Petite histoire de la disposition des roues sur les locomotives à vapeur

Mini-conférence A.M.F.C. - 6-7 avril 2013

Fr. Gobbey

Avertissement : *Cet exposé présente l'évolution des locomotives dans leur globalité, aucun fait ou date ne peut être considéré comme une information ou date précis.*

I. Rappel :

La **manière d'identifier une locomotive à vapeur** a été **normalisée**, en France, et de façon plus générale en Europe (sauf Grande-Bretagne). Cette identification, liée au **comptage du nombre d'essieux**, se fait de la façon suivante :

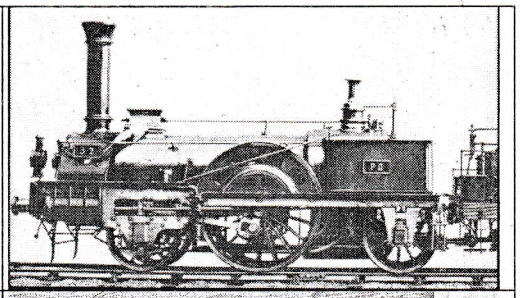
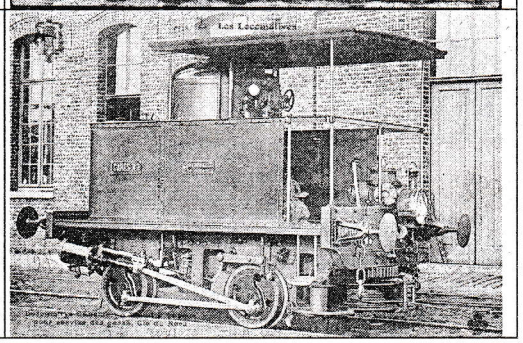
- nombre d'essieux porteur avant (0 = aucun, 1 = un bissel, 2 = un bogie à 2 essieux)
- nombre d'essieux moteur liés entre eux, un chiffre par bloc d'essieux (en général de 1 à 6)
- nombre d'essieux porteur arrière (0 = aucun, 1 = un bissel, 2 = un bogie à 2 essieux).

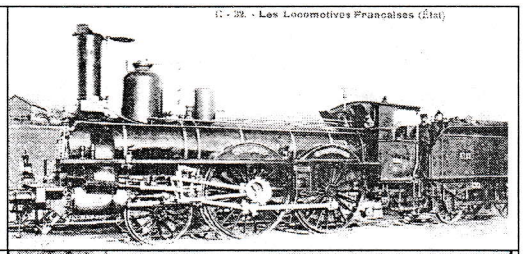
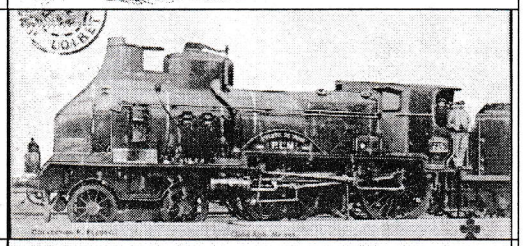
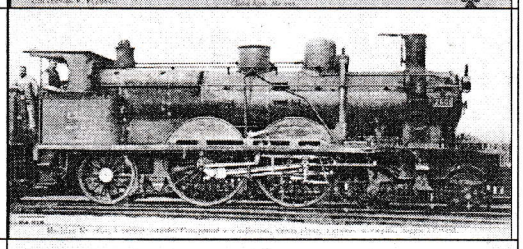
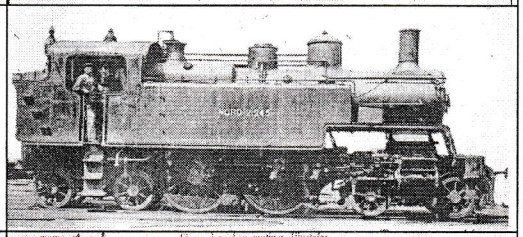
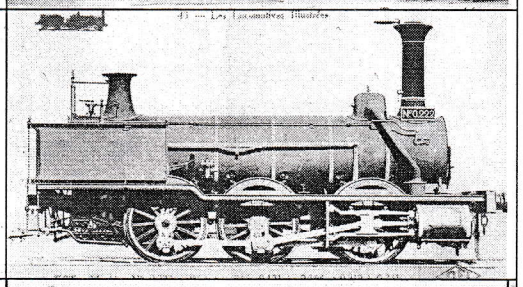
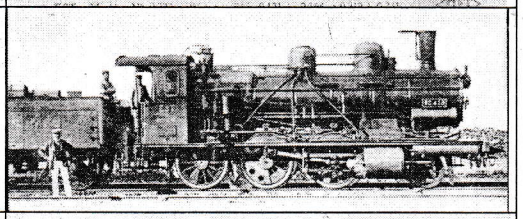
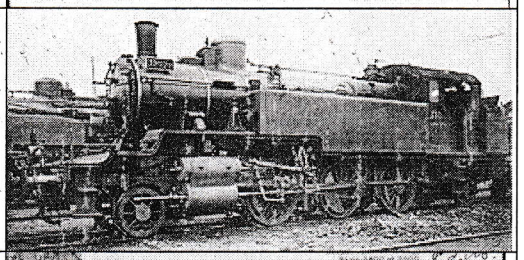
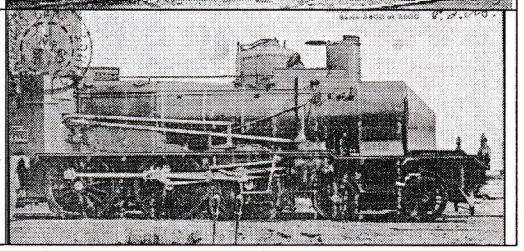
Si la machine dispose de plusieurs châssis articulés entre eux, on considérera chacun d'entre eux comme une machine séparé, mais ils seront reliés par un "+", par exemple 031+130, 020+020, ...

Remarque : *les Britanniques comme les Américains comptent les roues ; une 231 devient chez eux une 462.*

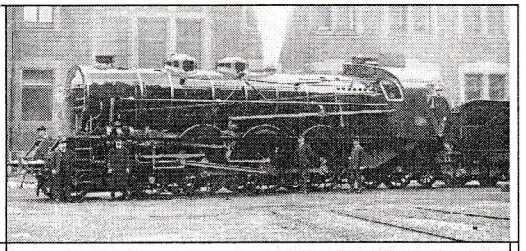
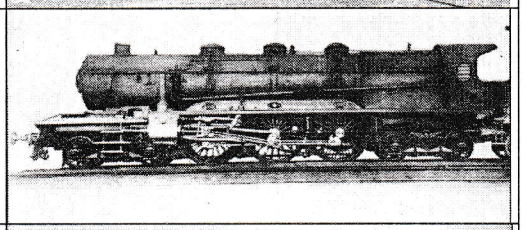
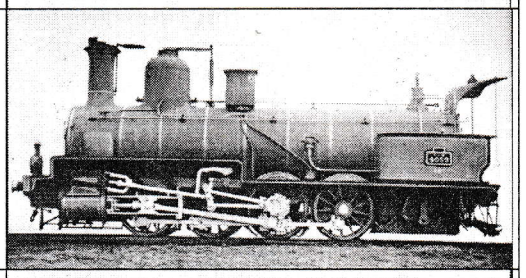
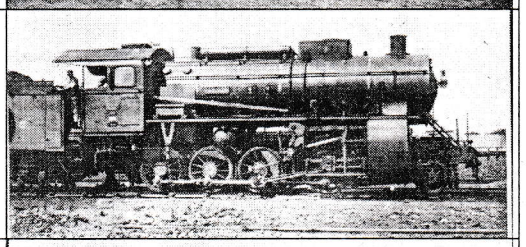
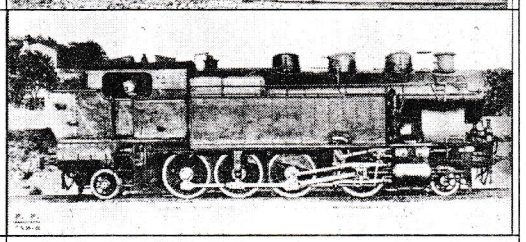
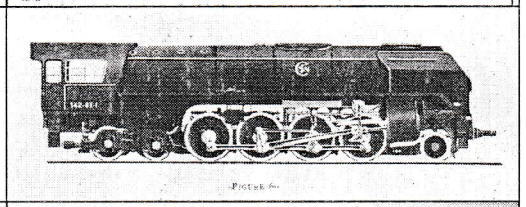
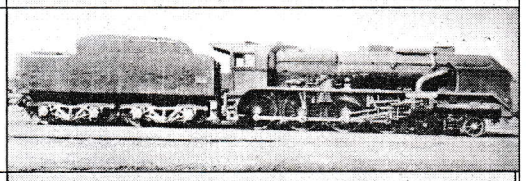
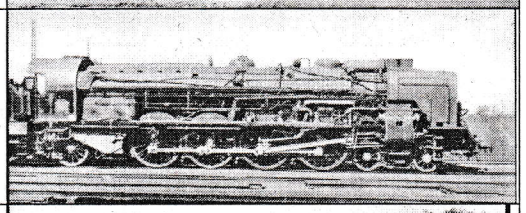
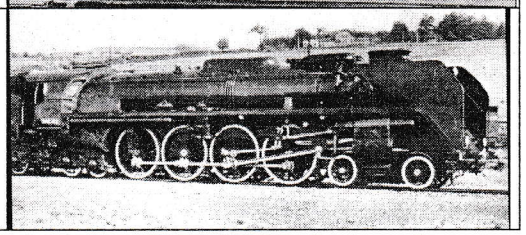
Très vite, les locomotives ont reçu des **surnoms** pouvant avoir plusieurs origines :

- *par configuration de roues :* ces surnoms, très officiels et en général d'origine américaine, sont quasi-mondialement reconnus et assurent une reconnaissance immédiate du nombre d'essieux de la machine. La plupart ont été adoptés en France, mais la prononciation était souvent locale : par exemple, on disait "*Moutin*" pour les 241 "*Mountain*"... Voici les principaux :

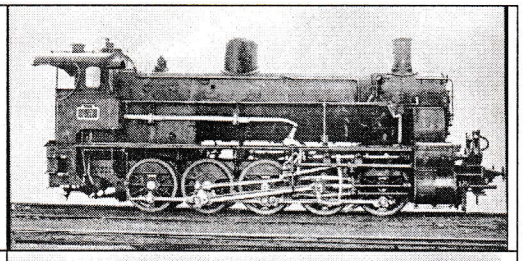
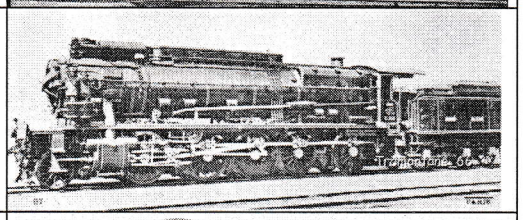
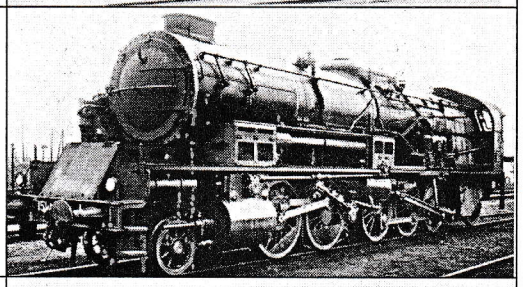
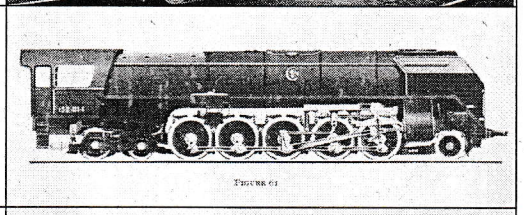
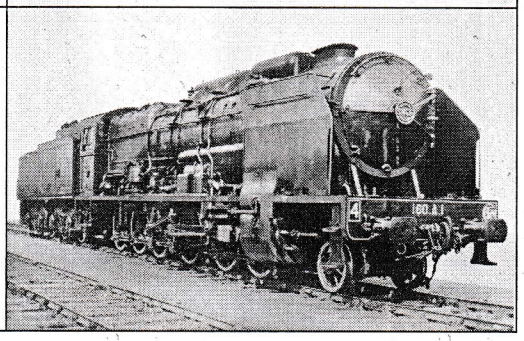
111	oOo	Single-wheeler	
020	OO	Four-coupled	

