

l'appareil actuellement employé et dont les figures 1 à 3 de la planche n° 15 reproduisent les premières dispositions.

Appareil adopté. — Première disposition. — Description. —

Ce nouvel appareil est installé sous la voiture, comme le précédent; une trémie circulaire pénètre dans le foyer en fonte et limite la hauteur du coke en ignition.

La cheminée se compose d'une partie légèrement inclinée, placée en travers de la voiture, et d'une partie verticale passant dans la caisse même contre la paroi longitudinale opposée au foyer.

La portion inclinée de la cheminée consiste en un canal en fonte, fermé à sa partie supérieure par une tôle plissée afin d'augmenter la surface de chauffe.

Le foyer et le conduit de fumée sont entourés d'une première enveloppe en tôle qui limite une couche d'air chaud, dont la distribution dans les compartiments se fait par deux conduits en tôle de section méplate logés entre le double plancher de la voiture.

Ces conduits, se dirigeant vers les deux bouts de la caisse, ont une position un peu oblique qui facilite le mouvement de l'air. Ils se bifurquent transversalement à leurs extrémités et se terminent par des bouches de chaleur placées près des parois longitudinales.

Une deuxième enveloppe, construite en tôle pour les parties entourant le foyer, et en bois dans ses autres parties, limite une nouvelle couche d'air qui protège l'appareil contre le refroidissement, et contribue de plus au chauffage de la voiture par deux bouches de chaleur placées dans le couloir, près des portes d'entrée.

Deux petits tuyaux, partant verticalement de cette seconde enveloppe vers la partie supérieure de la trémie de



chargement, amènent l'air chaud sous les deux banquettes placées au-dessus du foyer.

La prise d'air nécessaire au chauffage se fait au moyen d'une manche à vent, avec girouette automatique située à l'arrière du foyer.

Inconvénients des dispositions adoptées. — La mise en service de cet appareil pendant l'hiver 1873-1874 montra que dans beaucoup de cas la trompe de prise d'air ne fonctionnait pas automatiquement, et que, de plus, la neige soulevée par la marche du train pénétrait dans cette trompe placée trop près du niveau du rail.

Deuxième disposition, actuellement adoptée. — Dans l'appareil adopté aujourd'hui, et déjà monté sur trois cent douze voitures, les ouvertures, pour l'entrée de l'air à échauffer sous la première enveloppe, sont placées à la hauteur du foyer et sur les faces latérales de l'appareil. Avant le départ, on ferme par un registre l'ouverture qui regarde l'arrière du train.

D'ailleurs, ce dernier appareil ne diffère du précédent que par des détails de construction et par les dimensions des diverses parties, le principe et la disposition générale restant les mêmes.

Dépenses d'installation. — Dans ce système, l'installation d'une voiture revient à 480'.

Résultats calorifiques. — Une heure et quart après l'allumage de cet appareil, on constate dans la voiture (1) et à

(1) Les voitures chauffées par cet appareil ont 7^m,350 de longueur, 2^m,850 de largeur et 2^m,160 de hauteur (dimensions intérieures, soit une capacité de 46^m3 environ).



1^m,500 du plancher une température de 15° au milieu du véhicule et de 11° aux extrémités, près des portes, alors que la température extérieure est de — 10°.

Consommation de combustible. — La consommation de combustible est d'environ 2^{kg} de coke de four par heure.

Dépenses du chauffage. — La dépense du chauffage, pour le combustible seulement, s'élève donc à 0,08 par voiture et par heure.

Cet appareil a le grave inconvénient d'exiger de fréquents chargements de combustible. Les intervalles ne doivent pas être de plus d'une heure et demie si l'on veut que la combustion et, par suite, le chauffage soient réguliers.

BELGIQUE.

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT-BELGE.

Indication générale des appareils expérimentés. — Actuellement, les voitures de 1^{re} classe sont seules chauffées par des chaufferettes ordinaires à eau chaude, sur les lignes de l'État-Belge; « aucun système n'a été trouvé jusqu'à ce jour assez complet, assez pratique, pour s'imposer comme application générale (1). »

Les principaux systèmes mis à l'essai sont ceux de MM. Grandjean, Berghausen et Philipps, Grandvallet et Kiénast, enfin celui du chauffage au gaz de M. Chaumont.

La commission chargée d'examiner ces divers appareils,

(1) Opinion de la Direction générale.



trouvant « *qu'aucun d'eux ne satisfait suffisamment aux conditions à remplir*, et admettant que chaque voiture « doit avoir son appareil de chauffage complètement indépendant, étudie de nouveau un appareil à eau chaude, avec chaudière spéciale placée sur chaque voiture. »

Ne connaissant pas les résultats des essais de ce dernier appareil, nous ne pourrions que résumer les différents rapports de la commission sur les systèmes précédemment expérimentés (1).

Système à air chaud Grandjean. — En 1871, on essaya sur une voiture de 1^{re} classe un appareil à air chaud et à chaufferettes construit par M. Grandjean. On obtint sur la surface extérieure des chaufferettes une température de 50 à 70°.

On estima qu'avec cet appareil la dépense de chauffage serait sensiblement la même qu'avec les chaufferettes ordinaires à eau chaude et que celle de l'installation serait de 300^f environ par voiture; mais l'allumage et l'entretien offraient certaines difficultés.

M. Grandjean ayant représenté son appareil en 1875, la commission, « tout en reconnaissant que l'inventeur avait perfectionné son système, conclut au rejet de la demande d'un nouvel essai, d'autres moyens de chauffage, trouvés préférables, ayant été présentés. »

Appareil à combustibles agglomérés, système Berghausen et Philipps. — Le système de MM. Berghausen et Philipps a été appliqué à quatre voitures de 2^e classe à quatre compartiments, et à quatre voitures de 3^e à cinq compartiments.

