

Le modélisme ferroviaire, ou un ersatz de réalité afin de se faire plaisir

Caresser un chat c'est se donner l'illusion d'avoir dompté un lion

La fascination de la puissance, de la fluidité, de la rapidité, de l'esthétique d'un paysage ferroviaire, l'odeur de la vapeur, de la fumée, de l'huile chaude, dans les gares de jadis, l'ozone du métro, le bruit de tonnerre d'un train franchissant un ouvrage d'art métallique marquera beaucoup les témoins de ce monde réel.

Qui n'a pas rêvé de capturer une partie de ce monde pour l'emporter chez soi ? C'est le début de la démarche modélisme. Reproduire une partie de la réalité chez soi. Mais nous allons bien vite nous heurter à quelques difficultés, car pour reproduire avec réalisme l'« atmosphère » des chemins de fer, il faut déjà en connaître la réalité, soit l'échelle 1/1, puis savoir quels matériels, quels accessoires on peut acquérir ou fabriquer pour réussir au mieux cette reproduction.

Le but du **premier chapitre** est la présentation de l'échelle 1/1, soit ce que vous verrez en vous rendant dans une gare, au bord d'une voie ferrée, aux abords d'un dépôt.

Passons au modélisme : qui dit modélisme dit reproduction de la réalité, mais sûrement pas à l'échelle 1/1

qui a les moyens et la place de se payer un vrai réseau de chemin de fer pour jouer avec ?
qui a les moyens d'héberger une vraie locomotive ?

Réponse : pas grand monde hormis quelques associations, et en plus ce n'est plus du plaisir mais de la corvée de par le poids des pièces, de la technicité de l'entretien, du prix et de la complexité d'un tel ensemble.

Bref il faut réduire

Donc nous introduirons la notion d'échelle de réduction. Toutes les dimensions sont divisées par cette échelle. Toutes ? Non car en plus du temps qui reste incompressible, on va s'apercevoir très rapidement que le rayon de courbure des voies est impossible à reproduire à l'échelle, même pour un tortillard, même avec les plus petites échelles pratiquées, pareil pour les rampes, ce qui nous conduira à des compromis forts douloureux. D'autres dimensions ne se réduisent pas non plus, tels les effets de la vapeur, de la vitesse ...

Ce sera le but du **second chapitre** qui traitera des échelles de reproduction, en fonction de la place dont vous disposez, de vos envies, trains de grande ligne en circulation, manœuvres de quelques wagons, gare secondaire de tortillard, métro, tramway ... et aussi de votre budget, car il faut bien en parler.

Dans un **troisième chapitre** nous aborderons les techniques utilisées en modélisme ferroviaire pour représenter et animer nos maquettes, apporter le mouvement dans nos réalisations, et donc introduire le temps dans notre monde lilliputien, sinon nous réalisons de la maquette statique.

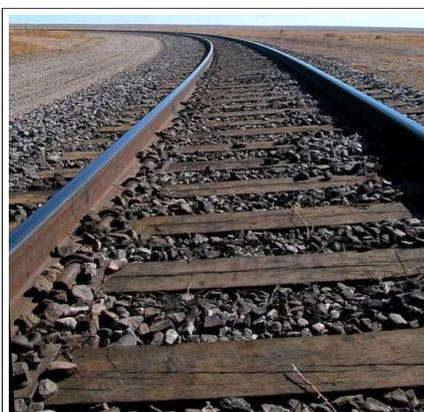
Tout ce qui suit est un résumé de deux siècles d'essais et de réalisations, donc ne peut se résumer en quelques lignes, surtout n'hésitez pas à utiliser votre moteur de recherche pour approfondir les points qui restent obscurs ou imprécis ...

Le principe élémentaire du chemin de fer repose sur le roulement roue d'acier sur rail d'acier, offrant un coefficient de frottement extrêmement faible, avec un guidage latéral complet du convoi par les rails, contrairement à la route où c'est un roulement pneu de caoutchouc contre bitume, présentant un coefficient de frottement beaucoup plus important, de plus les véhicules ne sont pas guidés, et doivent compter sur ces frottement pour ne pas déraiper (c'est pour cette raison que même les autoroutes ne sont pas parfaitement lisses, et les pneus savamment dessinés ...)

