



# ENTRE-VOIES

Novembre - Décembre 2006

N° 144

**Périodique d'information du R.C.F.E.B.** Editeur responsable : Philippe CAMUS, Neuville 43, 4987 Stoumont. – les articles publiés n'engagent que leurs auteurs, sauf mention, ils sont la propriété du C.F.E.B. asbl, ils peuvent être reproduits dans un but non lucratif à condition de citer la source et les auteurs, et d'envoyer une copie à l'éditeur. Téléphone : Jean GREUSEN, président 087 - 33 68 82 Email : [cfeb@skynet.be](mailto:cfeb@skynet.be) Web : <http://users.skynet.be/cfeb> CCP : 000-0067855-52

## Rendement et consommation en combustible et en eau des locomotives à vapeur.

### Introduction.

Les locomotives à vapeur, toutes fascinantes qu'elles aient été ont toujours été affligées d'un très faible rendement énergétique. Durant un peu plus d'un siècle, on s'est efforcé de l'améliorer par des artifices techniques, mais malgré cela on a atteint un rendement maximum qui reste en deçà de celui des autres modes de traction. Leurs consommations en combustible et en eau par kilomètre parcouru et par tonne remorquée étaient prohibitives.

Les locomotives à vapeur, ces chefs-d'oeuvre qui ont hanté l'enfance de la plupart d'entre nous, sont incompatibles avec les exigences environnementales actuelles, en particulier si on considère l'épuisement inéluctable des réserves d'énergie fossile, (charbon, pétrole, ... et pour finir dans 100 ans peut-être par celui du gaz naturel...). Néanmoins, jusqu'à l'aube de la deuxième guerre mondiale, les questions environnementales et écologiques n'effleuraient même pas les esprits, car la production d'énergie mécanique, donc celle nécessaire à la mise en mouvement d'un train, procédait tout naturellement des mêmes raisonnements techniques et scientifiques que ceux qui amenèrent la fameuse révolution industrielle au XIX<sup>ième</sup> siècle, découlant elle-même des perfectionnements apportés par James Watt à la machine à vapeur fixe.

Il y a bien eu l'apparition de la bonne fée électricité, la mise au point par Rudolf Diesel du moteur qui porte son nom, ainsi que la mise au point par Laval de la première turbine à vapeur; malgré tout, la tradition industrielle du XIX<sup>ième</sup> siècle est restée ancrée dans le monde ferroviaire jusqu'au milieu du XX<sup>ième</sup> siècle.

A propos de rendement et d'économie d'énergie, on pourrait se livrer à une petite discussion philosophique qui a de quoi surprendre, et que je réserve pour la fin.

Cette article est volontairement simplifié, mais pas simpliste, de manière à ce que tout le monde puisse suivre, et donc terminer sa lecture en ayant compris et retenu quelque chose.

### Remarque importante.

Il s'agit ici d'un exposé sans prétention, et les considérations développées dans les quelques lignes qui suivent sont loin d'être exhaustives. Elles ne sont en fait que des prétextes à la présentation de quelques modèles spéciaux à l'échelle HO.

### Approche des différents phénomènes physiques en présence.

La thermodynamique est une science qui étudie les échanges entre différentes sources de chaleur et la transformation de ces échanges en énergie mécanique et inversement.

Au point de vue thermodynamique, une locomotive à vapeur n'est au fond qu'un transformateur d'énergie. Passons les différentes étapes en revue.

Combustion : Le charbon (ou plus rarement le fuel-oil) est enfourné dans le foyer, il brûle, et cette combustion dégage des gaz chauds (les fumées). Il y a transformation du combustible fossile en chaleur.

Vaporisation : Les gaz chauds vont, céder leur chaleur, donc leur énergie à l'eau de la chaudière. Cette eau va se transformer en vapeur pour atteindre une certaine pression. A ce stade, la chaleur dégagee par la combustion du charbon s'est donc transformée en énergie de pression de vapeur.

Détente : Cette vapeur sous une pression qui peut varier de 16 à 18 kg/cm<sup>2</sup> est introduite dans les cylindres et pousse les pistons aux fonds de ceux-ci. La vapeur voit le volume dans lequel elle est introduite augmenter, sa pression diminue, elle perd son énergie, qui se retrouve progressivement sur une face des pistons. La chute de pression de vapeur, c'est-à-dire la détente s'est transformée en un mouvement rectiligne des pistons. Un système mécanique qu'on appelle distribution va envoyer la vapeur à haute pression, alternativement sur l'une puis l'autre face des pistons. Ces derniers sont donc animés d'un mouvement rectiligne alternatif.