(1) Nous devons à l'obligeance de M. Gobert, Directeur du Matériel et de la Traction de l'État-Belge, la communication de ces renseignements.

Les appareils placés entre les sièges pour former chauffe-pieds étaient semblables à ceux qui sont appliqués par le chemin Rhénan (1), avec cette différence que la plaque métallique du dessus était percée de trous d'échappement d'air sur toute sa surface.

« L'allumage de ces appareils exige beaucoup de temps :
« trois hommes mettent environ une heure pour allumer et
« placer les cent huit briquettes nécessaires aux trente-six
« appareils de quatre voitures.

« Le chauffage des voitures est très-lent ; la chaleur
« dégagée par l'appareil ne devient sensible que trois
« heures après l'allumage. A ce moment, la température
« dans les compartiments est de 3 à 4° supérieure à la
« température extérieure, et alors elle se maintient généra-
« lement constante. En outre, par suite de l'inégalité de
« la combustion des briquettes, la chaleur ne se répartit
« pas uniformément le long des chauffe-pieds.

« La marche du train est nécessaire pour activer la
« combustion ; on a en effet constaté qu'en stationne-
« ment des thermomètres placés dans les voitures n'in-
« diquent aucune augmentation de température.

« Dans les appareils expérimentés, le nombre des
« trous percés dans la plaque supérieure fait que l'air
« s'échappe trop rapidement de la caisse du foyer. »

Appareil à air chaud, système Grandvallet et Kiénast.

— On a essayé le système Grandvallet et Kiénast sur une voiture du chemin de fer de Berlin-Magdebourg à cinq compartiments, dont trois étaient chauffés par un appareil et les deux autres par un second appareil.

(1) Appareil dont nous avons reproduit le dessin (fig. 6 à 8 de la planche n° 3).

CHAUFFAGES EN BELGIQUE.

La construction des deux appareils était la même; mais le premier fut chauffé par des briquettes, tandis que, pour le second, on employa de la braise salpêtrée.

Nous reproduirons les résultats obtenus dans une des expériences.

VOYAGE DE BRUXELLES A PARIS PAR VALENCIENNES
ET ARRAS.

- « Allumage à 5 heures 30 du soir.
- « Départ de Bruxelles-Nord à 6 heures 17' du soir.
- « Arrivée à Paris à 5 heures 30' du matin.

HEURES de L'OBSERVA- TION	LOCALITÉS	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE	TEMPÉRATURE DES COMPARTIMENTS				
			APPAREIL ALIMENTÉ avec des briquettes			APPAREIL alimenté avec du charbon de bois nitraté	
			No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
soir		degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés
6 ^h .17'	Bruxelles, nord .	6.5	7.5	7	8	7	10
6 ^h .35'	— midi (A).	4.5	7	7.5	7	11	11
7 ^h .40'	— midi (D). G s/gare	6	6	6	7	8.5	8.5
7 ^h .50'	Braine-le-Comte.	4	6	8	11	15	13
8 ^h .45'	Mons.	4	8	10	7.5	15	14
9 ^h .20'	Quiévrain.	3	9	7.5	10.5	10	12
10 ^h .20'	Valenciennes . . .	3	7	12	8	11.5	14
11 ^h .25'	Douai.	2.5	5	5	7	11.5	15
12 ^h .30'	Arras.	2	5	5	7	13	16
»	Achiet.	4	4	8	6	13	»
»	Longeau	4	»	5	8	14	»
»	Creil	1.5	4	6	4	13	11
5 ^h .30' matin	Paris.	1.5	4.5	6	4	12	13

« On voit que les résultats obtenus avec les briquettes

« ont été *tout à fait insignifiants*, et qu'avec la braise on
« n'a obtenu qu'un effet utile moyen de 9°.

« Au départ de Bruxelles on avait mis dans le foyer
« 4^{kg},700 de braise et on en dut ajouter 4^{kg} à chacun des ar-
« rêts de Mons, Valenciennes, Longeau et Creil. La con-
« sommation totale pour le voyage fut donc de 5^{kg},700.

« Il a été constaté que l'appareil Kiénast ne fonctionne
« pas au repos, ce qui empêche de chauffer les voitures
« pour le départ des trains.

« Le prix d'installation des deux appareils nécessaires
« par voiture peut être évalué à 1,000^f.

« La braise salpêtrée se vend 13^f,50 les 100^{kg} en Alle-
« magne. »

Chauffage par le gaz, système Chaumont. — M. Chau-
mont a imaginé d'employer pour le chauffage des voitures,
le gaz, dont on se sert déjà sur certaines lignes de l'État-
Belge pour l'éclairage des trains à voyageurs (1).

La disposition adoptée consiste à placer dans le plan-

(1) L'Administration des chemins de fer de l'État-Belge fabrique elle-même le gaz en distillant des brais et des huiles. Le gaz, comprimé à 8 atmosphères, est emmagasiné dans deux réservoirs placés dans le fourgon de tête du train. Ces réservoirs ont chacun 1^m,250 de capacité, ils sont construits en tôle d'acier de 0^m,007 d'épaisseur et sont essayés à 10 atmosphères. Un régulateur, placé à la sortie des réservoirs, réduit la pression du gaz à 0^m,020 d'eau avant son emploi.

La conduite principale de distribution, régnant tout le long du train, est formée, sur chaque véhicule, de tubes en fer de 0^m,025 de diamètre, placés sur le pavillon. Le tube de chaque voiture est muni, à ses extrémités, de robinets d'arrêt, et de tubulures en cuivre destinées à recevoir les raccords des tuyaux en caoutchouc qui relient les unes aux autres les conduites des véhicules successifs. — Une pince à ressort (fig. 12 à 14 de la planche n° 16) sert à fixer les raccords sur les douilles des conduites, et permet de faire très-promptement les opérations d'attelage et de découplément.