120	OOo	Porter	
220	OOoo	American	
221	oOOoo	Atlantic	
222	ooOOoo	Reading, Jubilee	
030	OOO	Six-coupled	
130	OOOo	Mogul	
131	oOOOo	Prairie	
230	OOOoo	Ten wheel	

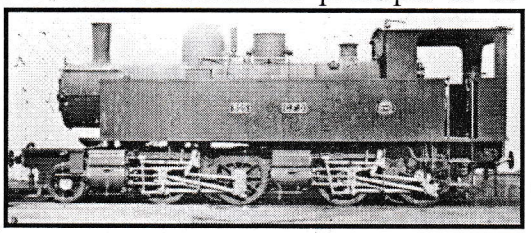
Gothey

231	oOOOoo	Pacific	
232	ooOOOoo	Hudson, Baltic	
040	OOOO	Eight-coupled	
140	OOOOo	Consolidation	
141	oOOOOo	Mikado	
142	ooOOOOo	Berkshire	
240	OOOOoo	Twelve-wheel	
241	oOOOOoo	Mountain	
242	ooOOOOoo	Northern	

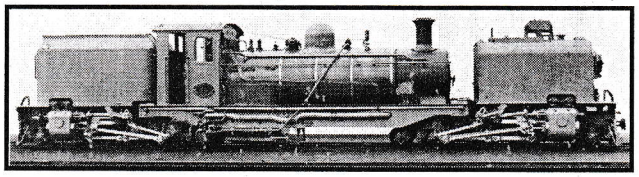
Cottey

050	OOOOO	Ten-coupled	
150	OOOOOo	Decapod	
151	oOOOOOo	Santa-Fé	
152	ooOOOOOo	Texas	
160	OOOOOOo	Centipede	

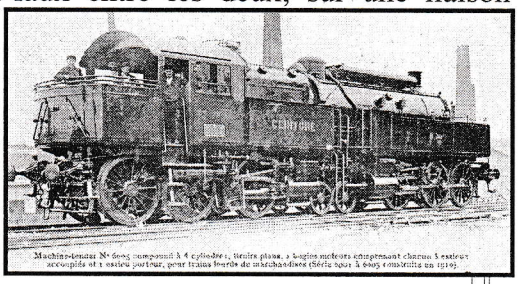
- par technologie : ces surnoms, surtout valables pour les machines articulées, dépendent du mode d'articulation utilisés, et reprennent en général le nom de l'initiateur principal de ce type :



- **Mallet** : un châssis arrière fixe sous le foyer, et un châssis avant articulé sur le premier par liaison pivot. La chaudière est simplement posée sur le châssis avant.



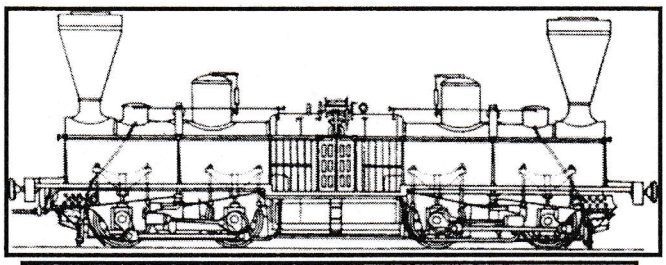
- **Garratt** : deux châssis totalement indépendants, portant chacun une réserve d'eau et/ou combustible, les chaudière et cabine étant placées en porte-à-faux entre les deux, sur une liaison pivot et une rotule.

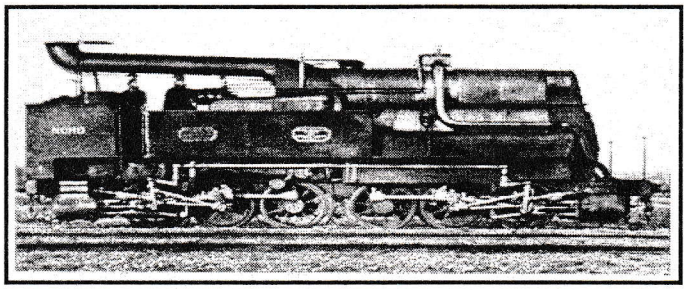


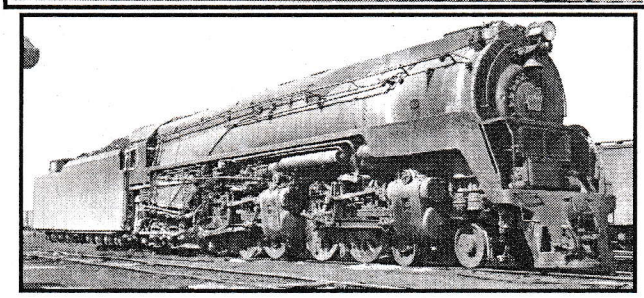
- **du Bousquet** : la machine est posée sur deux châssis indépendants, l'arrière sur un liaison pivot, l'avant sur une rotule.

- **Meyer** : même principe que la du Bousquet, mais les deux châssis sont reliés entre eux par une barre d'attelage.

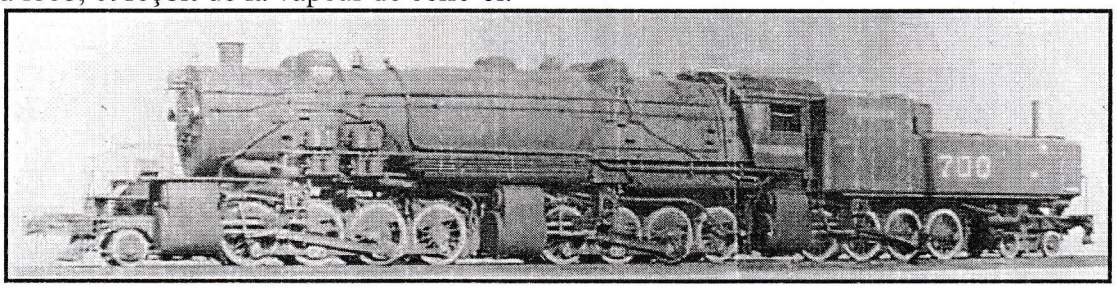
- **Duplex** : à l'origine, deux locos identiques collées dos-à-dos et conduites par une seule équipe. Se dit de manière plus générale de locomotives équipées de deux châssis moteurs sous une unique chaudière, un peu à la manière des Mallet.



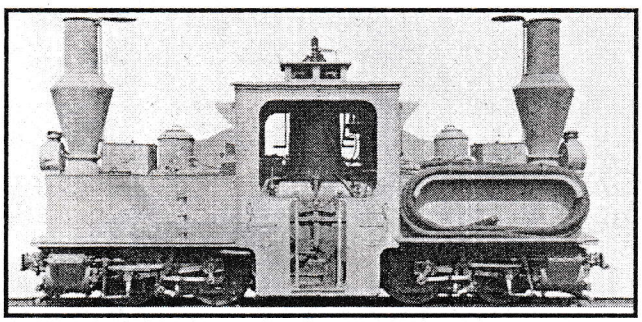




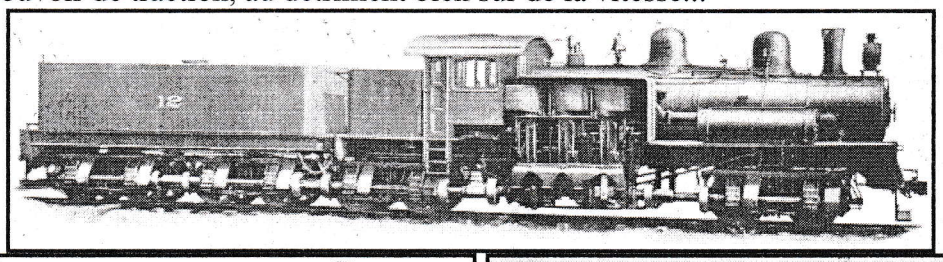
- **Triplex** : en fait, c'est une Mallet dont le tender possède un troisième jeu d'essieux moteur identique aux deux de la loco, et reçoit de la vapeur de celle-ci.

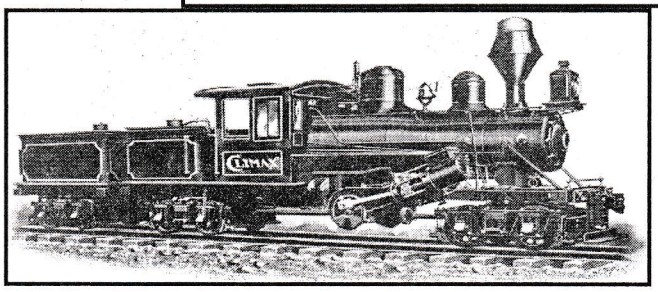


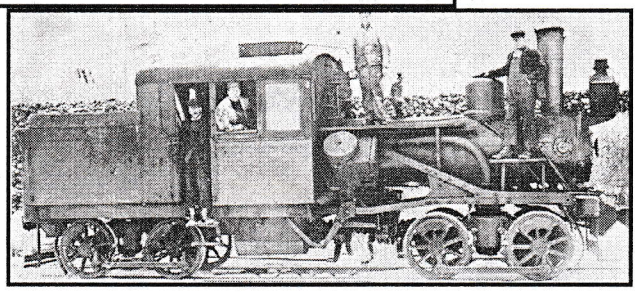
- **Fairlie** : loco à chaudière double et cabine centrale, posée sur deux châssis par 2 liaisons pivot. Une variante connue est la **Péchot-Bourdon** en voie de 60 de l'armée française, avec un seul dôme en position centrale, et un des deux pivots remplacé par une rotule.



- **Shay**, **Climax**, **Heisler** : loco posée sur deux (voir trois) bogies à deux essieux. Dans les trois cas, les pistons sont verticaux ou obliques, sur le châssis, et transmettent le mouvement aux essieux par des arbres de transmission longitudinaux et un rapport de réduction entre les arbres et les essieux permet d'augmenter le pouvoir de traction, au détriment bien sûr de la vitesse...

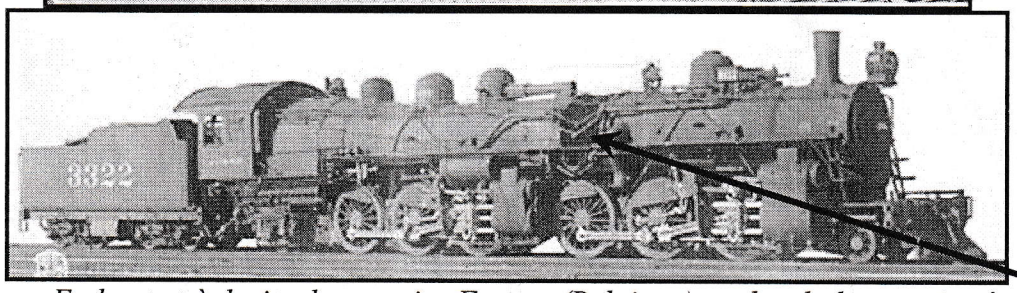


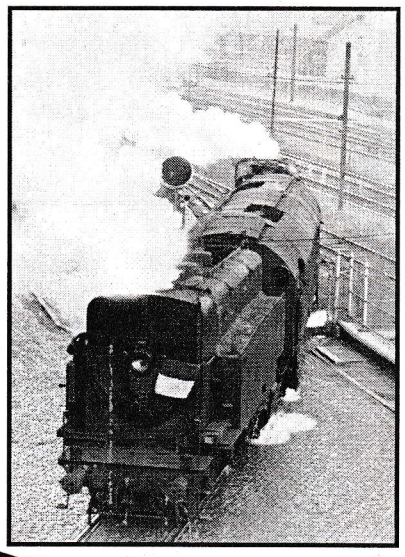




Gilbey

- et bien d'autres encore, souvent des variantes de ce qui précède ...