Transmission : Par l'intermédiaire du système bielle-manivelle, le mouvement rectiligne alternatif des pistons

se transforme en un mouvement de rotation des roues motrices. Etant donné le poids considérable de la locomotive, les roues motrices exercent sur les rails une pression très élevée. Comme les rails sont fixes, le mouvement de rotation des roues se transforme à nouveau par réaction en un mouvement rectiligne, mais cette fois de même sens, qui est en définitive le déplacement de la locomotive et donc du train remorqué.

## Du rendement.

### 1 ° Définition.

Rien n'est parfait en ce bas monde et toutes les transformations que je viens de citer combustion, vaporisation, détente, transmission, sont donc imparfaites. A chaque stade, il y a des pertes d'énergie. L'évaluation des ces pertes conduit à la notion de rendement, symbolisé universellement par la lettre grecque éta ( $\eta$ ).

En général, qu'est-ce que le rendement d'une machine, d'un moteur ? C'est un rapport, exprimé par un pourcentage entre la quantité d'énergie entrant sous une forme donnée, et celle qu'on recueille sous une autre forme, à la sortie de cette machine, de ce moteur.

L'expression du rendement peut s'écrire sous la forme

énergie entrante = énergie sortante + les pertes,

$$\text{rendement } (\eta) = \frac{\text{énergie\_sortante}}{\text{énergie\_entrante}}$$

Il faut évidemment réduire les pertes au maximum pour augmenter le rendement de façon à tendre vers l'égalité entre ce qui entre et ce qui sort.

Pour évaluer le rendement des locomotives à vapeur, il faut donc évaluer séparément celui de chacune des transformations subies par l'énergie. C'est ce que nous allons faire de manière très accessible à tous, et vous allez être très surpris. Ensuite, nous vous présenterons l'une ou l'autre technique possible d'amélioration que vous pourrez visualiser les modèles HO un peu spéciaux que je viens d'évoquer.

### 2 Etude des rendements des différentes transformations.

Combustion : Les morceaux de charbon ou les briquettes « Union » sont donc enfournées dans le foyer et brûlent. L'agent qui fait brûler (le comburant), c'est l'oxygène de l'air, et rien que lui. Mais, l'air est un mélange de plusieurs gaz : 21 % d'oxygène, 78 % d'azote et grosso modo 1 % d'autres gaz rares tels que néon, argon, et krypton. Or, je viens de le dire, seul l'oxygène fait brûler. Par conséquent, du volume d'air admis dans le foyer par le déplacement même de la locomotive et réglé par des clapets (des registres d'admission), seule, une petite partie est utile, et le reste, soit 79 % du volume, ne fait que traverser le foyer, se mêler aux gaz dégagés par la combustion,

traverser la chaudière et s'échapper par la cheminée. Ces 79 % d'azote étant à la température ambiante, ont donc pour effet néfaste de refroidir inutilement le foyer et de prendre une place non négligeable lors de la traversée de la chaudière, réduisant d'autant le passage disponible pour les gaz chauds utiles.

Pour assurer une bonne combustion, aussi complète que possible, il est nécessaire que le plus grand nombre possible d'atomes d'oxygène atteigne un maximum d'atomes de carbone composant le charbon. Cette situation idéale ne se rencontre jamais en pratique. En effet, intuitivement on comprend bien que tout l'oxygène de l'air qui entoure un gros morceau de charbon incandescent ne pénètre pas aisément jusqu'au cœur de ce charbon, et y pénètre d'autant moins facilement que ce morceau est gros. Il est donc nécessaire de forcer la dose, et d'amener au foyer un excès d'air (terme technique consacré par l'usage). Pour la combustion du charbon du calibre de celui utilisé dans les foyers de locomotives cet excès se situe dans une fourchette de 150 à 300 %. Il est aisé de comprendre qu'avec un tel volume d'air, non seulement la température du foyer s'abaisse inutilement, mais encore que tout cet azote supplémentaire va encombrer le passage des gaz chauds utiles à travers la chaudière. Pour la combustion, on estime le rendement à environ 64 %, ce qui signifie donc que rien que pour cette phase de transformation, il y a une perte de 36 %. (Pour la détermination de cette valeur, voir l'annexe 1).

