaqué se fait facilement en utilisant une grande règle qui sert de compas. J'ai utilisé une cornière en alu. Le montage est simple. La seule précaution est d'utiliser des rondelles de largeur adéquate. Pensons bien à serrer nos écrous. L'utilisation d'écrous freinés me semble inutile. La caténaire éventuelle se monte au fur et à mesure que les segments sont installés.

À vous de jouer maintenant

Une rampe hélicoïdale est assez facile à construire. Le plus difficile est de bien la penser avant de la fabriquer. Alors prenez le temps nécessaire devant votre table à dessin ou votre logiciel avant d'empoigner votre scie. Bonne rampe !

6 - La boucle est presque terminée. Un long train de fret grimpe sans difficulté la rampe de 1,1 %. C'est pour ce type de train que j'ai consacré tant de place à cette boucle.

Figure 2 - Topologie de découpe des segments de plate-forme. Cette topologie est adaptée aux grand rayons.