En haut et à droite, locomotive Franco (Belgique), en bas la locomotive à chaudière articulée (si, si !)

- *par type :* par exemple, les 030 "*Bourbonnais*" du PLM, à cylindres extérieurs et distribution intérieure, portent le nom de leur ligne initiale, les 121 "*Forquenot*" et "*Polonceau*" du PO portent le nom de leurs ingénieurs-concepteurs respectifs,

- *des surnoms locaux :* ces surnoms sont beaucoup moins officiels et sont donnés dans un dépôt seul ou une petite région, en général par les cheminots eux-mêmes ; une même machine peut alors avoir un surnom différent dans deux lieux différents : "*Biquette*", "*Chieuvre*", "*Baleine*", "*Bouteille d'encre*", "*Joconde*", "*Revolver*", "*Mammouth*", "*Metropolitan*", "*Courte-Queue*", "*Ventre-à-Terre*", "*Outrance*", "*Bicyclette*", "*Crapaud*", etc…

II. Quelques aspects techniques préliminaires :

1. Roues, masse et vitesse :

Une machine à vapeur se caractérise entre autres par sa puissance et sa masse. Pour tracter un train lourd, ou alors à une vitesse élevée, il faut de la puissance. Quand on sait que la puissance est égale à sa vitesse multipliée par l'effort qu'il développe, on comprend aisément que "vite" et "lourd" en même temps est difficile… Dans le cas de trains, on aura donc à tracter aussi bien de lourds trains de marchandises à vitesse modeste que des trains de voyageurs plutôt légers mais avec lesquels on souhaite atteindre des vitesses élevées. Donc deux problèmes différents à traiter, avec deux solutions différentes.

Le mythe de la locomotive vraiment universelle (capable de tracter les deux types de trains sans aucune modification, même pas un changement de rapport de réduction) n'a été réellement atteint qu'en 1988 avec la Sybic BB26000. A quelques années près le temps où elle perdait son utilité, de par la séparation des activités "voyageurs" et "fret" de la SNCF !

Sachant que :

- la vitesse d'une locomotive est limitée à environ 300 cycles de pistons par minute[1] (déséquilibres, rupture de pièces,...),
- une locomotive développera une effort plus important si elle a une masse adhérente importante,

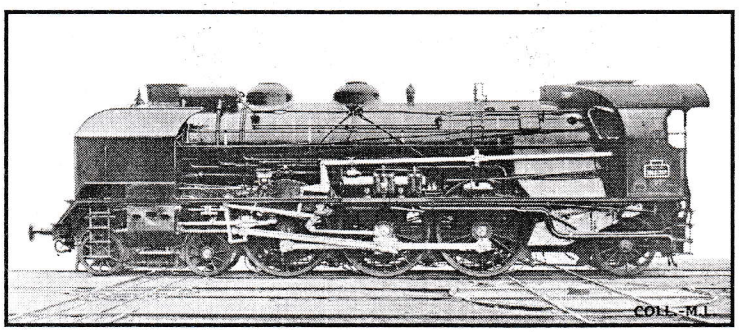
---

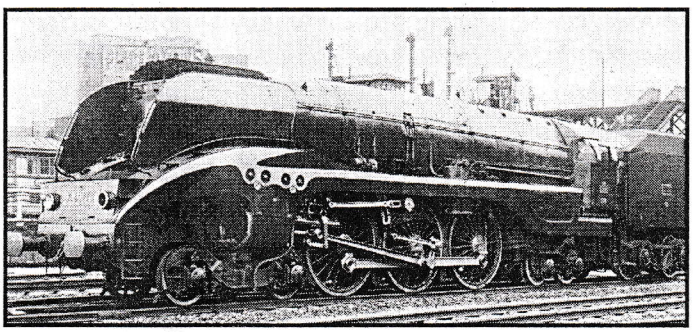
[1] masse adhérente = part de la masse de la machine qui s'appuie sur les roues motrices seules, donc la seule part qui participe activement à la traction du train par adhérence à la voie. La masse adhérente est égale à la masse de la locomotive moins la masse qui s'appuie sur les essieux porteurs.

- la masse par essieu est limitée sur les lignes (16 à 18 tonnes par essieu en France au temps de la vapeur, 20 à 22 t actuellement sur les lignes "lourdes"),

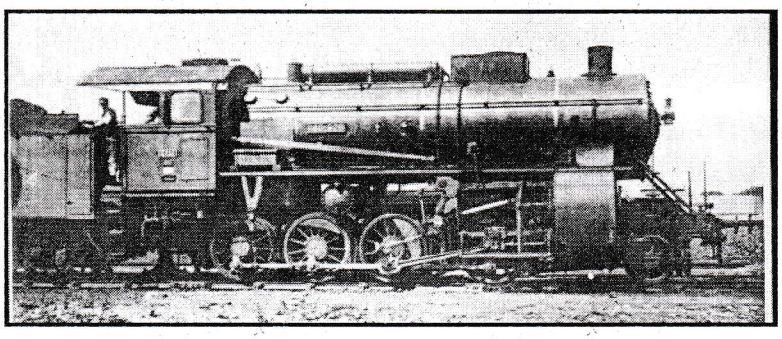
on comprend alors que la conception d'une locomotive efficace pour un service donné dépendra d'une recherche de compromis pas forcément aisée à atteindre…

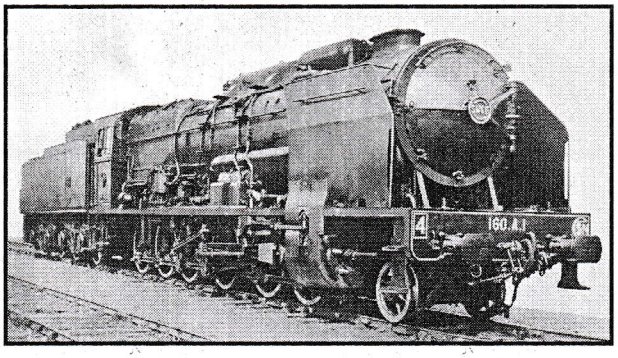
Une locomotive de voyageur rapide devra avoir de grandes roues pour se tenir dans la limite des 300 tr/min des roues motrices. De tels grands essieux moteurs ne peuvent pas être nombreux, car la machine atteindrait vite une grande longueur et sa rigidité la ferait dérailler à la première courbe. Mais le train étant généralement léger, la masse adhérente n'est pas forcément un gros problème. Le bon guidage de la machine en vitesse est assuré par un bissel, ou mieux un bogie à l'avant. Le complément de stabilité pour répartir le poids total de la machine est assuré par l'adjonction d'un autre bissel ou bogie porteur à l'arrière, sous le foyer et la cabine.





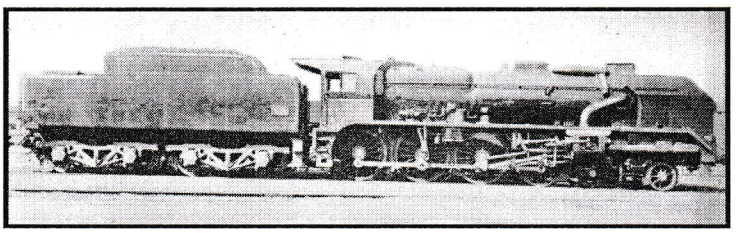
Inversement, un train de marchandises doit pouvoir tracter lourd. On privilégiera la masse adhérente. Il faut donc augmenter le nombre d'essieux moteurs. Ils devront avoir un petit diamètre pour que l'ensemble rigide ne soit pas trop long. En parallèle, pour exploiter au mieux la masse de la machine, on limitera le nombre d'essieux porteurs : au maximum un bissel à l'avant pour mieux guider les machines les plus rapides. La vitesse maxi se trouve réduite de par le faible diamètre des essieux moteurs, mais l'effort de traction est maximal grâce à leur nombre.





Entre ces deux types de machines ont été développés des machines dites "mixtes", censées être capables d'assurer les deux types de trains indifféremment. En réalité, elles ne sont "qu'un" compromis entre les deux, capables de tracter des trains relativement lourds à des vitesses intéressantes. Plus lourds que les rames voyageurs les plus rapides et plus vite que les trains de marchandises, mais pas aussi vite que les plus rapides ni aussi lourd que les plus lourds…

Pour mémoire, le nombre maximal d'essieux moteurs embiellés a été de 5 régulièrement, 6 sur quelques prototypes (en France) et toutes petites séries (à l'étranger). Une seule machine russe est connue à 7 essieux moteur, mais elle est supposée n'avoir que très peu roulé, et jamais en service commercial.

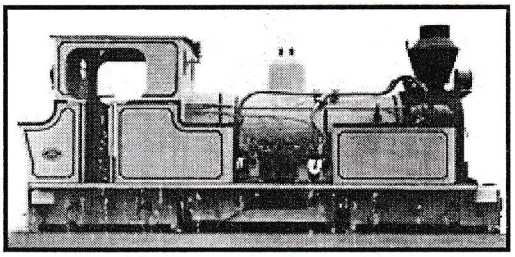


Gilbey

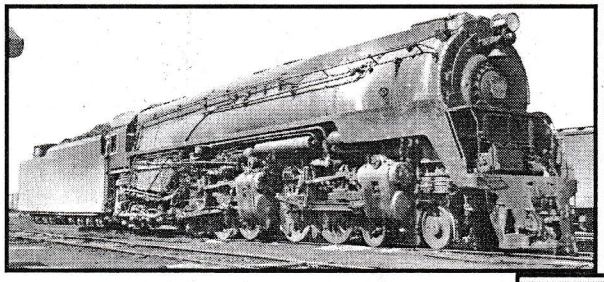
A titre indicatif, les locomotives françaises peuvent quasiment être classées, et donc se reconnaître, à partir du diamètre de leurs roues motrices :

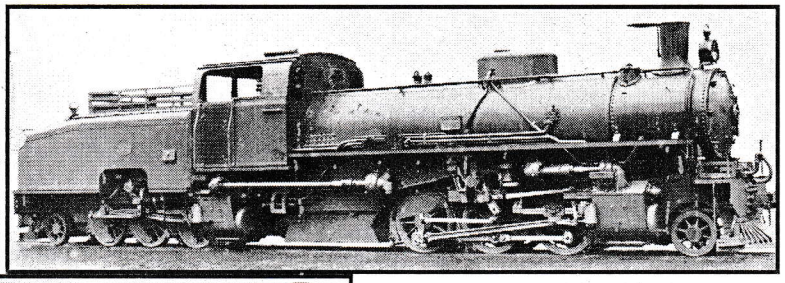
- locomotives de vitesse (voyageurs) :1m80 à 2m ; rarement plus de 2m, uniquement dans les premières générations
- locomotives mixtes : 1m40 à 1m70
- locomotives marchandises : 1m20 à 1m50
- locomotives de manœuvres : 1m à 1m30

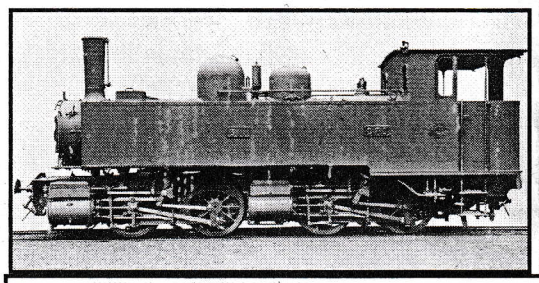
Ces valeurs sont bien sûr à prendre comme purement indicatives, ne serait-ce que par le déclassement de machines anciennes par exemple. Les fourchettes de diamètres étaient plus larges dans les temps les plus anciens, quand la technique en était encore à ses premiers développements...