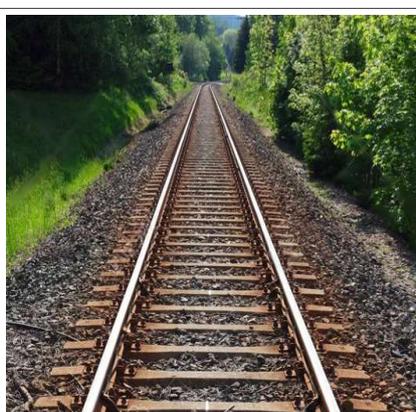
Pour ceux qui ont pu en faire l'expérience, seul vous pouvez mouvoir un wagon de plusieurs tonnes à l'arrêt sans grande difficultés, il n'en est pas de même d'une voiture d'à peine une tonne.

C'est le très grand avantage du train, constitué d'une locomotive attelée à plusieurs wagons qui peut constituer un convois de milliers de tonnes tracté par des locomotives développant des puissances ridicules par rapport aux camions chargés que de quelques tonnes. C'est aussi leurs limitations intrinsèques : perte d'adhérence très rapide en fonction de la charge ou du profil de la voie.

Constatons que les trains roulent entre deux rails d'acier qui les guident : c'est la voie. Celle-ci est montée sur une plateforme, avec un lit de ballast (des cailloux de grès ou granit de forme la plus quelconque possible pour ne pas rouler les uns sur les autres), sur lequel reposent les traverses, en bois, en fer, ou en béton, ayant pour but de maintenir constant l'écartement entre les rails, fixés par de simples tire-fonds ou des systèmes plus compliqués. Cette voie idéalement doit rester la plus plane possible, dans les trois dimensions de l'espace : aussi bien dans les sens longitudinaux, que verticaux, que latéraux : ce qui veut dire pas de tournants ou virages (courbe), pas de montée, ni descente (rampes), pas de vrillage (devers), d'où des ouvrages d'art beaucoup plus nombreux en chemin de fer que sur les voies routières (remblais, ponts, tunnels) de façon à maintenir le profil le plus plan possible. Dans les faits ce n'est pas vraiment possible, on tolérera de légères rampes, de faibles courbes, avec un certain devers pour compenser la force centrifuge, d'où des limitations pour le tonnage et la vitesse des trains sur ces lignes.



Sur cette photo de voie sur traverse bois, on distingue parfaitement le devers pour compenser la courbe qui s'amorce.



Magnifique alignement de voie sur traverses métalliques (fer)



Très belle voie en alignement avec rail sur traverses béton. On distingue bien la première traverse un peu découverte, et les autres donnant l'impression que la voie est montée sur plots

Suivant le tracé, le poids des convois et leur vitesse la voie sera adapté aux conditions prévues lors de la conception. On ne réalisera pas les mêmes infrastructures pour une voie desservant une carrière, quelques villages de sous-préfectures, une aciérie, ou une liaison inter-métropoles à grande vitesse. Le premier compromis à trouver, et le plus important, est la largeur de la voie : l'écartement.

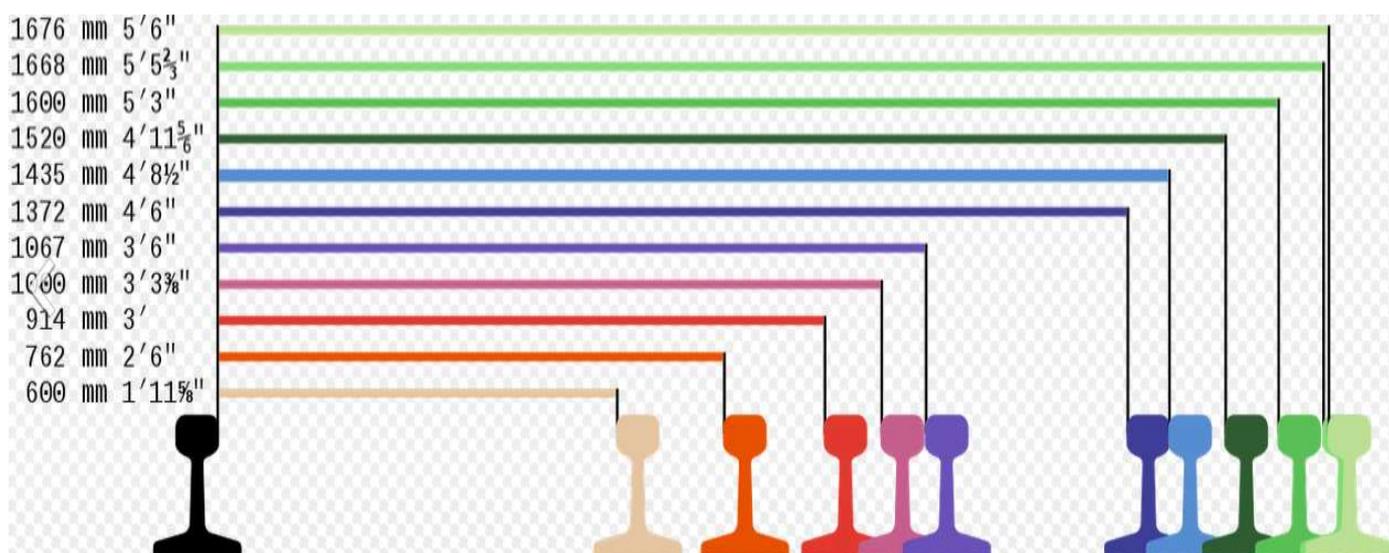
Plus la voie est étroite, moins elle coûte cher lors de la construction : emprise, volume des déblais et remblais, ouvrages d'art, rayons des courbes, armement plus léger ... par contre cela pose des problèmes de conception du matériel roulant. Pour les locomotives à vapeur, il fallait faire passer le foyer de la locomotive entre les roues. En voie étroite il fallait soit réduire le diamètre des roues pour placer le foyer au dessus (ce qui limitait la vitesse), soit la taille de la chaudière (et donc la puissance de la machine). Pour les locomotives électriques, la taille des équipements était handicapant dans la conception des engins moteur (taille des transformateurs et moteurs de traction, amenant à des problèmes d'isolation et de poids des engins à répartir au mieux sur l'armement de la voie). De plus les voies larges permettent des vitesses commerciales plus élevées (centre de gravité mieux réparti dans les courbes), mais un poids du matériel à remorquer plus important.