Le fourgon placé à la queue du train renferme un petit réservoir à



cher, entre les sièges, une boîte métallique contenant deux tubes dans lesquels passent en sens inverse les produits de la combustion de deux becs de gaz brûlant au dehors du compartiment.

Description de l'appareil. — Le bec de gaz destiné au chauffage est disposé contre le brancard du châssis et dans l'axe du compartiment; il est placé dans une boîte métallique suspendue sous le brancard de caisse. Une porte à charnière, s'ouvrant sur le devant de cette caisse, sert à allumer le bec; elle est munie d'un petit carreau placé à la hauteur de la flamme, ce qui permet de constater pendant les arrêts s'il n'y a pas eu d'extinction (fig. 6 à 9 de la planche n° 16).

La flamme du bec de gaz est engagée dans une sorte d'entonnoir se raccordant à un tuyau en cuivre rouge d'un demi-millimètre d'épaisseur, à section ovale (0^m,065 sur 0^m,040). Ce tuyau, lorsqu'il a atteint le niveau du plancher, se recourbe horizontalement et gagne l'autre extrémité du compartiment. Après avoir passé dans ce tuyau, les produits de la combustion se dégagent dans l'atmosphère par une cheminée d'appel (de 0^m,040 de diamètre) placée dans l'angle de la cloison de séparation et de la paroi latérale de la voiture.

L'air nécessaire à la combustion est pris à l'intérieur des compartiments par un tuyau de 0^m,025 de diamètre, dont l'un des orifices se trouve sous une banquette et dont l'autre débouche à 0^m,050 en dessous de l'enveloppe du bec.

capacité variable, contenant une réserve de gaz, ce qui assure l'éclairage de la seconde moitié du train, dans le cas où des manœuvres obligent à couper celui-ci.

Un second bec de gaz est disposé de l'autre côté du compartiment symétriquement au premier.

Le tuyau par lequel s'échappent les produits de la combustion est placé à côté du tuyau de chauffe du premier bec, et l'un et l'autre sont renfermés ensemble dans une caisse de 0^m,140 de largeur sur 0^m,062 de hauteur, dont les côtés et le fond sont en tôle mince, tandis que le dessus, légèrement bombé, est en tôle de 0^m,002.

Cet ensemble constitue une chaufferette qui, pour être protégée contre le refroidissement, est enveloppée d'une caisse en bois garnie intérieurement de feutre.

A chaque extrémité de la voiture, un petit tuyau en cuivre part de la conduite générale de distribution, descend le long d'un montant d'angle et amène le gaz aux becs placés d'un même côté de la voiture. Un robinet, disposé sur ce petit tuyau, permet d'intercepter l'arrivée du gaz aux becs.

Résultats des essais. — « Les essais faits par la commission, sur ce système, ont donné des résultats satisfaisants.

« Environ vingt minutes après l'allumage, les tôles des chaufferettes prenaient la température d'une chaufferette à l'eau chaude et conservaient, pendant tout le temps du voyage, cette même température.

« La consommation de gaz n'a jamais atteint le chiffre de 50 litres par bec et par heure dans les différents voyages d'essai. Avec une consommation de 40 litres environ et une pression de 0^m,020 au bec, la flamme était très-belle et le chauffage suffisant.

« Il s'ensuivrait donc que la dépense de gaz par heure pour un train de dix voitures (ce qui constitue sur les lignes de l'État-Belge la composition moyenne) pourrait



« être évaluée à 2^f,20 environ en comptant le gaz à 0^f,65
« le mètre cube. »

Dépenses de chauffage. — « Les dépenses de chauffage
« d'une voiture à quatre compartiments (huit becs) s'élèvent
« raient donc par heure à :

$$« 8 \times 0^{m^3},04 \times 0^f,65 = 0^f,208. »$$

Dépenses d'installation des appareils. — « Le coût d'ins-
« tallation des appareils s'élèverait à environ 1000 fr. par
« voiture.

« Ce prix, très-élevé, provient en grande partie de la
« nécessité de transformer les marche-pieds. — Pour les
« voitures neuves, construites en vue de l'application de ce
« système de chauffage, la dépense serait donc susceptible
« d'une réduction assez notable. »

Nouvelle disposition proposée par M. Chaumont. — Pour
ne pas avoir à modifier les voitures existantes, M. Chaumont
propose de placer le chauffe-pieds en saillie sur le plancher.

Une feuille de cuivre rouge repliée forme les deux con-
duits traversés par les produits de la combustion; elle est
protégée par une tôle de fer de 0^m,0015 d'épaisseur. La
hauteur totale de ce chauffe-pieds est réduite à 0^m,050 et
sa longueur à 0^m,190; sa face supérieure est légèrement
bombée. Dans cette nouvelle disposition, les cheminées
d'appel sont supprimées et les produits de la combustion,
arrivés à l'extrémité du chauffe-pieds, se dégagent dans
l'atmosphère par de petits ajutages qui traversent le plan-
cher.

Le bec de gaz est renfermé dans une caisse en fonte.

Chauffage au pétrole. — M. Chaumont propose également

de remplacer le bec de gaz par une lampe à l'huile de pétrole. — La consommation par heure et par lampe serait de 0^{kg},045.

Dépenses de chauffage. — Le prix de l'huile de pétrole étant actuellement de 73^f les 100^{kg}, la dépense de combustible pour le chauffage d'une voiture à quatre compartiments serait par heure de :

$$0^{\text{kg}},045 \times 0^{\text{f}},73 \times 8 = 0^{\text{f}},2628.$$

HOLLANDE.

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT-NÉERLANDAIS.