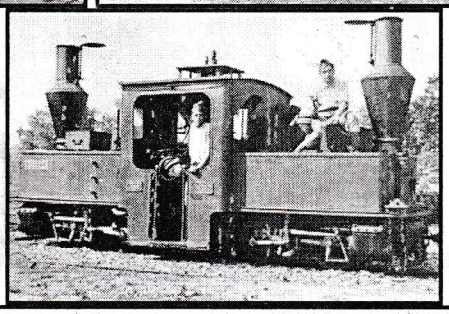


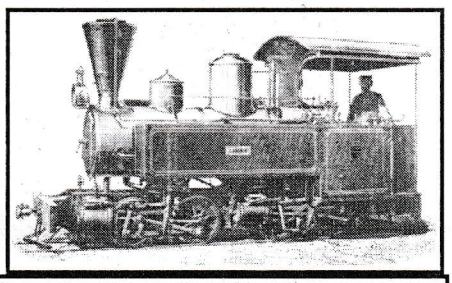
Parmi les solutions à même de permettre d'augmenter fortement le nombre d'essieux moteurs sans affecter l'inscription en courbe, la notion de machines articulées. Complexes à fabriquer et entretenir, pas toujours très fiables, elles furent peu développées en France, limitées à des prototypes et quelques petites séries.

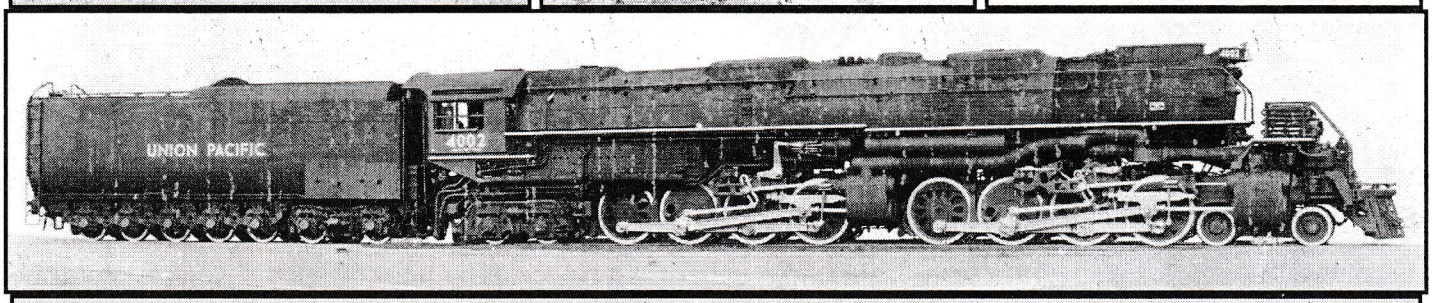


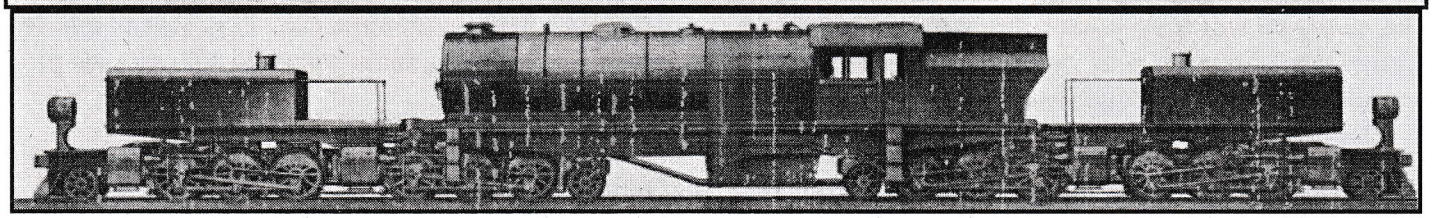












2. Tender ou pas tender ?

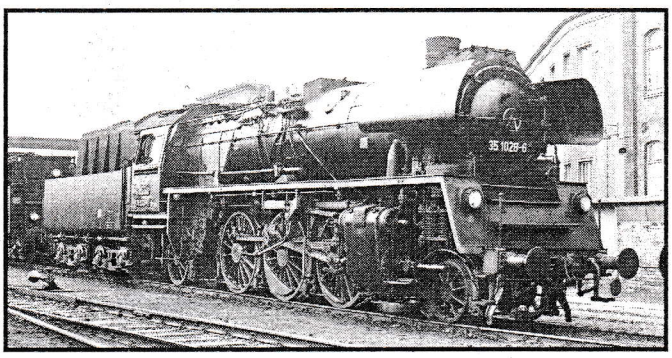
La locomotive "normale" est équipée d'un tender chargé de transporter ses approvisionnements en eau et combustible (charbon, plus rarement fioul). Placé derrière la locomotive, il représente une "charge morte" dans les deux acceptations du terme :

- c'est une charge supplémentaire à tracter ; elle fait partie de la masse de la locomotive, mais ne participe pas à l'effort moteur,
- cette charge, contrairement aux voitures et wagons, ne rapporte aucune valeur commerciale.

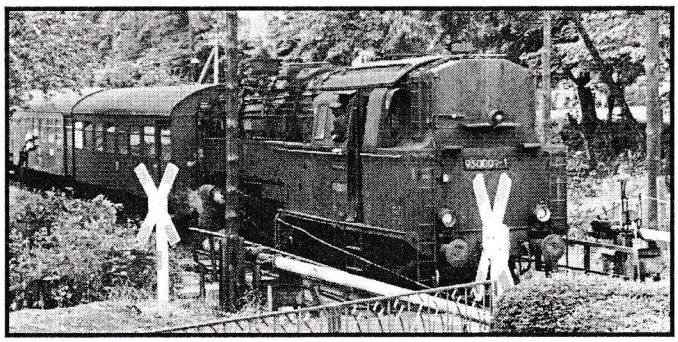
Pour remédier à ce problème ont été inventées les locomotives-tenders (c'est-à-dire que le tender est intégré complètement à la locomotive), avec des avantages et des inconvénients qui les ont cantonnés généralement à des utilisations bien spécifiques.

	Avantages	Inconvénients
Locomotives à tender séparé	- autonomie supérieure - poids adhérent constant	- poids mort important - le retournement de la machine nécessite un pont tournant ou un triangle de voie
Locomotives-tenders	- moins de poids mort - machine généralement symétrique, et en tout cas réversible sans installation de pont tournant	- autonomie limitée - poids adhérent diminuant au fur et à mesure de l'épuisement des approvisionnements

Le bilan de ces caractéristiques fait que les machines à tender séparé ont conservé une suprématie absolue sur les lignes principales, là où on leur demande autonomie pour couvrir de longues distances et performance constante de bout en bout. Pas question de "planter" un train de marchandise de 1500 t sous prétexte que la machine est devenue trop légère et se met à patiner ! L'inconvénient du retournement en bout de ligne, après un voyage de plusieurs heures, a un impact technique et financier limité.

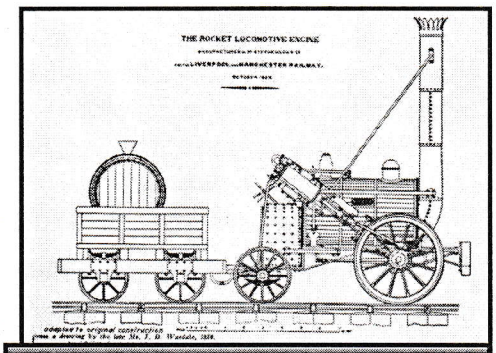


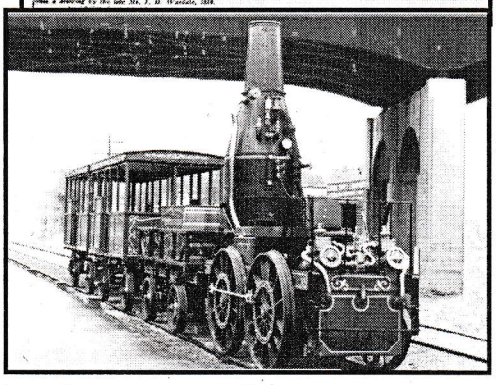
Inversement, les locomotives-tenders ont trouvé leur parfaite justification sur les parcours de faible longueur, que ce soit sur lignes secondaires ou de banlieue. Les trajets sont courts et ne nécessite pas une grosse autonomie : on fait le plein d'eau au terminus et on repart dans l'autre sens. Sur ces lignes, les trains sont plus courts et légers, l'adhérence variable n'est pas un handicap. Enfin, la réversibilité de la machine évite de longues manœuvres de retournement à chaque terminus, améliorant la rotation des machines et limitant ainsi le coût d'exploitation.



III. Historique et évolution des dispositions des roues des locomotives à vapeur :

1. Les origines – 1804 aux années 1830 :

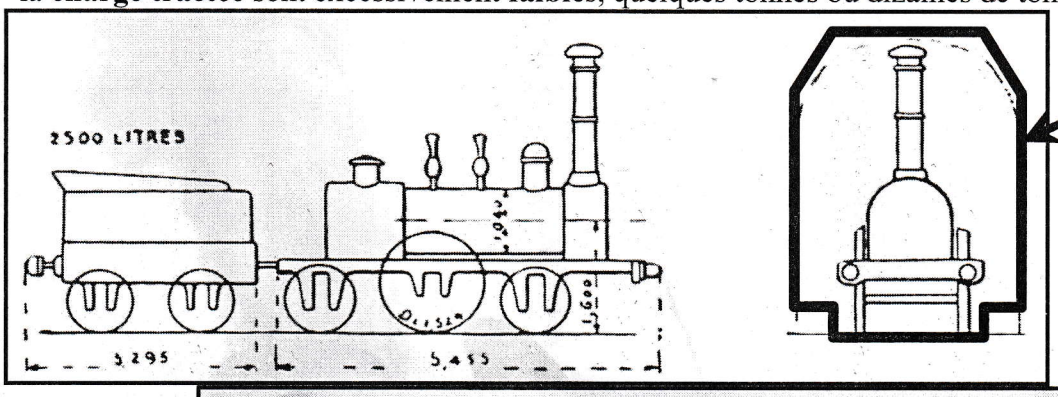




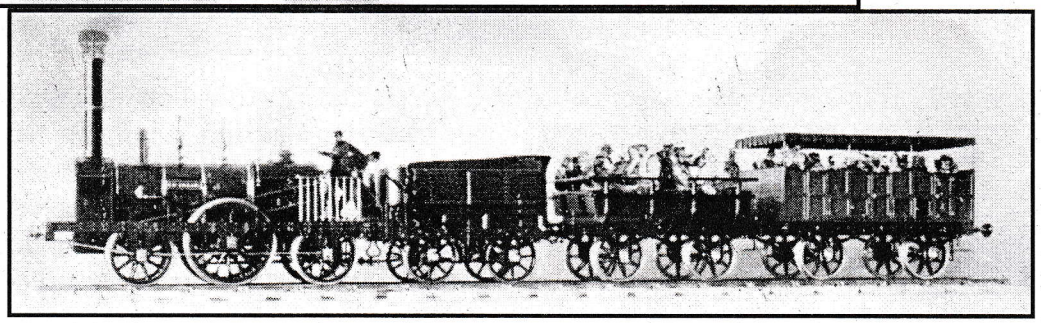
Au début du XIXe siècle, la **configuration minimale** est adoptée, à savoir une chaudière sur deux essieux, dont un est moteur. Ce sont des locos chargées de **valider le concept d'engins à traction autonome sur rail**, de configuration 110 ou 011 (on n'a pas connu de 010, qui aurait pourtant été encore plus simple !).