Il y a intérêt aussi à uniformiser les largeurs de voies pour éviter les ruptures de charge lors du changement de réseau (changement des essieux ou des bogies du véhicule, transbordement des passagers et des marchandises d'un wagon à un autre ou montage du wagon sur un chariot).

En revanche, il y a bien une certaine uniformisation due à la pratique, tenant à la largeur des personnes à transporter, et des animaux de traction (utilisés dans les tout débuts des chemins de fer et souvent associés par paire), qui donne une plage relativement étroite pour la largeur naturelle des véhicules et donc de l'écartement de leurs roues. Les premiers wagons étaient eux aussi tractés par des animaux et leurs constructeurs suivirent les usages des constructeurs de charrettes et chariots. Quand aux sens de circulation, à gauche, il permettait lors d'un croisement d'échanger une poignée de main, de la main droite comme il était d'usage depuis fort longtemps, sans lâcher les rênes des bêtes. D'autre part le mécanicien pouvait pencher la partie gauche de son corps vers l'extérieur pour surveiller les signaux, tout en gardant sa main droite pour actionner les diverses commandes de sa machine.

D'où il en résulte : circulation des trains à gauche, et écartement de voie dite «normale» à 1,435m. Puisqu'il y a des voies «normales», il y en a qui ne le sont donc pas : voir les tableaux ci-dessous.

On retiendra donc qu'en réalité il existe de la voie Normale, de la voie Métrique de la Voie Etroite, et accessoirement de la voie industrielle.



principaux écartements utilisés par les chemins de fer dans le monde

Les CF ayant été principalement développés par des Anglais, les mesures utilisées sont exprimées dans le système Foot, Inch (Pied, Pouces) et approximées en système métrique.

Écartement des Voies de Chemin de Fer Réels (dimensions en mm et inch)

Voie Large

3000		Breiltspurbahn (projet présenté en 1943 jamais réalisé)
2140	7' 1/4"	GB
1676	5' 6"	Indes
1668	5' 5 2/3"	Espagne, Portugal
1600	5' 3"	Australie, Brésil, Irlande
1524	5'	Finlande
1520	4' 11 5/6"	Russie (Transsibérien), Slovaquie, Ukraine, Moldavie ... (dite écartement Russe)

Voie Normale

1448	4' 9"	USA (dite écartement de compromis)
1435	4' 8 1/2"	Europe USA .. (dite Standard UIC) Japon (<i>trains grande vitesse Shinkansen</i>) <i>rail 60Kg/m, tronçons de 18, 36, 80m et soudés jusqu'à 320m</i> <i>1666 traverses/km (bois, métallique, béton (monobloc, blochet) plastique) ,</i> <i>1000T ballast/km épaisseur 30 à 40cm</i>
1372	4' 6"	Japon (<i>quelques lignes et tramways</i>)