Essais d'appareils à combustibles agglomérés. — La Compagnie des chemins de fer de l'État-Néerlandais a étudié exclusivement le système de chauffage au moyen d'appareils à combustibles agglomérés encastrés dans le plancher entre les banquettes de façon à former chauffe-pieds.

Elle a admis le rehaussement des caisses des voitures que nécessite l'introduction des paniers ou tiroirs contenant des briquettes dans les appareils ainsi disposés.

Tout d'abord elle appliqua un appareil assez semblable à celui qui fut expérimenté par le chemin de fer Rhénan et que nous avons précédemment décrit.

La chaufferette de M. Grandjean fut également essayée par les chemins de fer de l'État-Néerlandais qui en a actuellement en service un certain nombre.

Enfin cette Compagnie vient d'étudier un nouvel appareil dont la caisse intérieure, en cuivre rouge, est entourée de trois enveloppes successives en tôle. Dans la construction



adoptée, on a eu pour but d'empêcher que les produits de la combustion ne pénétrant dans les compartiments et que les étincelles ou la chaleur des parois ne puissent mettre le feu à la voiture, *ce qui était à craindre avec les appareils précédemment essayés.*

On ne nous a pas indiqué exactement les dépenses de combustible ni les résultats calorifiques constatés pendant les essais de ces divers appareils; nous ne connaissons pas non plus les dépenses d'installation.

ANGLETERRE.

Emploi général des chaufferettes à eau chaude. — Les chaufferettes à eau chaude sont universellement employées en Angleterre pour le chauffage des voitures à voyageurs.

Sur certaines lignes ces chaufferettes sont placées gratuitement, soit seulement dans les voitures de 1^{re} classe (1), soit même dans celles de 2^e et de 3^e classe (2); sur d'autres chemins on ne fournit les chaufferettes aux voyageurs que moyennant une taxe variable de 0^f,30 à 0^f,60 par chaufferette (3).

Certaines compagnies semblent même repousser en principe tout changement de système.

Pendant les deux hivers 1873 à 1875, la Compagnie du North-Eastern a fait monter sur un petit nombre de voitures un appareil à combustibles agglomérés désigné sous le nom d'appareil « Kiesling », placé sous la banquette, et

(1) Great-Eastern Railway.

(2) Midland Railway, London and North-Western Railway.

(3) London-Brighton Railway, London and South-Western Railway.

qui présente les dispositions générales de celui de Hanovre.

Les résultats obtenus auraient été assez satisfaisants, mais ils ne nous ont pas été précisés.

Le même appareil a été appliqué sur le London and North-Western; toutefois il a été immédiatement abandonné parce qu'il donnait trop de chaleur.

Chauffage de l'eau. — L'eau nécessaire pour les bouillottes est généralement chauffée dans des chaudières à air libre ne présentant pas de formes spéciales.

Dans la gare de Kings'Cross (Great-Northern), de la vapeur fournie par une petite chaudière, circule dans un serpentin placé au fond d'un réservoir et échauffe ainsi l'eau qu'il contient.

Pour maintenir les chaufferettes chaudes après leur remplissage, dans la gare de Londres du Great-Western on les renferme dans une caisse en bois munie de portes à coulisses, au fond de laquelle sont disposés des tuyaux mis en communication avec la chaudière et ainsi remplis d'eau chaude.

Au Charing'Cross (South-Eastern) on se sert d'une caisse à doubles parois métalliques entre lesquelles circule de l'eau chaude.

En résumé, le chauffage à l'aide de chaufferettes est le seul usité en Angleterre; ce mode semble satisfaire complètement, sinon le public, du moins les Compagnies qui généralement n'ont pas essayé d'autres systèmes, ou n'attachent aucune importance aux quelques essais qu'elles ont entrepris.



ITALIE.

CHEMINS DE FER DE LA HAUTE-ITALIE.

Chaufferettes à eau chaude. — La douceur du climat de l'Italie diminue considérablement l'importance de la question du chauffage des trains sur les chemins de fer de ce pays. Aussi la Direction générale des lignes de la Haute-Italie n'a-t-elle jamais essayé, jusqu'à ce jour, de système particulier de chauffage des voitures et emploie-t-elle pendant la courte durée de l'hiver, et dans les compartiments de 1^{re} classe seulement, des chaufferettes à eau chaude ordinaires recouvertes de tapis.

Aucun des différents systèmes proposés depuis quelques années ne lui a semblé de nature à justifier un essai, eu égard à la situation climatérique de ses lignes.

Il en est de même, à plus forte raison, des autres Compagnies chargées d'exploiter les lignes situées dans des régions plus méridionales.



CHAPITRE IV

MODES DE CHAUFFAGE EMPLOYÉS OU ESSAYÉS PAR CERTAINES COMPAGNIES SECONDAIRES DE CHEMINS DE FER EN FRANCE.

CHEMIN DE FER DES DOMBES.

Chauffage à l'air chaud. — La Compagnie du chemin de fer des Dombes paraît décidée à chauffer les voitures des trois classes au moyen d'un appareil à air chaud dont les premiers essais remontent à 1870. Nous n'en décrirons que les dernières dispositions qui datent de janvier 1873.

D'après la Direction du chemin des Dombes, « les voyageurs ne se plaignent nullement de ce système de chauffage, de beaucoup préférable aux chaufferettes. »

Description de l'appareil. — Le principe de cet appareil consiste à faire passer de l'air pris dans l'atmosphère entre la paroi extérieure d'un foyer et son enveloppe, puis de là dans une conduite métallique placée, soit sous les pieds des voyageurs, soit contre l'une des parois longitudinales du véhicule. Enfin, l'air s'échappe dans la voiture par l'extrémité de cette conduite et par un certain nombre d'ouvertures latérales intermédiaires.