On ne sait pas encore fabriquer de grosses chaudière résistant à la pression, ces locomotives sont donc **petites**, **légères**, et par conséquent **peu puissantes**. Elles disposent d'une haute cheminée chargée d'améliorer le tirage. C'est cette cheminée qui a en bonne partie déterminé le gabarit actuel des chemins de fer. L'écartement des voies de 1435 mm provient, lui, des habitudes des charrons qui fabriquaient des charrettes à essieux standards, dont l'écartement des roues correspondant aux ornières dans les routes pavées, elles-mêmes remontant à l'époque du Moyen-Âge et même de l'empire romain…

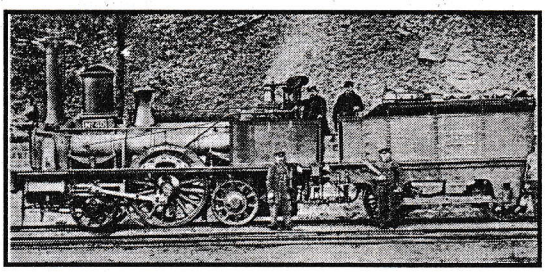
Cependant, on s'en doute, la **vitesse commerciale** ainsi que la **charge tractée** sont excessivement **faibles**, quelques tonnes ou dizaines de tonnes maximum.



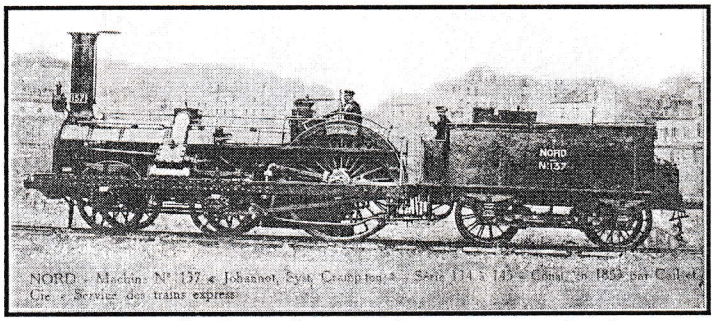
gabarit normalisé de chemins de fer



2. Les premiers services commerciaux – Années 1840-1850 :



Si l'on veut tracter un train digne de ce nom, on est vite obligé d'**allonger les chaudières**, afin qu'elles puissent fournir la vapeur nécessaire. Cet allongement nécessite la mise en place d'un **essieu porteur supplémentaire** donnant pour les voyageurs des 111 et 210 à grandes roues motrices, cette dernière catégorie illustrée par les célèbres Crampton. A cette époque, on ne multiplie pas encore les essieux moteurs, à cause du manque de rigidité des châssis et de la perte de puissance générées, dues aux bielles. Déjà que les machines ne sont pas puissantes... Pour les trains de marchandises seulement, on accouple deux essieux moteurs de plus petit diamètre, dans la configuration 120, permettant ainsi une masse adhérente plus grande et donc un effort de traction supérieur. Cependant, la vitesse des trains est moins élevée…



NORD - Machine N° 137 « Johannot, Syst. Crampton » - Série 114 à 145 - Construite en 1855 par Cail et Cie - Service des trains express

Les trains sont donc limités à de faibles vitesses commerciales, de 25 à 40 km/h, à moins de tracter un train extrêmement léger avec de très grandes roues motrices, auquel cas on peut atteindre 80 à 100 km/h en pointe avec quelques voitures seulement.

Les locomotives n'ont pas, ou que très peu d'abri de conduite, au maximum une simple façade verticale "*destinée à protéger les appareils de conduite*", et ceci afin "*que les conducteurs ne s'endorment pas dans un confort trop important*" !

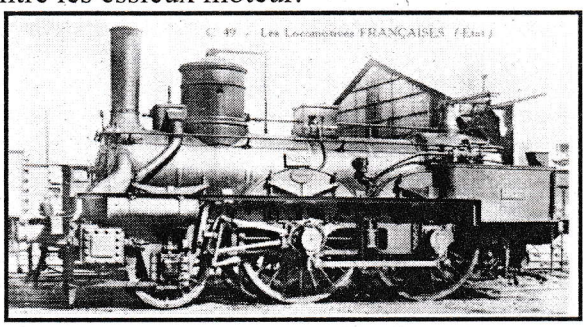
3. Premières recherches de vitesse - Années 1860-1880 :

Avec l'extension de plus en plus rapide du réseau à partir du milieu des années 1850 apparaissent rapidement des **besoins spécifiques** pour les deux principaux types de trains mis en route, les **voyageurs** d'un côté et les **marchandises** de l'autre. Apparaît également la notion de locomotives mixtes, chargées de tirer les deux types de trains, marchandises ou voyageurs (parfois les deux dans le même train !), en général sur des lignes à trafic modéré, sur lesquelles on cherche à limiter les dépenses et donc la quantité de matériel moteur.

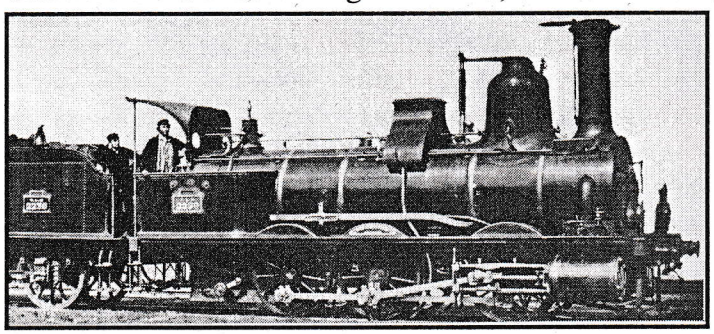
Dans tous les cas, le problème est de tracter des **trains de plus en plus longs et donc lourds**. Les voitures sont plus nombreuses dans un train. On va différencier de plus en plus les locomotives selon le service à assurer, privilégiant la **vitesse pour les voyageurs** et la **masse tractée pour les marchandises**. C'est donc dès cette période que vont se développer en parallèle **trois types distincts de locomotives**, mais profitant des mêmes progrès aux mêmes époques.

L'augmentation de la masse et de la vitesse des trains demande une **production de vapeur accrue**, donc une **plus grosse chaudière** contenant plus d'eau, un plus grand foyer pour chauffer plus fort, et une plus grande pression donc une résistance accrue de la chaudière faite de tôles plus épaisses et lourdes.

Toute cette combinaison de **masses supplémentaires** impose une **augmentation du nombre d'essieux** afin de **répartir la charge** et conserver une **bonne stabilité** de l'ensemble. D'un côté, l'augmentation de masse est plutôt favorable à une **meilleure adhérence** de la locomotive sur la voie, mais d'autre part les essieux supplémentaires doivent être moteur pour **transmettre toute cette puissance sur le rail sans patiner**. On met donc en place des bielles de liaison entre les essieux moteur.

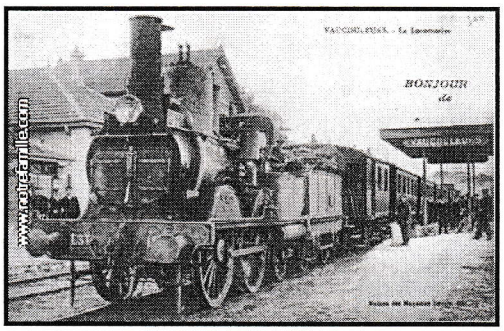


D'un côté, les **locomotives voyageurs** doivent **privilégier la vitesse** à la masse tractée. On les chausse de roues de grand diamètre (de 1650 à 2100 mm). Mais des roues aussi grandes, à grande vitesse (dès 40 à 50 km/h en fait), ont tendance à "mordre" le rail en courbe et à dérailler. On équipe alors la locomotive d'un essieu avant, appelé **bissel**. C'est le début du règne des 120, très usitées à l'époque.



D'un autre côté, pour les **trains de marchandises**, on préfère consacrer **toute la masse de la machine à l'adhérence**, privilégiant un troisième essieu moteur à la présence d'un bissel. De plus, afin d'augmenter le couple moteur, les roues seront plutôt de petit diamètre (1200 à 1500 mm). L'absence de bissel combinée avec de petites roues se fera bien évidemment au détriment de la vitesse. C'est l'époque très glorieuse des 030 "Bourbonnais" (plus de 1055 exemplaires au PLM dont certaines roulèrent plus de 90 ans) et autres 030 "Mammouth" aux cylindres et à la distribution intérieure.

Gotbey



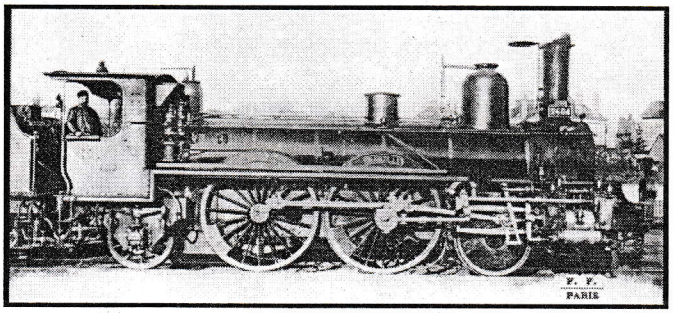
Entre les deux, les premières locomotives mixtes apparaissent, en général de configuration 021, avec des roues motrices accouplées de 1400 à 1700 mm de diamètre environ.

Remarque : On verra par la suite que ces trois paramètres, **volume de chaudière**, **pression de fonctionnement**, **adhérence**, généreront au cours des 100 ans à venir une sorte de "course à l'armement" :

Plus le train est lourd, plus on veut le faire aller vite, plus la chaudière doit grossir et donc la locomotive s'alourdir, plus on devra lui ajouter des essieux.

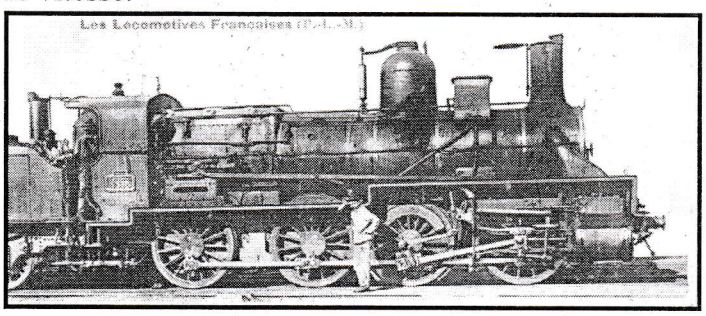
4. Extension et succès des chemins de fer – Années 1880-1890 :

En cette fin de XIX^{e}siècle, le succès des chemins de fer grandissant, on se soucie surtout de transporter **plus de voyageurs** (trains plus longs) dans des **wagons plus confortables** (wagons plus lourds). Il est donc nécessaire de disposer de plus de puissance, en **allongeant** encore **les chaudières**. L'adhérence étant pour l'instant suffisante, on se contente dans un premier temps d'ajouter un bissel arrière supportant le complément de masse, les 120 deviennent des 121. D'ailleurs, plusieurs compagnies se contentent d'allonger et modifier des 120 existantes !



Pourquoi ne pas accoupler directement un 3e essieu moteur ? Tout simplement car on ne sait pas encore fabriquer des châssis suffisamment rigides pour encaisser les efforts saccadés et alternés (gauche/droite) générés par trois essieux moteur à grande vitesse.