Voie Métrique

1064	3' 5 7/8"	Afrique du Sud, Indonésie, Japon, Australie, Canada
1055	3' 5 1/4"	Algérie
1067	3' 6"	Cape jauge (chemins de fer du Cap), Japon <i>environ 18000Km</i>
1050		Jordanie, Liban
1000	3' 3 3/8"	Argentine, France (<i>Panoramique des dômes, Rhune (crémaillère Strub)</i>), Suisse, Allemagne (<i>train St Gervais-Chamonix-Vallorcine, train jaune SNCF</i>) Brésil, Grèce, Cameroun, Chili, Viet-Nam
950	3' 1/4	Italie, Lybie
914	3'	Canada USA, Espagne, Pérou, Colombie

Voie Étroite

900		Tramways, mines
891	2' 36"	Suède
760	2' 5/9"	Autriche (<i>ZillertalBahn</i>)
750		Suisse, Allemagne (<i>Saxe, Hartz</i>)
700		Militaire Prussien (<i>Abreschwiller derniers vestiges en Alsace</i>)

Voie Industrielle

610	2'	
600	1' 11 6/8"	Inde, Decauville, chemins de fer militaires (<i>1870-1914 : Système Pechot, ligne Maginot ...</i>), <i>9,5Kg/m</i>
580		Houillères du Nord
560	1' 10"	Mines, carrières (<i>Mines d'Escaro</i>)
500		Chemins de fer du Tarn, mines, chantiers, jardin d'acclimatation

en dessous pour mémoire : touristiques et de parcs et de jardins (vapeur vive), ancienne Decauville (400mm)

Attention : l'écartement d'une voie est mesurée entre les faces intérieures des rails

quelques exemples de types de chemins de fer



Les trois premières photos nous montrent des trains à voie normale :
à grande vitesse type TGV

liaisons entre grandes villes TER en traction électrique (BB26000) et rame tractée
nostalgie avec la vapeur (Pacific type 231) et son panache de fumée, ancien matériel type DEV

puis les quatre suivantes des trains à voie métrique :

Suisse RhB, avec une voie impeccablement posée et entretenue, voitures panoramiques ultra
modernes, sans parler du paysage),

le train de Cerdagne (train Jaune de la SNCF)

les anciens chemins de fer dits secondaires avec la ligne StValéry/Somme-Le Crotoy, association CF
de la baie de Somme) notez sur cette photo 6 l'imbrication voir normale/voie métrique

TMB (St Gervais-Chamonix SNCF), avec de la voie métrique à crémaillère

puis les deux dernières des CF à voie étroite

CF forestier d'Abreschviller en voie de 700

tramway

On s'aperçoit rapidement avec ces photos que l'encombrement des convois et la place nécessaire à
l'évolution des ces matériels n'est pas du tout comparable, pourtant c'est tous du chemin de fer.

L'échelle de réduction que nous choisirons dépendra de plusieurs critères :

- soit on se contente de collectionner de beaux modèles et de les présenter en vitrine, avec des variantes de livrées, ou d'évolution du même modèle, dans ce cas l'échelle n'a pas d'incidence, sauf sur votre porte-feuille.

- soit vous désirez faire rouler, représenter un bout de réseau réel ou un réseau onirique, dans ce cas cela va dépendre de la place disponible. Plus l'échelle sera petite, plus vous pourrez faire rouler des longs trains, ou plusieurs simultanément.

A part les modélisme réalisant par fabrication personnelle tout leur matériel, voie, appareils de voie, matériel roulant, remorqué, paysage, alimentations ... en usant de divers matériaux tels que feuilles de laiton, résines, carte plastique, bois, plâtre, pâte à modeler, à papier, carton, bristol ... qui ne seront pas bridés par une échelle précise, tous les autres modélistes seront bien obligés de choisir une échelle existant dans le commerce.

Quelles sont ces échelles disponibles dans le commerce spécialisé ? Sans entrer dans toute l'histoire du train-jouet qui a muté au fur et à mesure de l'avancement des techniques et de l'évolution de la société, une échelle de base s'est développée après la première guerre mondiale, c'est le Zéro : 0 échelle 1/45 et pour une voie normale on trouve donc un écartement de 1435/45 soit 31,88mm arrondi à 32mm (attention les anciens trains-jouet avaient un écartement de 35mm mais mesuré entre axe des rails, je rappelle que l'écartement se mesure sur les faces intérieures des rails). Tout le monde n'étant pas d'accord, surtout les Anglais, qui eux choisirons pour l'échelle 0 la valeur 1/43,5.