Le foyer est formé d'un cylindre vertical en tôle (fig. 4 à

7 de la planche n° 15) muni d'une grille à sa partie inférieure et, en dessous de celle-ci, d'une lanterne en tôle avec manches à vent dirigées vers les deux extrémités de la voiture et destinées à activer le tirage. Par un assemblage à baïonnette, ce foyer est suspendu à une cloche en fonte qu'une tubulure raccorde avec la cheminée qui est verticale.

Autour du foyer, l'enveloppe est formée de deux cylindres en tôle dont l'intervalle est rempli de sable ; elle est réduite à une simple feuille de tôle autour de la cloche.

L'air froid s'introduit dans l'enveloppe par une trompe *que l'on doit orienter* d'après le sens de la marche de la voiture.

L'appareil est monté contre l'une des parois longitudinales et est à moitié engagé dans la voiture, de façon que sa partie inférieure se trouve entre le brancard de la caisse et celui du châssis.

Comprise ainsi dans la voiture, la cheminée est placée dans une enveloppe percée de trous en haut et en bas, afin d'utiliser, en partie, la chaleur de la fumée au chauffage de la voiture.

Disposition de l'appareil dans les voitures. — La Compagnie des Dombes a adopté pour son matériel la disposition du couloir central avec entrées aux deux bouts de la voiture. Il n'y a d'autre cloison pleine que celle qui sépare, dans les voitures mixtes, les compartiments de 1^{re} classe de ceux de 2^e.

Dans ces voitures mixtes contenant trente-quatre voyageurs, l'appareil est placé contre la cloison de séparation et dans le compartiment de 2^e classe. — *Deux places sont ainsi supprimées* (fig. 7 de la planche n° 15).

Un tuyau rectangulaire de 0^m,090 sur 0^m,100, courant le long de la paroi longitudinale, conduit l'air chaud dans

les compartiments de 2^e classe où il le déverse par son extrémité et par une ouverture intermédiaire.

L'air chaud est amené dans le compartiment de 1^{re} classe par une conduite en cuivre jaune poli, placée en saillie sur le plancher, entre les sièges, de façon que les voyageurs puissent s'y chauffer les pieds.

Dans les voitures de 3^e classe, à cinquante voyageurs, l'appareil est monté à l'un des angles du véhicule, ce qui supprime une place (fig. 6 de la planche n° 15).

L'air chaud est distribué par un tuyau de 0^m,090 sur 0^m,100 de section, placé dans l'angle du plancher et de la paroi latérale, et qui se termine dans l'avant-dernier compartiment.

Ce tuyau est ouvert à son extrémité et est, en outre, muni de deux bouches de chaleur intermédiaires.

Dépenses d'installation. — « Les dépenses d'installation « s'élèvent à environ 180^f par voiture (1). »

Combustible employé. — Dans cet appareil on brûle du charbon de Paris. On a renoncé au coke parce qu'il brûlait rapidement les foyers.

Conduite de l'appareil. — Pour chauffer une voiture, on remplit le foyer de charbons allumés, puis on le fixe à la cloche. Cette mise en place doit être faite une demi-heure avant le départ du train.

La charge de combustible pèse environ 9^{kg},500; deux heures et demie ou trois heures après avoir mis le premier foyer, on doit le remplacer par un autre également garni de combustible allumé.

(1) Renseignement fourni par la Direction.

CHAUFFAGES DE LA COMPAGNIE DES CHARENTES.

Résultats calorifiques. — Avec cet appareil (1), « on
« peut obtenir pendant la première période de la com-
« bustion une différence de près de 30° entre la tempéra-
« ture de l'air extérieur et celle de la voiture.

« La température des chauffe-pieds dans les comparti-
« ments de 1^{re} classe s'élève jusqu'à 70°. »

Consommation de combustible. — « La consommation de
« combustible s'élève à 2^{kg},850 environ par heure de
« marche. »

Dépenses du chauffage. — Le prix actuel du charbon de
Paris étant de 16^f les 100^{kg}, la dépense pour le combus-
tible seulement serait donc de 0^f,457 par voiture et par
heure.

CHEMINS DE FER DES CHARENTES.

Chauffage par la vapeur de chaufferettes à eau fixées dans les voitures. — La Compagnie des chemins de fer des Charentes a chauffé, pendant les hivers 1873 à 1875, un certain nombre de ses trains au moyen d'un système spécial étudié par ses Ingénieurs.

Quoique ce système soit aujourd'hui abandonné par la Compagnie des Charentes pour les motifs que nous indiquerons, l'étendue de l'application qui en a été faite, la publicité qui lui a été donnée et les avantages qu'il semble présenter au premier abord nous obligent à le décrire avec quelques détails.

(1) Renseignements fournis par la Direction.

D'ailleurs nous ne ferons ici que reproduire des renseignements fournis par les Ingénieurs de cette Compagnie, soit à un de nos agents envoyé en mission sur son réseau, soit en réponse à nos lettres.

Le principe du système de chauffage des Charentes est tout indiqué dans le programme suivant qui a servi de base aux études :

« 1° Employer, comme système de chauffage, des réservoirs à eau chaude placés sous les pieds des voyageurs.

« 2° Rendre ces réservoirs fixes, et les installer de telle façon que leur surface supérieure soit de niveau avec les planchers, pour qu'ils ne gênent en rien les voyageurs. En mettre dans les voitures de toutes classes et dans tous les compartiments.

« 3° Enfin, réchauffer l'eau en temps voulu pour que sa température minima soit de 60°, et cela sans ouvrir les portières. »

C'est à l'emploi de la vapeur que l'on eut recours pour réchauffer l'eau des chaufferettes.