Pendant ce temps, bien que les 030 de marchandises donnent entière satisfaction, de nouvelles locomotives de marchandises sont fabriquées sur le type 040, qui connaîtra un succès plus mitigé en France qu'en Allemagne par exemple.



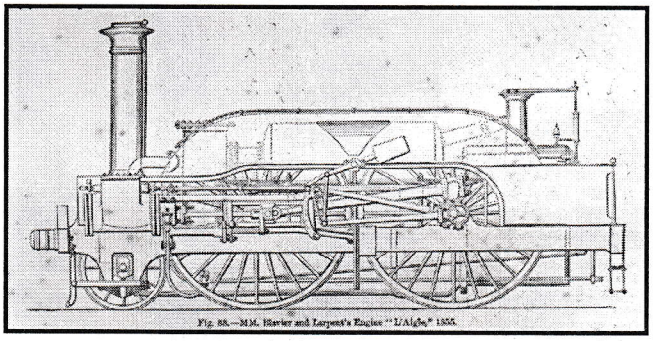


Fig. 88.—MM. Harter and Lorgnet's Engine "L'Aigle," 1855.

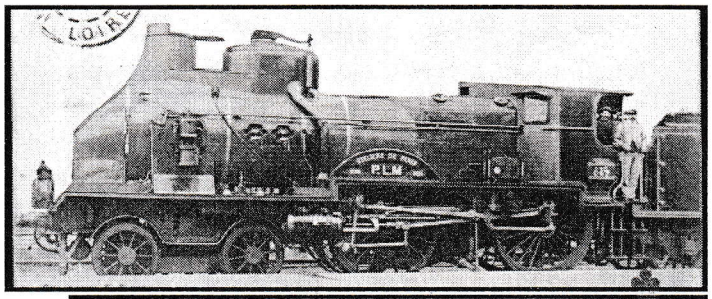
Cependant, le **principe des pistons à mouvement alternatif** tel qu'on le connaît à pour gros inconvénient qu'on ne peut **pas augmenter** indéfiniment le **nombre de coups par minute**, sous peine **d'échauffement abusif** et de **rupture de pièces** (maximum : environ 200-250 cycles de pistons par minute). Durant cette période, des essais d'augmentation de vitesse sont donc effectués en augmentant le diamètre des roues. On atteint même des proportions gigantesques, avec un prototype tel que l'"Aigle" (compagnie de l'Ouest) dont le diamètre des roues motrices atteint 2m85 (!), les plus grandes jamais mises en circulation (un autre prototype avec des roues de 3m a été étudié mais n'a jamais roulé).

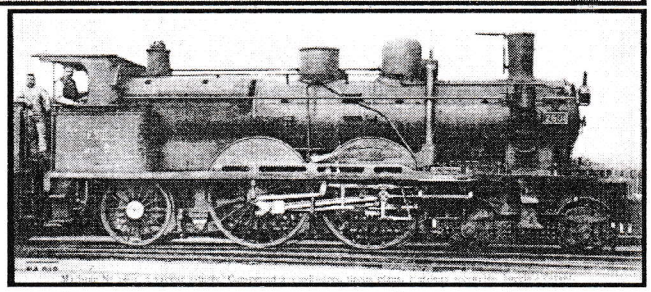
Le problème est alors celui de la chaudière, qui doit tenir entre les roues, elle ne peut plus déborder au-dessus. De plus, elle ne peut être surélevée, un centre de gravité en hauteur de l'ensemble mettant à mal la stabilité. Malgré un double corps (plutôt complexe), le volume de la chaudière est trop faible et la production de vapeur insuffisante. La locomotive atteint 120 km/h, mais sur quelques km seulement.

Cathey

5. Vers plus de confort – Années 1890-1900 :

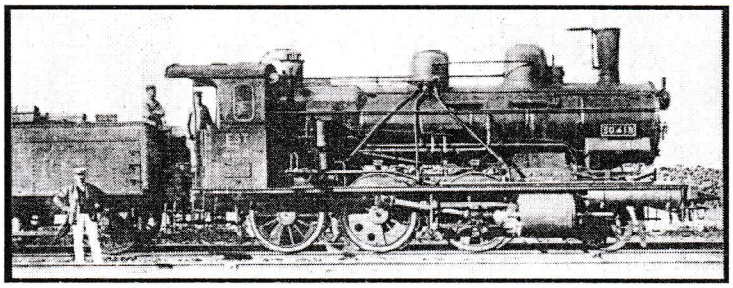
Il faudra attendre le début du XXe siècle et **l'amélioration de la qualité** des frottements des matériaux et de la lubrification pour accélérer les pistons jusqu'à une **vitesse maximale d'environ 300 coups/min**. L'accélération induite pose en premier lieu des problèmes de stabilité que ne peut plus résoudre un bissel seul. On le remplace par **un bogie à deux essieux**. Les 120 et 121 sont progressivement chassées par des 220 et 221.



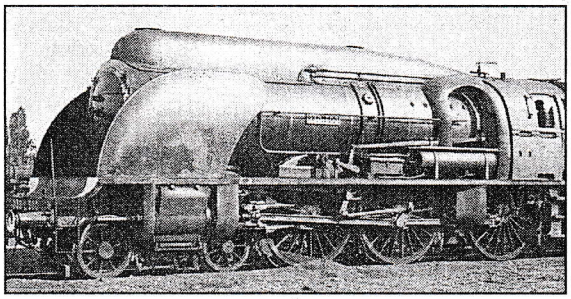


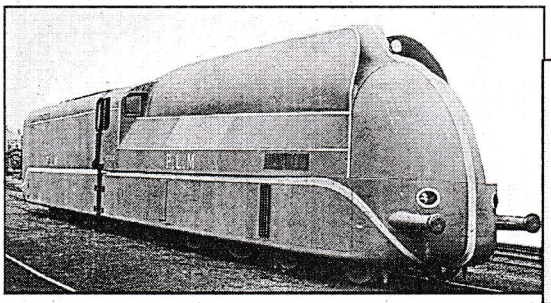
En parallèle apparaissent les voitures à bogies à structure bois qui apportent toujours plus de confort tout en acceptant ces vitesses plus grandes, mais encore au détriment du poids des trains qui augmente toujours…

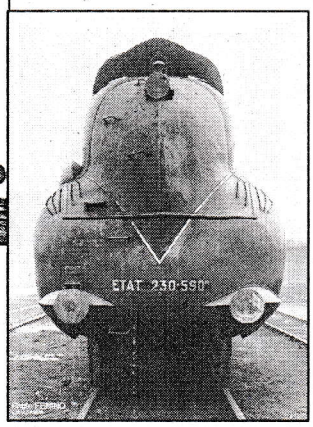
Les machines marchandises continuent de progresser, et une augmentation sensible des vitesses de ces trains leur fait également adopter le bissel avant pour améliorer le guidage des locomotives. La configuration 130 commence à supplanter les anciennes 030.

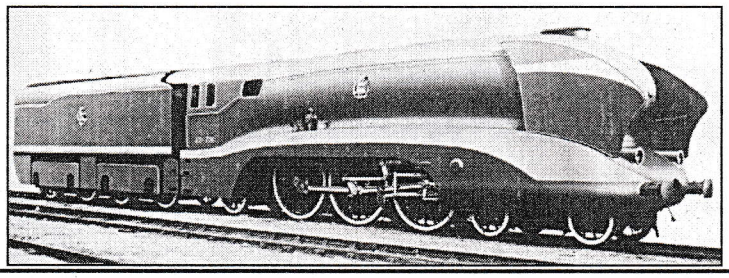


Note sur les carénages : Les vitesses de plus en plus grandes débouchent sur des premières recherches d'aérodynamiques. D'abord sous la forme d'étraves coupe-vent, puis progressivement de carénages intégraux. Mais à part sur les dernières machines produites (beaucoup plus tard, après 1940), avec carénages pensés dès la conception, il s'agit en général de carénages superposés à la machine, lourds, rendant la mécanique peu accessibles mal refroidie, et à l'esthétique souvent douteuse… Les carénages intégraux resteront généralement limités à des applications ponctuelles, rarement en série. De façon générale, ces machines ont tendance à être de plus en plus "déjupées" au fur et à mesure de leur carrière...

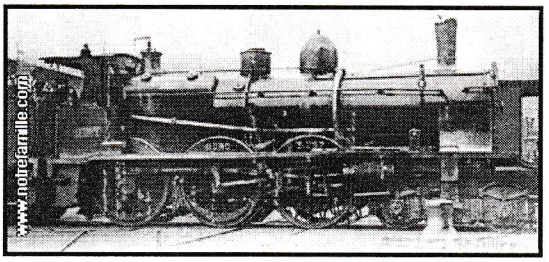






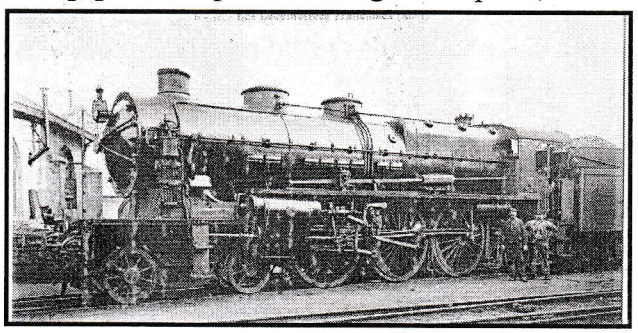


6. Vers plus de sécurité – Années 1900-1910 :

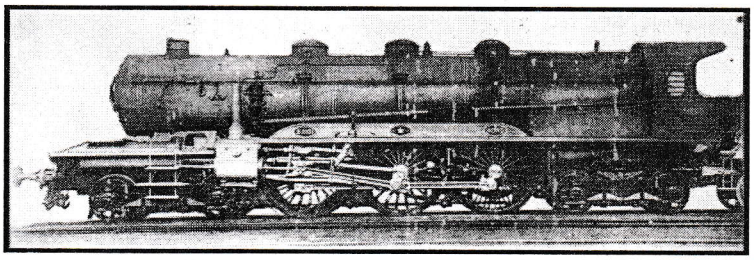


On continue à **améliorer le confort et la sécurité** des voyageurs en **métallisant les caisses** en bois afin de mieux résister aux chocs. Tout cela nécessite un nouvel accroissement de la taille de la chaudière pour plus de vapeur, et une pression plus forte pour plus de puissance, donc des tôles encore plus épaisses. Le châssis doit évidemment recevoir un **nouvel essieu pour supporter la charge**, et qui plus est **moteur** pour transmettre le complément de puissance. Les locomotives deviennent alors des 230.

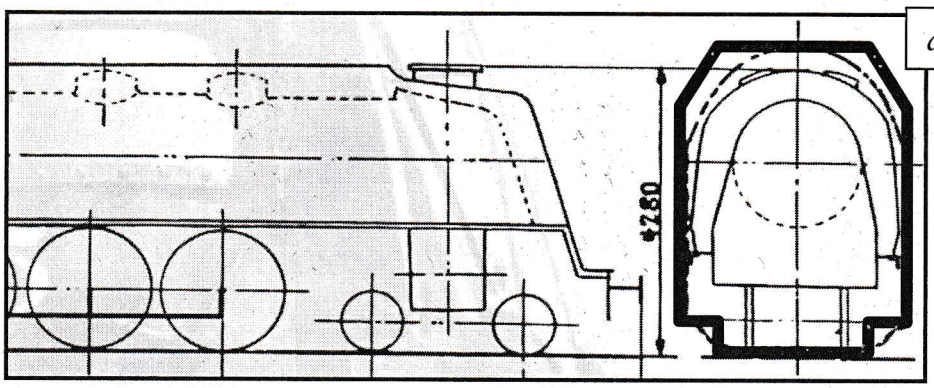
Cependant, ces machines atteignent une limite : leur foyer, placé entre les deuxième et troisième essieux moteur, fournit juste assez de chaleur à la chaudière. Si l'on veut **augmenter la taille de ce foyer**, coincé entre les roues**, on ne peut que l'allonger**. Il est alors **trop profond** pour le charger à la pelle, et les deux **essieux** doivent être **abusivement écartés**. On doit alors les relier par de longues bielles sensibles au flambage, et **l'empattement rigide devient trop long** pour les passages d'aiguilles. La solution est alors de **reporter ce foyer en porte-à-faux** derrière le dernier essieu moteur, l'élargir au-dessus des rails, et bien évidemment **faire supporter sa masse par un bissel** de petit diamètre. Les 230 sont alors vite supplantées par les très réputées "Pacific", de configuration 231.