On peut donc dresser le tableau suivant :

Type de Voie	Rapport de réduction														
	1 : 220	1 : 160	1 : 120	1 : 87	1 : 64 *	1 : 45	1 : 32	1 : 22,5	1 : 16	1 : 11 **	1 : 8	1 : 5,5			
Normale	•	Z	N	TT	H0	S	O	I	II	III	V	VII	X		
Métrique	Zm	Nm	TTm	H0m	Sm	Om	Im	IIm	IIIm	Vm	VIIIm	Xm	•		
Etroite	Ne	TTe	H0e	Se	Oe	le ⁵⁾	Ile	IIle	Ve	VIIe	Xe	•	•		
Industrielle	TTi	H0i	Si	Oi	Ii	IIi	IIIi	Vi	VIIIi	Xi	•	•	•		
	4,5	6,5	9	12	16,5	22,5	32	45	64	89	127	184	260	←mm	
								1¼	2½	3½	5	7¼	10¼	←pouces	
écartement de la voie modèle															

Normalisation des échelles en modélisme ferroviaire

écartements très peu utilisé en France modèles US pour *, vapeur vive et trains jouets pour **

exemple : si vous pratiquez le N vous en déduisez que les modèles seront à l'échelle 1/160, et roulerons pour une reproduction de la voie normale sur des éléments de voie de 9mm d'écartement.

Pour compléter ce tableau, on peut citer :

l'échelle T (T Gauge, non normalisée) 1/450, voie de 3mm produite par les champions de la miniaturisation de l'industrie Japonaise (Eishindo)

l'échelle IIm, G (Garten), train de jardin à l'échelle 1/22,5 sur voie de 45mm représentant de la voie métrique, proposée par LGB (Lehman Gross Bahn, racheté par Märklin) en Allemagne et Bachmann auxUS

Les échelles couramment pratiquées pour la voie normale en France sont :

Nom	échelle	Nom	Écartement voie mm	fournisseurs
Z	220		6,5	Märklin, Rokuhan
N	160	Neuf, Nine, Neun, Nove	9	MiniTrix, Fleischmann, Roco ...
HO	87	Half Zero HO	16,5	Tous
0	45	Zéro	32	Fulgurex, Lima, Roco ...
I	32		45	Marklin, Lemaco , Aster....

Les échelles couramment pratiquées pour la voie métrique en France sont :

Hom	87		12	Bemo et d'autres
IIm	22,5	G (Garten)	45	LGB, Bachmann, Peco, Pola, Massoch, Preiser ...

Par ces tableaux, on s'aperçoit que pour chaque échelle, les concepteurs se sont arrangés pour que la voie normale, puis métrique, puis étroite tombe à l'échelle inférieure, mais attention l'armement n'est plus à l'échelle ... Il faut rechercher parmi les matériels proposés par les fabricants une voie qui représente bien la voie choisie pour l'écartement et l'échelle choisie. La voie en N n'est pas du tout représentative d'une voie en HOe, par contre une voie en HOe aura aussi un écartement de 9mm, par-contre le profilé sera plus fin (le code), et les traverses seront plus espacées (armement plus léger).

Le code de la voie est très important, en fait il définit la forme du profilé utilisé, qui lui-même induit la forme et les dimensions des roues du modèle. Par exemple en HO, on peut trouver les codes suivants : 100, 83 et 70, représentant la cote en hauteur du profile (voir MOROP NEM120). Il est évident que du matériel roulant prévu pour du code 100 ne roulera pas bien sur des rails en code 70 (il roulera sur les tire-fonds), la hauteur du boudin de roue étant trop importante.

De tout ceci, il en résulte que même le chemin de fer miniature, pour pouvoir rouler chez vous sans problèmes doit respecter des règles de fabrications très strictes, qui sont présentées par deux organismes de normalisation, l'un pour le matériel US (NMRA pour National Model Railroad Association) et l'autre en Europe (MOROP pour Union Européenne des Modélistes Ferroviaire et des Amis des Chemins de Fer, basées sur les normes NEM Normen Europäischer Modellbahnen). Ces normes régissent l'échelle, l'écartement, le profilé des rails, le gabarit du matériel roulant, l'alimentation électrique, les systèmes digitaux, les marquages et logos présents sur les emballages et même les époques... Nous le verrons plus loin lorsque nous rencontrerons les normes du digital.

La désignation du matériel roulant :



*Croisement d'une UM de CC67400 et de la Mikado 141R420
???? quesaco ?*

Le matériel moteur se caractérise par :

- son mode de propulsion : vapeur, diesel ou électrique.
- pour la vapeur sa configuration générale
- le nombre de roues

Une locomotive à vapeur est propulsée par un moteur utilisant l'expansion de la vapeur d'eau dans ses cylindres. Elle utilise pour produire cette vapeur de l'eau, chauffée avec du bois au départ, ou du charbon, ou du fuel. Pour transporter avec elle l'eau nécessaire, ainsi que le combustible, on utilise un tender (*To tend se traduit entre autre par s'occuper de, subvenir au besoin*), à l'origine wagon accouplé à la locomotive transportant l'eau et le combustible rendant la machine autonome (en général 150Km pour l'eau, 500Km pour le combustible). Pour les petites machines ayant une autonomie limitée, le tender est intégré : c'est la locomotive tender, on ajoute T à sa désignation.