Les Ingénieurs ont adopté le chauffage intermittent parce qu'ils ont pensé que « si l'on voulait restituer au fur et à mesure à l'eau la chaleur perdue, soit au moyen d'un combustible, soit par de la vapeur, il se perdrait par les conduites beaucoup plus de chaleur qu'on n'en utiliserait ; le système deviendrait alors très-cher ; il exigerait, d'ailleurs, une source de chaleur dans le train même, ainsi que cela a été jugé nécessaire avec tous les autres systèmes déjà essayés et repoussés (1). »

(1) Mémoire de M. Plainemaison, alors Ingénieur en chef du Matériel de la Compagnie des Charentes.

DESCRIPTION DES APPAREILS MONTÉS SUR LES VOITURES.

Disposition de 1873. — Dans la première disposition, adoptée et expérimentée dès l'année 1873, les chaufferettes sont en tôle galvanisée de 0^m,002 d'épaisseur dans les 1^{res} classes et de 0^m,0015 dans les 2^{es} et les 3^{es} classes; elles sont rivées et soudées à des fonds en fonte malléable.

Ces chaufferettes sont encastrées dans le plancher et préservées du froid à leur partie inférieure par une enveloppe isolante.

Chacune d'elles est percée de trois trous : l'un sert à la remplir d'eau et l'autre à la vider; du troisième part un siphon en fer d'un diamètre intérieur de 0^m,012 qui, abouissant contre la paroi supérieure de la bouillotte et débouchant à l'air libre, maintient la pression de l'eau égale à la pression extérieure et, lors du remplissage, laisse échapper l'air emprisonné. Ce siphon est installé sous les banquettes, contre les cloisons de séparation.

Un serpentin en fer de 0^m,021 de diamètre intérieur est placé dans la bouillotte dont il traverse les fonds, et communique à ses extrémités, d'un côté avec la conduite d'arrivée de vapeur, et de l'autre avec une conduite servant à l'évacuation de l'eau de condensation.

Les chaufferettes, quelle que soit la classe de la voiture, ont même largeur (0^m,300) et même longueur (2^m,00); mais les hauteurs sont différentes : 1^{re} classe (0^m,09), 2^e classe (0^m,07), 3^e classe (0^m,06); on obtient ainsi dans les compartiments des surfaces de chauffe égales, et la capacité de l'ensemble des bouillottes est toujours de 120 litres pour chacune des classes, afin de chauffer les voitures à des températures sensiblement égales.



D'après ces dimensions, la chaufferette des 1^{res} classes contient 40 litres, celle des 2^{es} classes 30 litres et celle des 3^{es} classes 24 litres.

La surface de chauffe du serpentin est proportionnelle à la capacité de la chaufferette : aussi a-t-on donné aux tubes intérieurs 8^m de longueur dans les 1^{res} classes, 6^m dans les 2^{es} classes et enfin 4^m,80 dans les 3^{es} classes.

Chaque bouillotte, y compris le serpentin, pèse :

1 ^{re} classe	44 ^{kg}
2 ^e d°	30 ^{kg}
3 ^e d°	28 ^{kg}

Conduite extérieure. — Dans l'axe de chaque voiture, sous la caisse, se trouve un tube droit en fer dont le diamètre intérieur est de 0^m,050; ce tube forme une partie de la conduite qui court d'un bout à l'autre du train; il est relié par un tube transversal de 0^m,027 de diamètre intérieur avec un troisième tube latéral de 0^m,021 de diamètre intérieur qui communique avec les chaufferettes.

Une valve graduée règle l'admission de la vapeur dans le troisième tube. Cette valve, véritable papillon, se compose essentiellement de deux secteurs pleins, mobiles, qui découvrent les orifices de deux secteurs fixes : la somme des sections des secteurs vides est égale à la section du tuyau muni de la valve.

La conduite servant à l'évacuation de l'eau qui s'est condensée dans les serpentins consiste en un tube de 0^m,015 de diamètre intérieur ouvert à l'air libre à l'une de ses extrémités.

Les fourgons et tenders ne sont munis que du tube droit de 0^m,050 formant la conduite générale de distribution le long du train.

Disposition de 1874. — Cette première disposition subit diverses modifications lorsqu'on construisit de nouveaux appareils en 1874.

Le serpentin fut remplacé par un tube droit en laiton de 0^m,040 de diamètre intérieur et de 0^m,001 d'épaisseur, percé, à l'extrémité opposée à celle de l'introduction de la vapeur, d'un trou de très-petit diamètre pour l'écoulement de l'eau de condensation. Le tuyau collecteur de cette eau de condensation était ainsi supprimé.

Le siphon de sûreté a été remplacé par un vase cylindrique de trop plein de 2 litres de capacité, placé sous une des banquettes (fig. 1 et 2 de la planche n° 17).

Le liquide contenu dans ce vase assure le complet remplissage de la chaufferette, quand son eau se contracte en se refroidissant.

La surface supérieure de la chaufferette n'était plus bombée, mais plate et en tôle striée de 0^m,002 d'épaisseur.

Le diamètre intérieur de la conduite de distribution fut réduit de 0^m,050 à 0^m,038; enfin, on remplaça les valves réglant l'introduction de la vapeur par des robinets ordinaires.

Disposition de 1875. — La disposition de 1875, adoptée en dernier lieu, consiste à envoyer la vapeur dans un tube droit toujours placé dans la chaufferette; mais ce tube est bouché à son extrémité, et est percé, à sa partie inférieure, de cent cinquante trous d'un diamètre variant de 0^m,00025 à 0^m,0005, de telle sorte que la vapeur, en arrivant, se mélange avec l'eau contenue dans la chaufferette (fig. 4, 5 et 8 à 10 de la planche n° 17).

La canalisation extérieure est montée comme dans les appareils de 1874.

C'est cette dernière disposition que représentent les figures 6 et 7 de la planche n° 17.