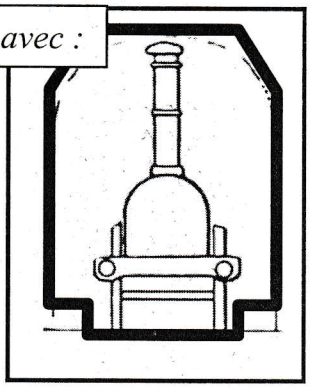
Des essais de configuration 232 ne déboucheront pas sur de productions en série, mais laisseront des prototypes particulièrement élégants et qui eurent du succès auprès du public à cette époque.



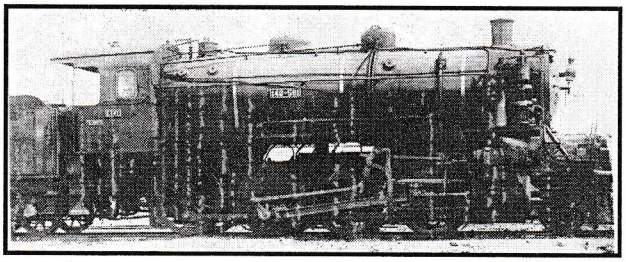
Le développement de générations de locomotives plus rapides tendra vers un **diamètre de roues qui se stabilisera définitivement autour de 1950 à 2000 mm**. Ce diamètre maximal laisse au-dessus des roues **suffisamment de place pour placer des chaudières de plus en plus grosses**, tout en restant dans le gabarit déjà vieux d'une soixantaine d'années. La cheminée en pâtit évidemment, disparaît presque, le besoin de tirage est compensé par l'amélioration des **systèmes d'échappement dans la boîte à fumée**.



à comparer avec :



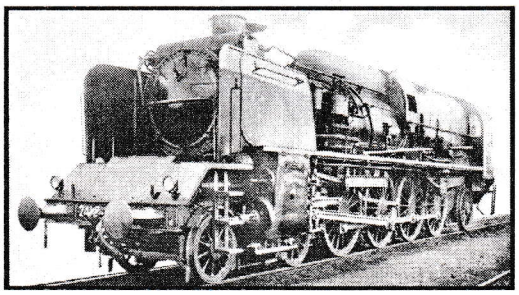
Durant cette même période, le **besoin d'accélérer les trains de marchandises** se fait ressentir, d'une part pour satisfaire la clientèle, mais aussi pour faciliter l'exploitation des lignes, qui devient difficile lorsque les trains les parcourant ont des vitesses trop différentes. Les wagons également se métallisent et donc s'alourdissent. Les locomotives de type 130 deviennent très vite insuffisantes, on ajoute un 4e essieu moteur accouplé et donc l'apparition des 140.

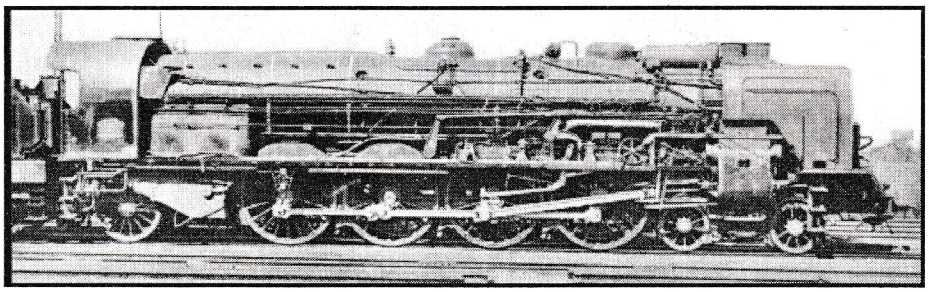


Gilbey

7. La démocratisation complète des chemins de fer – Années 1920-1930 :

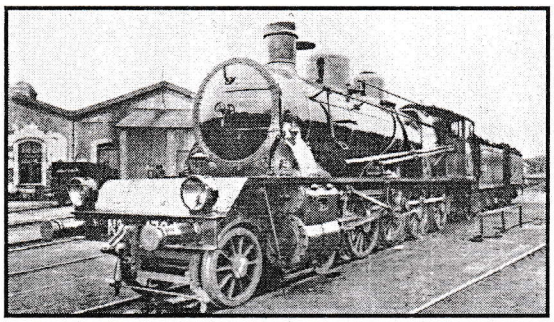
Mais on se doute bien que tout n'est pas terminé. Les **vitesses** atteignent maintenant régulièrement **120 km/h** sur de grands parcours, et avec l'utilisation de plus en plus démocratisée des trains, on construit maintenant des **voitures entièrement métalliques** (notamment la grande famille des OCEM, issue d'un concept et d'études communs aux principales compagnies). Il faut **encore allonger les chaudières et les foyers** afin de produire la vapeur suffisante à l'alimentation de ces cylindres de plus en plus gros, eux-mêmes nécessaires à la traction de trains toujours plus lourds. Les 231 sont complétées par les élégantes et impressionnantes "Mountains" 241, qui représenteront la configuration maximale d'essieux fabriquée en série en France.

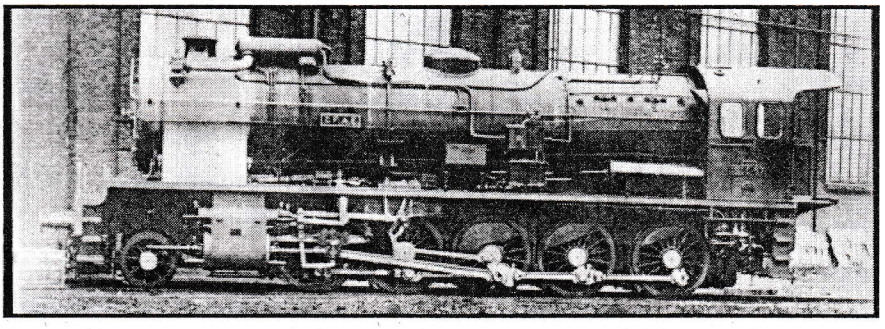




On ne peut en effet guère imaginer de plus grandes roues (pour la vitesse) qui, on l'a déjà vu, affecteraient directement le diamètre de la chaudière, ni de plus nombreux essieux (pour la puissance et l'adhérence) qui allongeraient l'empattement rigide et pénaliserait irrémédiablement les passages en courbes..

Pendant ce temps, la crise industrielle stabilise la masse des trains de marchandises, qui se contentent de leurs maintenant habituelles 140, voir 240 ou 150 à petites roues (∅1350 à 1450 mm).

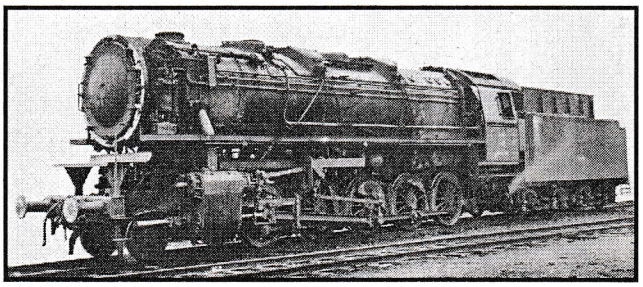




8. La guerre – Années 1940 :

On s'en doute, la guerre n'est guère propice à des recherches et développements qui ne sont pas directement liés à l'armement. Les quelques études liées aux chemins de fer avancent au ralenti. **Les trains de voyageurs**, moins nombreux à cause de la pénurie d'énergie, n'accélèrent pas mais **s'alourdissent**. Comme on ne peut pas créer de nouvelles locomotives, on se contente **d'améliorer le rendement de celles existantes**, en les équipant de divers accessoires tels que surchauffeurs, réchauffeurs, ...

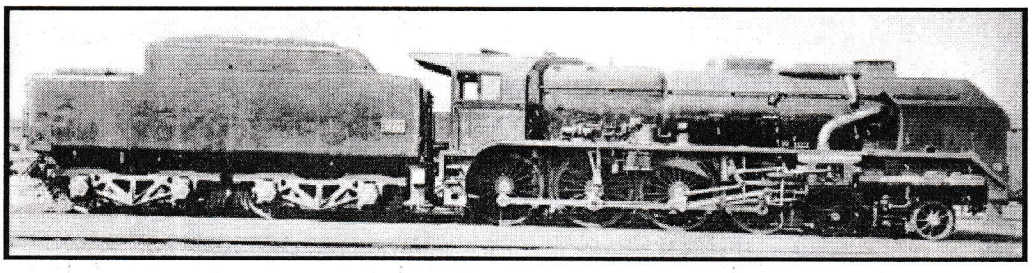
En parallèle, l'occupant allemand nous fait construire des **locomotives marchandises encore plus puissantes**, car il faut transporter de plus en plus de matières (armée, ravitaillement) avec le moins de trains possible. Le diamètre modeste des roues des locos marchandises permet l'ajout d'un essieu complémentaire sans dépasser le seuil critique de l'empattement rigide, et on fabrique des 150 très efficaces (les célèbres 150X), couramment utilisées en Allemagne depuis plusieurs années déjà. Le bissel arrière n'est pas nécessaire, le foyer débordant au-dessus des essieux moteur de faible diamètre.



Gilbey

D'ailleurs, après le conflit, on récupérera un bon nombre de machines de ce type au titre des dommages de guerre, réimmatriculées dans les séries 150X, Y et Z, au total 314 locomotives.

Des machines mixtes de type 240, à la fois rapides et puissants, sont développées pour tenter de mieux faire face aux besoins de transports massifs dans le cadre de la reconstruction d'après-guerre.



9. La reconstruction – Années 1950 :

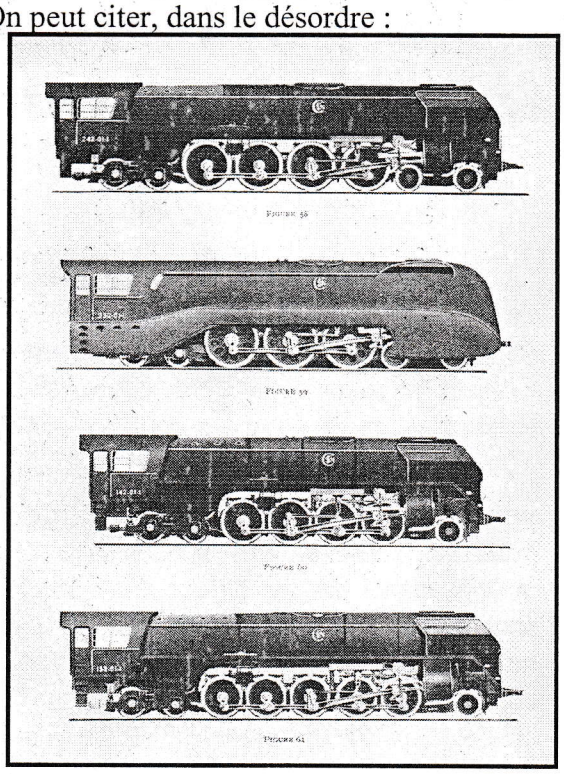
La fin de la guerre, avec la reconstruction, relance l'économie, mais la **fin de la vapeur** est déjà annoncée.