Une idée à mettre à profit est donc de réduire cet excès d'air, et pour ce faire assurer un mélange un peu plus intime entre les atomes de carbone du charbon et l'oxygène de l'air. Une solution parmi d'autre est d'utiliser du charbon pulvérisé. En effet dans un tel cas le mélange est beaucoup plus facile à réaliser, l'oxygène atteint plus facilement le cœur des particules, la combustion est donc meilleure, plus complète. On gagne quelques % sur le rendement de combustion. En 1927, la société allemande A.E.G. a construit un prototype de locomotive utilisant du charbon pulvérisé Ce système satisfaisant a été employé sur quelques locomotives. (Voir l'annexe 2).

Vaporisation : Les gaz chauds issus de la combustion passent alors dans le faisceau tubulaire de la chaudière pour y céder leur énergie calorifique à l'eau, c'est-à-dire la vaporiser, puis, élever la température de cette vapeur, jusqu'à une valeur de l'ordre de 350 °C. Malheureusement, la transmission de cette chaleur à l'eau ne se fait pas sans pertes car l'écoulement des gaz chauds dans les tubes est imparfait; ces derniers s'encrassent par les suies d'un côté, et de l'autre, par les impuretés contenues dans l'eau, en outre, l'épaisseur du métal des tubes introduit aussi une perte, mais très faible. L'ensemble de ces phénomènes fait qu'on ne retire qu'environ 80 % de la chaleur des gaz De nombreuses solutions ont été trouvées pour améliorer ce rendement : tubes Serve, tubes Galloway, surchauffeur de Schmit, de I-Ioulet...etc, dispositions sur lesquelles je ne m'étendrai pas aujourd'hui, d'autant plus qu'il est impossible de les

faire figurer sur un modèles réduit, car elles se situent à l'intérieur de la chaudière.

Pour être certain que les gaz chauds parcourent convenablement les tubes de la chaudière, l'extrémité de ces derniers débouche dans ce qu'on appelle la boîte à fumée, en même temps que la vapeur s'échappant des cylindres. Cette vapeur provoque l'aspiration des gaz à travers les tubes et assure de ce fait le tirage du foyer. La conception de l'organe qui va provoquer cette aspiration est donc de première importance. On a imaginé une quantité incroyable de dispositifs. Mais en se basant sur les travaux du finlandais Kylälä, le célèbre ingénieur français André CHAPELON a mis au point un système très performant. C'est l'échappement « kylchap », dont l'appellation résulte de l'assemblage des premières syllabes des deux noms propres. Sa mise au point constitua un progrès considérable, à tel point que son utilisation se généralisa rapidement, tout spécialement sur les chemins de fer français. (Voir croquis et vues en coupe à l'annexe 3)

**Détente :** C'est au cours de la détente dans les cylindres que le fluide moteur en l'occurrence la vapeur effectue son travail. A ce stade la situation « s'envenime » un peu. En effet, au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, le physicien français Nicolas CARNOT publia un livre fameux intitulé «Réflexions sur la puissance motrice du feu ». Dans cet ouvrage il énonça ce qui peut nous paraître évident au XXI<sup>ème</sup> siècle : **la chaleur ne peut libérer son énergie que si elle s'écoule entre une source à haute température (source chaude) et une source à température plus basse (source froide)**, un peu à la manière d'une chute d'eau qui libère son énergie en fonction entre autre, de la différence de niveau. Cette libération de chaleur est d'autant plus grande que l'écart de température est important entre les deux sources de chaleur. Quelles sont les deux sources de chaleur à considérer dans le cas des locomotives ?

Il y a d'une part la température de la vapeur comme source chaude et d'autre part la température de l'air ambiant comme source froide. Pour fixer les idées, l'ordre de grandeur de la température de la vapeur est de 350 °C, la température de l'air ambiant est ce qu'elle est, soit 20 °C. Dans ces conditions, le rendement qui s'établit au cours de cette détente et qu'on appelle rendement thermodynamique est de 53 %. (Pour la détermination de cette valeur, voir l'annexe 4).

 Jacques César (à suivre)

### **Comment réduire certains déraillements intempestifs.**

Depuis plusieurs années les trains miniatures HO & N sont équipés de roues aux normes, soit NEM pour le matériel Européen, soit la norme NMRA RP25 pour le matériel Américains HO.

Si on regarde de plus près le profil de ces roues, on peut voir que d'une part le boudin des dites roues est plus faible que par le passé et d'autre part que le chemin de roulement est moins incliné que par le passé également.

Il faut savoir que les chemins de roulement des roues, si il est incliné, c'est pour servir de différentiel lorsque qu'un essieu passe dans une courbe. En effet si nous examinons un rail courbe, on peut constater que la partie extérieure de la voie, le rail est plus long.