Elle a été adoptée comme étant plus simple et plus économique que les précédentes; de plus, l'eau des bouillottes est chauffée uniformément, « tandis que dans les « appareils de 1873 et 1874 elle était à 100° à la surface, « pendant que la partie inférieure n'indiquait que 70° ou « 80 °(1). »

Tuyau de raccordement entre les voitures. — Les tuyaux de conduite des appareils construits en 1873 étaient réunis entre les voitures au moyen des dispositions suivantes :

A chaque extrémité du tube central est boulonnée une pièce de fonte ayant la forme d'un col de cygne sur lequel est maintenu, par un collier en fonte, un tuyau en caoutchouc. Ce tuyau, qui a 0^m,042 de diamètre intérieur, est renforcé par une spirale en fil de fer noyée dans le caoutchouc.

Le collier, dont les mâchoires se rapprochent au moyen d'une vis et d'un écrou à manivelle, vient presser l'extrémité du tuyau sur le raccord en fonte, dont l'entrée est légèrement évasée afin de rendre l'emmanchement plus facile : une petite paillette en acier comble le vide des deux mâchoires et permet de pincer le caoutchouc sur tout son pourtour afin de rendre le joint parfait (fig. 13 à 16 de la planche n° 17).

Dans les appareils types 1874 et 1875 on supprima le col de cygne en fonte, et les extrémités des conduites furent reliées par un tuyau en caoutchouc muni de raccords à vis, du modèle ordinairement employé entre les locomotives et leurs tenders (fig. 11 et 12 de la planche n° 17).

(1) Mémoire de M. Plainemaison.

Prix de revient des appareils. — Les dépenses de construction et d'installation se sont élevées approximativement aux sommes suivantes⁽¹⁾ :

« Appareil des voitures de 1 ^{re} classe	471 ^f ,30
« d° d° de 2 ^e d°	540 ^f ,45
« d° d° de 3 ^e d°	636 ^f ,90

Conduite du chauffage. — Chauffage avant le départ. —

Pour chauffer un train avant son départ, toutes les voitures étaient raccordées entre elles; on fermait, par un bouton à vis, une des extrémités de la conduite centrale, tandis que la vapeur était admise par l'autre extrémité.

Les valves étant convenablement ouvertes, la vapeur réchauffait également l'eau de toutes les chaufferettes, et la vapeur sortait sèche en même temps de chacun des tubes d'évacuation. On cessait l'admission de la vapeur quand la température de l'eau était voisine de 100°, ce qui se reconnaissait au dégagement de vapeur par le siphon ou par le tube du vase de trop plein.

Si primitivement les valves étaient complètement ouvertes, elles devaient être fermées successivement et au fur et à mesure de la sortie de la vapeur sèche des conduites.

Réchauffage du train. — Les voitures étant chauffées environ une heure avant le départ, étaient réchauffées après une heure de marche, puis les autres réchauffages avaient lieu à des intervalles d'une heure et demie à deux heures.

Les appareils des voitures étant restés en communication, pour réchauffer le train, on fermait une des extrémités de la conduite par un bouchon et on lançait la vapeur par l'autre, en opérant comme pour le chauffage.

(1) D'après les renseignements de M. Plainemaison.

Emploi de la machine du train comme source de vapeur.

— Pendant les expériences de 1873 et de l'hiver 1873-1874, la vapeur était fournie par la machine même du train, ce qui permettait de chauffer, soit dans les gares, soit en marche.

Cette méthode exige (1) « beaucoup d'attention de la
« part du mécanicien pour n'ouvrir le robinet de vapeur
« que pendant le temps exactement voulu, afin de ne pas
« faire volatiliser l'eau des bouillottes en pure perte; enfin
« elle ne peut pas s'appliquer d'une manière générale. »

Emploi des machines de réserve. — Lorsqu'en 1874 on appliqua aux trains mixtes le chauffage à la vapeur, l'interposition des wagons à marchandises ne permettait plus d'employer la machine du train. On utilisa alors les machines de réserve, soit en les amenant sur une voie latérale près du train, soit en établissant une conduite souterraine allant de la voie de garage de la réserve à celle du stationnement du train.

Conduites souterraines. — A Saintes et à Angoulême, deux conduites souterraines ont été établies : on les mettait en communication par des tubes en caoutchouc de 4^m à 5^m de longueur, d'une part avec la machine, et, de l'autre, avec les tuyaux des appareils de chauffage. Ces deux conduites ont été construites à Angoulême avec d'anciens tubes de machines en laiton soudés les uns au bout des autres, à Saintes avec de vieux tubes en fer venant des appareils démolis : ces tubes, filetés à leurs extrémités et réunis par des manchons à vis, ont été posés

(1) Rapport de M. Plainemaison sur le chauffage de l'hiver 1874-1875.

dans une tranchée creusée à 0^m,30 de profondeur et simplement recouverts de terre.

Temps nécessaire pour le chauffage. — Dans les gares où il n'y avait pas de conduites souterraines, à Coutras, à la Roche-sur-Yon, à Jarnac, il fallait de huit à dix minutes pour chauffer les trois voitures. En tenant compte de la manœuvre que devait exécuter la machine pour venir près du train et du temps perdu, quinze minutes étaient nécessaires pour le chauffage.

La pression, dans la chaudière, étant comprise entre 7^{kg},50 et 8^{kg}, il fallait cinq minutes pour réchauffer la conduite souterraine de Saintes, d'une longueur de 60^m; au bout de ce temps, on observait une pression de 3^{kg} à l'extrémité de la conduite; dix minutes suffisaient ensuite pour chauffer les trois voitures, la pression à la sortie du dernier tube étant de 1^{kg},500.

Temps nécessaire pour le réchauffage. — Le réchauffage d'un train ordinaire, composé de trois à quatre voitures, se faisait en six à huit minutes, la vapeur étant admise pendant deux minutes environ.