Cela n'empêche pas la France de s'équiper d'ultimes séries de **locomotives performantes et fiables**, mais issues de l'**importation** ou de **simples évolutions** de machines existantes. On peut citer les cinq principales séries concernées, avec les quantités fabriquées :

- 1340 141R d'usage mixte, simple expansion, très rustiques mais efficaces et fiables, importées des Etats-Unis,
- 318 141P également mixtes, à double expansion, très performantes et économes en ligne, dérivées des Mikado PLM (141A à F),
- 115 150P de marchandises issues des 150E du Nord,
- 35 241P de vitesse, très puissantes, issues des Mountains PLM (241A à D),
- 25 240P de vitesse issues de la transformation de 231-4500 du PO.

Cela n'empêche pas de continuer les **recherches** et la **création de prototypes**, avec toujours plus d'essieux pour supporter des chaudières de plus en plus grosses. On peut citer, dans le désordre :

- 232R, S, U et 242A de vitesse,
- 160A de marchandises,
- des projets de 230, 232, 242, 142, 152 unifiées pour les différents usages,
- quelques recherches et prototypes intéressants autour des machines à turbines et moteurs à vapeur indépendants permettant de s'affranchir des traditionnels pistons battant à 300 coups/min maxi. On citera :
  - la 232P à 6 petits moteurs à vapeur à 3 cylindres tournant à 1000 tr/min et liés aux essieux par des réducteurs. Vitesse : 148 km/h
  - la 232Q à trois turbines à vapeur tournant à grande vitesse (10000 tr/min) et réducteurs. Vitesse : 140 km/h



Toutes ces recherches promettaient encore de belles évolutions, mais on connaît la suite ...

Guthey

IV. A l'étranger :

Il est bien sûr hors de question de traiter ici de l'évolution parallèle effectuée dans chaque pays. On peut cependant faire remarquer que les conditions géo-économiques de chaque pays ont fait apparaître des variantes intéressantes qui justifient l'existence de certaines dispositions d'essieux peu ou pas usitées sous nos latitudes.

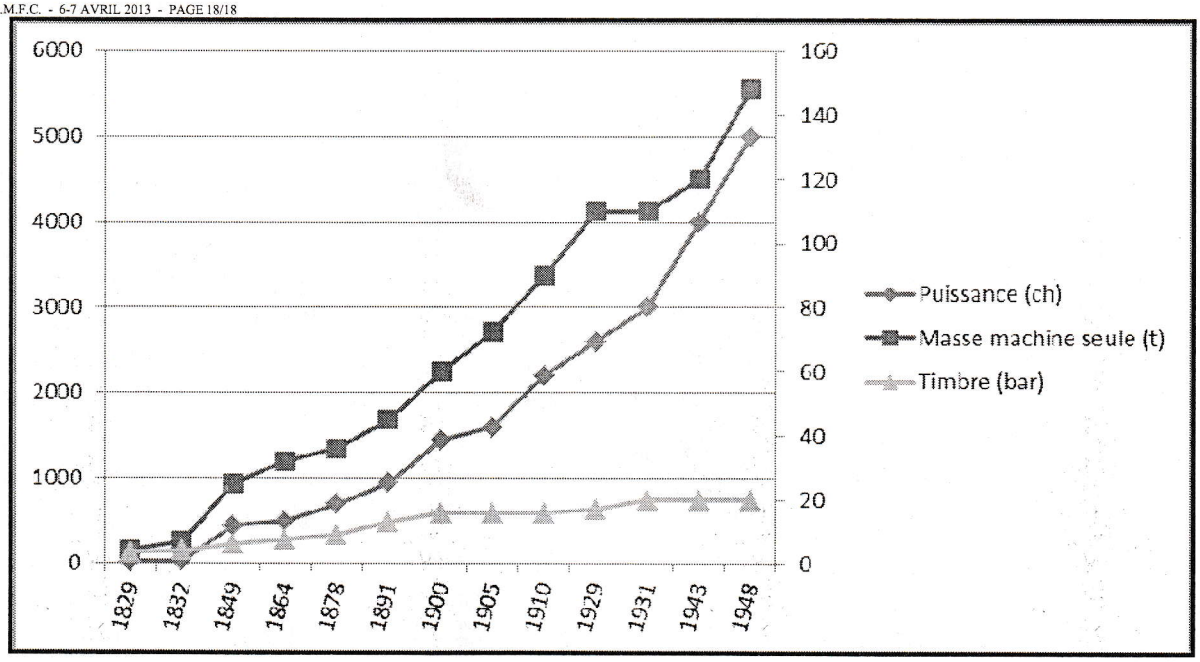
Tout d'abord, les **Etats-Unis**, où les grandes distances à parcourir dans un pays très prospère génèrent un trafic monstrueux avec des trains de plusieurs milliers de tonnes parfois longs de plus de 2 km. Il n'y a pas de problème de gabarit, les ponts et tunnels étant quasi-inexistants. On y multiplie alors les pistons et les essieux moteur, on construit des chaudières énormes pour les alimenter. Pour résoudre les problèmes d'inscription en courbes, on doit rapidement répartir ces essieux moteurs sur deux châssis articulés. Le symbole type de ces locomotives est représenté par les "Big-Boy", monstres de configuration 2442 et les "Challenger" de type 2332. Ces dernières, d'une masse de 486 tonnes (TGV Sud-est = 385 t), longueur 37.16 m (voiture Corail = 26.40 m), un tender à 7 essieux chargeant 25.4 tonnes de charbon et 95 m^3 d'eau, sont construites à 105 exemplaires entre 1936 et 1944 ; elles tractent aussi bien des trains de voyageurs à 112 km/h que des trains de marchandises de 8000 t, grâce à leurs 6000 ch au crochet.

En **Océanie** et en **Afrique**, le principal problème est de tracter de lourds trains de minerai dans des contrées désertiques où l'eau manque. Les trains sont lourds et lents, il faudrait deux locomotives en double traction, mais c'est dispendieux en énergie et eau. On préfère alors se contenter d'une seule chaudière pour deux locomotives, en privilégiant le volume d'eau emporté. D'où la création des Beyer-Garratt, de configuration maximale 242+242 en Australie, éventuellement accompagnées d'un ou deux wagons citernes d'eau en appoint.

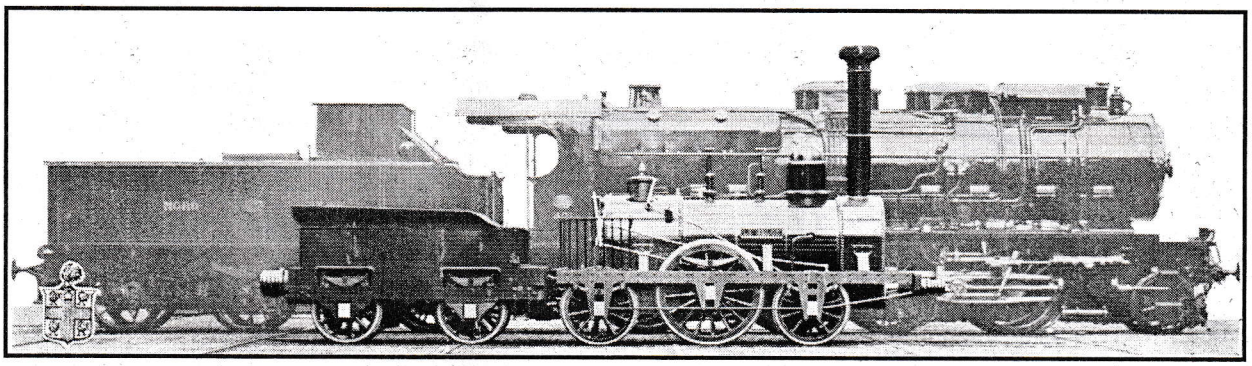
Enfin, pour l'anecdote, on citera en **URSS** une 271 à 7 essieux moteurs sur un seul châssis, qui en fait le plus long empattement rigide du monde. Ça devait crisser dans les aiguilles, et elle n'a surtout apparemment jamais pu assurer le moindre service digne de ce nom ...

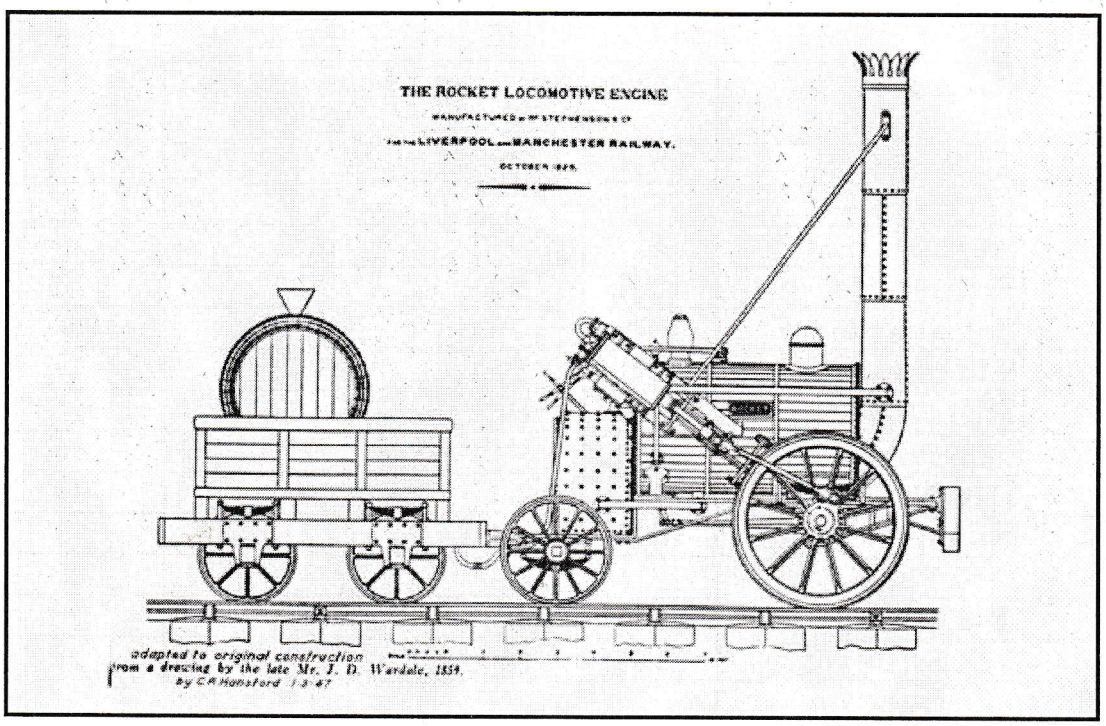
V. Petit résumé de l'évolution :

Type	Année	Puissance (ch)	Masse machine seule (t)	Timbre (bar)
011 Rocket	1829	25	4.25	3.5
110 Planet	1832	30	7	4
210 Crampton PLM	1849	450	25	6
120 Forquenot PO	1864	500	32	7.5
220 Outrance Nord	1878	700	36	9
220 PLM compound	1891	950	45	13
221A PLM	1900	1450	60	16
230B PLM	1905	1600	72.5	16
231C Nord	1910	2200	90	16
241A PLM	1929	2600	110	17
241C PLM	1931	3000	110	20
240P, 141P, 232R et S SNCF	1943	4000	120	20
242A SNCF	1948	5000	148	20



Résumé en une photo de l'évolution du gabarit des locomotives, 1840-1930 :





Cuivre de Pérou
Blanc de Antoine Rembrandt Rouge cadmium, Cinnabre Alizarin
Jaune de Naples. Hansa, Georgian
Vert olive + Terre d'ombre Rosamoy
de Sienne