Donc la roue de l'essieu extérieur devra parcourir une plus longue distance, comme la dite roue est callée sur le même axe que la roue intérieur il faut absolument utiliser un moyen pour régler ce problème. Le moyen c'est la conicité du bandage de la roue.

La roue extérieure roulera sur le grand diamètre de celle-ci alors que la roue intérieure roulera sur le petit diamètre, créant ainsi l'effet différentiel.

Revenons aux trains miniatures proportionnellement les courbes sont plus forte que sur les grands chemins de fer, d'où cet effet doit jouer pour ne pas faire dérailler les locomotives wagons et voitures. Toutefois si vos voies sont bien dressées vous pourrez constater de temps à autres que les wagons déraillent soit en tractions mais très certainement en manoeuvrant et en les refoolants. Une des cause peut être du à l'encrassement des bandes de roulement des roues. En effet les roues rencontrent sur les rails des micros poussières & qui avec l'humidité de l'air, qui généralement tourne autour de 60%, forment un cambouis sur le rail mais aussi sur le champs de roulement des roues. Ce cambouis noirâtre est dur & empêche les roues de glisser latéralement sur les rails & donc empêche l'effet différentielle de fonctionner, d'où généralement déraillement.

Comment remédier à ce problème ? Il faut nettoyer la voie mais plus important le champ de roulement des roues. Afin de garder le poli du champ de roulements des roues éviter d'utiliser du papier verrier, car celui-ci griffera le métal et la roue sera plus encline à s'encrasser.

Comment nettoyer les roues ? Pour les wagons et voitures de voyageurs si vous avez beaucoup de roues, démontez les, plongez les dans de l'eau tiède et avec une vieille brosse à dent brossez les endroits les plus tenaces. Dès que les roues sont propres, les sécher avec un linge puis terminer de bien les sécher avec un sèche-cheveux. Au remontage si le essieux sont métal sur métal une pointe d'huile sur les fusées devrait améliorer le roulement.

Une deuxième méthode est d'utiliser un vieux tournevis dont vous aurez modifié la pointe pour en faire une sorte de ciseau de menuisier et de racler la roue afin de faire partir le cambouis. Attention de ne pas griffer la roue. Pour les locomotives, pour les roues motrices utiliser

l'outil « WHEEL CLEANER BRUSH & SCRAPER »  
(nettoyeur & racloir de roues) de PECO item PL-40.

Pour un travail plus aisé utiliser un berceau en mousse  
« CRADLE PECO » item PL-70

J'espère que ces petits conseils vous permettront de  
continuer à pratiquer avec plaisir votre hobby chéri.

 Christian Van Wambeke

### Quelques photos du voyage à Fond de Gras.



### Liste des bourses et autres manifestations pour les mois de Novembre et Décembre.

4-5/11/06 Expo à OUGREE (Liège)  
Organisée par l' ALAF dans son local  
rue de la Gare 77 de 09h à 17h  
Tel 04 72 79 38 15  
Infos : [infoalaf@yahoo.fr](mailto:infoalaf@yahoo.fr)

5/11/06 Bourse à MALMEDY organisée par le Club  
ferroviaire Malmédien  
Ancienne Abbaye Place du Chatelet  
à coté de la cathédrale de 09h à 13h  
Info J.M.Lemaire 080 33 86 33

19/11/06 Bourse à DISON Organisée par le R.C.F.E.B  
salle communale des fêtes place Luc Hommel  
de 09h à 13h  
infos : 087 88 33 20

3/12/06 bourse à HOESELT  
Centre culturel Ter Kommen Lindekapelstraat 7  
de 09 à 13h  
Infos: Danny Smets 089 51 46 44

3/12/06 Bourse à WOLUWE (Bruxelles)  
Shopping Center, rue Saint Lambert 200  
de 7h30 à 13h30  
Infos: [info@boursedescollectionneurs.be](mailto:info@boursedescollectionneurs.be) Tel : 02 771 20  
45

### Petites annonces.

*Cette rubrique est réservée aux membres du club qui désirent  
vendre ou échanger du matériel. Les annonces doivent parvenir  
à l'éditeur au plus tard un mois avant la date de parution  
d'entre-voies.*

Cherche lampadaire fonctionnel H0 pour site urbain  
(place ou parc) et pour dépôt ferroviaire (marchandise ou  
industriel) contacter Guillaume Cormeau (087 22 91 05)