*locomotive tender type BR81 DB
040T*



*Une locomotive de vitesse type BR03 DB à tender
séparé 231*

Une locomotive électrique est propulsée par un moteur électrique, tirant son énergie soit d'un troisième rail central ou latéral (métro, ligne de la Maurienne), soit d'un fil tendu au dessus de la voie (la caténaire) sur le quel glisse un pantographe (à l'origine losange déformable pour absorber les différences de hauteur de la dite caténaire, d'où son nom de pantographe, actuellement « unijambistes »), alimentant le moteur avec une tension idoine, ou soit par batteries.



Locomotive Electrique BB9200 (HO)



Pantographe trapèze



Pantographe unijambiste

Une locomotive diesel est propulsée à l'aide d'un moteur de type diesel, qui entraîne directement les roues par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse (autorails), soit un alternateur qui alimente des moteurs électriques de propulsion, soit un moteur hydraulique par l'intermédiaire d'un compresseur d'huile qui est couplé aux roues. Des essais ont été tentés avec des turbines équipant les hélicoptères, en vue de la grande vitesse sur rail donnant naissance aux turbo-trains type ETG (Elément Turbine à Gaz) et RTG (Rame Turbine à Gaz). Pour des raisons de coût d'exploitation, cette technique a été abandonnée pour céder la place aux TGV à propulsion électrique (la motrice TGV001 à turbine à gaz est exposée comme monument à Belfort).



Configuration générale de la machine et nombre de roues :

Les roues ont pour but de supporter le poids du véhicule, de le guider sur les rails, et pour le matériel moteur de transmettre la puissance du moteur vers les rails pour assurer la propulsion du véhicule.

- un essieu est un couple roues/axe, axe comportant à chaque extrémité une fusée (intérieure, ou extérieure) fixé au châssis par une suspension et des boîtes de roulement. C'est cet essieu qui va assurer l'écartement des roues.
- un bogie est un châssis articulé sous le véhicule comportant plusieurs essieux.

En chemin de fer, les deux roues sur l'essieu ne sont pas libres comme sur une automobile, reliées entre elles par un différentiel, mais sont fixes, ils tournent en même temps, ce qui pose un petit soucis dans les courbes, où le rail extérieur est plus long que le rail intérieur. C'est le bandage de la roue, en général en acier, serti à chaud sur la jante, qui va assurer cette fonction, car les flancs du bandage comportent un rebord, le boudin, qui va guider la roue sur le rail, et une surface conique qui va compenser l'effet de dérapage dans les courbes, en effet la force centrifuge va attirer le véhicule vers l'extérieur, donc un diamètre de roue plus grand vers l'extérieur que pour la roue intérieure. C'est ce phénomène qui génère ce délicieux grincement ... Si la courbe est bien calculée, la différence de diamètre va compenser la différence de longueur des rails. C'est ici qu'il faut faire remarquer qu'en voie normale, le rayon d'une courbe ne descend pas en dessous de 1000 mètres, soit 11 mètres en HO. Bien heureux ceux qui peuvent se permettre un petit mètre ...





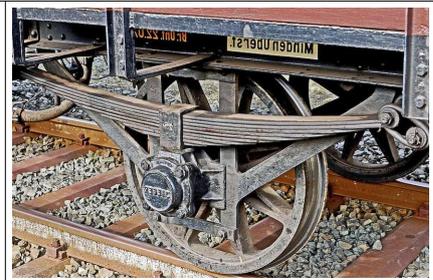
roues de locomotives à vapeur
à rayons

roue Boskop

on voit sur les roues motrices
un voile sur une partie de la



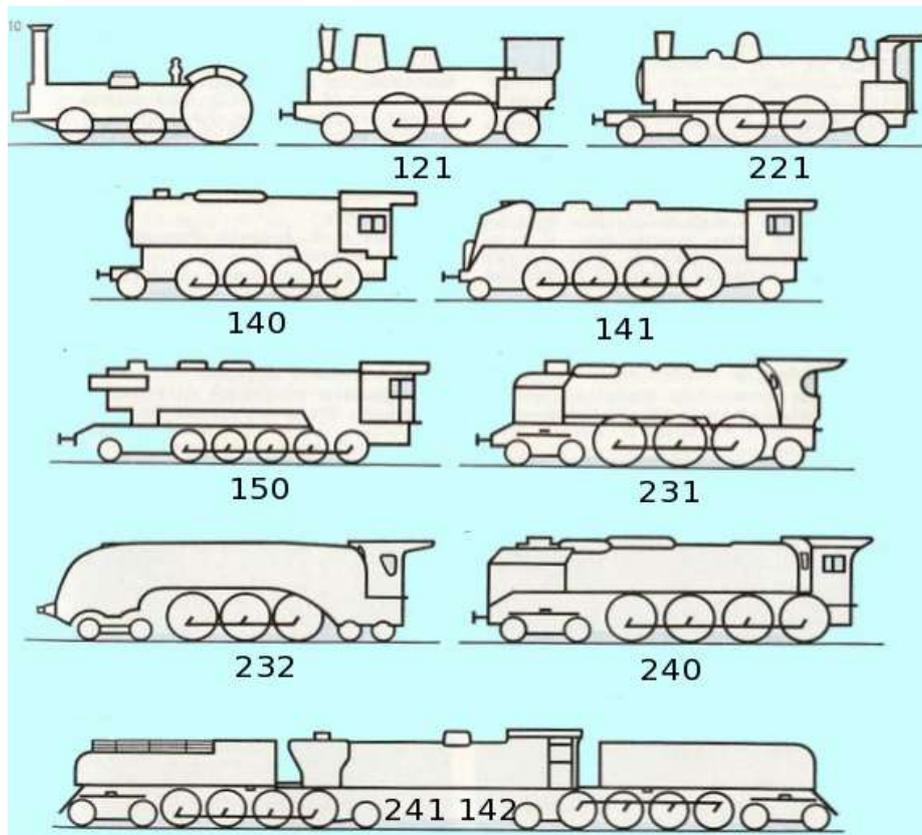
roue, placée pour équilibrer le
poids de la tête de bielle qui se
trouve à l'opposé.



On distingue bien la boîte à
rouleaux dans laquelle tourne
la fusée, les lames de ressort de
la suspension et la coulisse de
guidage

La désignation suivant le nombre de roues et leur fonction

on compte le nombre d'essieux d'avant en arrière en dissociant les roues motrices des roues porteuses, en France on compte le nombre d'essieux, dans d'autres pays on compte le nombre de roues (classification White). Par exemple la troisième locomotive sur le schéma sera désignée comme 221, car composée d'un bogie à deux essieux, deux roues motrices accouplées, et un bissel arrière d'où 221



et suivant leur configuration ces locomotives vapeurs ont un nom, quelques exemples :

30	Bourbonnais	
130	Mogul	
131	Prairie	
221	Atlantic	
231	Pacific	
232	Hudson ou Baltic si tender	
141	Mikado	
241	Mountain	
150	Décapod	
151	Santa fe	
152	Texas	
241-141	Garratt	

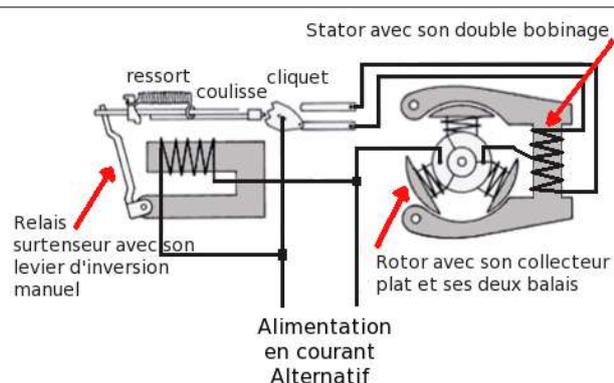
La querelle des anciens et des modernes

Il nous reste un chapitre à explorer, et qui a fait, fait encore, et fera toujours couler beaucoup d'encre ... l'épineux problème de l'alimentation de nos petits trains, car ne l'oublions pas le train, même miniature, c'est le mouvement.

Avec les trains-jouet d'avant guerre, la question ne se posait pas, en effet ces petits trains étaient soit tirés par une ficelle (train de plancher), puis la technique se perfectionnant mus par des mouvement d'horlogerie, grâce à l'énergie stockée par le remontage d'un ressort, puis suprême technique, comme leurs grands prototypes, mus par un moteur à vapeur, avec tous les risques inhérents à cette technique : brulures et incendies. Les techniques s'améliorant les années 1910 virent l'arrivée du moteur électrique, d'abord en 110V (c'était la tension délivrée dans les foyer qui avaient la chance d'être raccordés à un distributeur d'électricité), gare aux pinces oubliées sur la voie, et aux mains farfouilleuses ... Heureusement les années 1920 introduisirent le transformateur, et la tension sur les rails tombait à environ 20V, ce qui est beaucoup plus raisonnable. Le progrès étant qu'utilisant un transformateur avec un nombre de spires variable, on arrivait en variant la tension sur les rails à faire varier la vitesse de rotation du dit moteur, et donc la vitesse de la locomotive.

Mais il y avait un petit inconvénient à cette simplicité, c'est que le courant était alternatif, et donc le moteur alimenté en alternatif, composé d'un rotor et d'un stator, tournait toujours dans le même sens. Pour changer le sens de rotation, il fallait changer le sens des enroulement du stator, autrement dit utiliser un stator avec un double bobinage. Pour changer le sens de marche, soit il fallait intervenir sur un levier de la locomotive, pour commuter le stators, soit attendre un peu que l'on invente le relais surtenseur, ayant le même objectif.

Le principe est d'associer un relais monté en parallèle avec le moteur à commander. Lorsque la tension sera supérieure à la tension nominale du moteur, donc lorsqu'il tournera à sa vitesse maximale, on déclenchera ce relais (en tarant la force de rappel du ressort associé), et le cliquet inversa le sens de l'enroulement dans le stator, donc le sens de rotation du moteur.



Après guerre (1945), la technologie ayant considérablement évolué, il a été possible de fabriquer des aimants permanents efficaces et peu coûteux, ainsi que des systèmes performants pour redresser le courant alternatif et le transformer en courant continu. Le stator étant un aimant permanent, le rotor étant parcouru par un courant continu, il suffit d'inverser la polarité du courant pour inverser le sens de rotation : cette simplicité rendra populaire ce système, car simple, efficace et bon marché.

Il reste un petit problème à régler, et c'est là que les querelles apparaissent : comment alimenter la locomotive sur ses rails ? La première idée a été de faire comme certains train réel : deux rails de guidage métalliques, et un troisième rail central, ou latéral, métallique, tous isolés électriquement : c'est le principe du vrai trois rail, reprenant le système réel : métro, trains de la Maurienne, train métrique StGervais/Chamonix. Avec l'apparition du plastique et de sa plasturgie, il est devenu simple de fabriquer un système à deux files de rails métallique isolées comme dans la réalité servant au guidage et à l'alimentation en même temps :

le deux rails courant continu est né, et avec l'échelle HO dominera le marché du train électrique.

Donc il existe deux possibilités le deux rails courant continu, ou le trois rail courant alternatif. Le panachage des deux étant possible ...

Dans les petites échelles Z et N la question ne se pose pas seule la première possibilité existe. En HO les deux possibilités se côtoient, mais sont strictement incompatibles entre elles, et seul Märklin de base offre cette seconde alternative. Dans les échelles supérieures, seul le 0 en tin-plate (matériel en tôle de fer estampé) offre encore cette possibilité du trois rail, restes historiques des brillantes décennies 30.

Échelle :	T	Z	N	HO	O	I2
deux rails CC	oui	oui	oui	oui	oui	oui
trois rails AC	non	non	non	oui	un peu	non

L'inconvénient avec ces systèmes est qu'il n'est possible de faire circuler qu'un seul train sur la même voie, car toutes les locomotives sont alimentées par la même source de tension, donc réagissent toutes pareil aux mêmes variations de tension. Il y a toujours possibilité d'isoler les tronçons de voies entre-elles (coupures électriques), mais au prix d'un alourdissement considérable du câblage. Des alternatives existent avec par exemple l'alimentation par caténaire, mais oblige la présence d'au moins une locomotive de type électrique, ou alors le vrai trois rail, une locomotive étant alimentée par le rail du centre, et le rail gauche, l'autre par le rail du centre et le rail droit.

ystème	deux rail DC	trois rails AC
avantages	réalisme total de la voie simplicité de commande des locomotives rail flexible possible	prise de courant fiable solidité et facilité d'assemblage de la voie détecteur d'occupation de voie facile
inconvénients	lacunes dans la prise de courant (cœurs des aiguillages) prise de courant sensible encrassement des voies et roues du fait du courant continu isolation des roues sur les essieux boucles de retournement posant problème détecteur d'occupation de voie pas simple	troisième rail irréaliste, atténué par introduction de plots matériel moteur plus onéreux à réaliser (inverseur) pas de rail flexible
fabricants	Tous, toutes échelles	Märklin en HO VB pour les nostalgiques en HO mais en courant continu JEP, Hornby ... pour l'ancien en 0