Résultats des expériences. — Nous reproduirons les résultats des essais qui nous ont été communiqués.

Les appareils du type de 1873 ont seuls été expérimentés, mais les modifications dans la construction des appareils n'ont pas influé sur les résultats calorifiques.

Le plus grand nombre des expériences ont été faites sur des trains ne comprenant que trois ou quatre voitures, composition normale sur le réseau des Charentes.

Un thermomètre placé en dehors de la voiture donnait la température extérieure; on lisait la température inté-

rieure sur un seul thermomètre, posé dans un filet; enfin, un troisième thermomètre, plongeant dans une chauffe-rette par le trou de remplissage, indiquait la température de l'eau.

Expérience du 22 octobre 1873, faite en stationnement à Saintes. — Dans l'expérience faite en stationnement à Saintes le 22 octobre 1873, le train se composait de trois voitures ainsi disposées : une de 1^{re} classe, une de 2^e classe et enfin une voiture de 1^{re} classe. On commença l'expérience à 9^h 11'. — La température de l'eau et celle de l'air extérieur étaient de + 10°. La pression de la vapeur dans la chaudière était de 7^{kg},500.

NUMÉROS D'ORDRE DES VOITURES	HEURES DE SORTIE de LA VAPEUR SÈCHE	TEMPÉRATURE DE L'EAU dans LES BOUILLOTTES
	heures min.	degrés
1 ^{re} voiture.	9 16	87
2 ^e d ^e	9 19	88
3 ^e d ^e	9 18	87

La valve de la deuxième voiture n'étant pas suffisamment ouverte, on cessa d'introduire de la vapeur seulement à 9^h 21'.

A ce moment, la température de l'eau dans la première voiture était de 97°.

Le chauffage des trois voitures demanda donc dix minutes.

Cette expérience est une de celles qui permirent de déterminer la quantité de vapeur condensée; on trouva



CHAUFFAGES DE LA COMPAGNIE DES CHARENTES.

45^{ks} pour les trois voitures, soit 15^{ks} (1) pour chacune d'elles.

Expérience en marche du 30 octobre 1873. — Une expérience fut faite en marche le 30 octobre 1873. Le train se composait de neuf voitures, avec machine et fourgon en tête.

La température de l'eau des bouillottes avant le chauffage et celle de l'air extérieur pendant toute la durée de l'essai étaient de + 5°.

La pression de la chaudière était de 7^{ks},500.

ORDRE DES VOITURES	DÉSIGNATION de LA CLASSE	GRANDEUR des OUVERTURES des valves	HEURES DE SORTIE de la vapeur sèche	TEMPÉRATURES	
				5 HEURES APRÈS L'EXPÉRIENCE	
				dans les voitures	dans les bouillottes
			matin	degrés	degrés
1	3 ^e	1/4	9 ^h .53'	13	30
2	3 ^e	1/4	9 ^h .52'	»	»
3	3 ^e	1/2	9 ^h .48'	13	35
4	2 ^e	1/2	9 ^h .50'	»	30
5	1 ^{re}	3/4	9 ^h .51'	12	40
6	1 ^{re}	3/4	9 ^h .51'	»	»
7	2 ^e	1	9 ^h .53'	»	30
8	1 ^{re}	1	» »	»	»
9	1 ^{re}	1	9 ^h .55'	11	20

On n'a pas noté la température de l'eau dans les bouil-

(1) Ce nombre est beaucoup trop faible. Si, ne tenant pas compte du refroidissement dû aux tuyaux, l'on ne considère que l'élevation de température de l'eau de 10° à 87°, on trouve, à l'aide des tables de M. Régnault, qu'il faudrait 16^{ks} de vapeur par voiture. Il est probable que l'expérience a été mal faite.

d'une voiture; le poids de la vapeur condensée dans la tuyauterie d'une voiture a été de 3^{kg}.

M. Plainemaison indique une dépense totale de 24^{kg} de vapeur.

Réchauffage. — Il n'a pas été fait d'expérience pour déterminer la quantité de vapeur condensée pour le réchauffage.

D'après M. Plainemaison, elle serait de 11^{kg} par voiture, en comprenant la condensation dans la tuyauterie.

Condensation dans les conduites souterraines. — Diverses expériences ont établi que, pendant le chauffage d'un train ordinaire, il se condensait environ 3^{kg} de vapeur dans la conduite de Saintes, mesurant 60^m de longueur et 0^m,50 de diamètre intérieur.

Dépenses de combustible. — D'après ces bases, le chauffage d'une voiture entrant dans la composition d'un train dont le trajet durerait dix heures exigerait :

Pour le chauffage avant le départ	24 ^{kg}
et pour les quatre réchauffages, $11 \times 4 =$	44 ^{kg}
	68 ^{kg}

Soit 6^{kg},8 par heure.

« Comme 1^{kg} de briquettes, dit M. Plainemaison, valant 0^f,0335 peut vaporiser 8^{kg} d'eau, la dépense sera de 0^f,0284 par heure et par voiture (1). »

(1) Dans cette évaluation on ne tient pas compte de la vapeur qui s'échappe sans s'être condensée, de la condensation dans les conduites souterraines quand on les emploie, de la houille brûlée pour maintenir en pression les machines de réserve; enfin les chiffres admis sont trop voisins des chiffres théoriques : aussi ne saurions-nous admettre la dé-

Dépenses de main-d'œuvre. — Les diverses manœuvres nécessaires pour le chauffage des voitures ont toujours été faites par les agents des gares, et l'on n'a pas tenu compte du temps ainsi employé.

Dépenses d'entretien. — Il n'y a pas eu de compte établi pour les dépenses d'entretien qui ont été cependant très-importantes, les ouvriers du petit matériel de Saintes ayant travaillé constamment aux appareils pendant les hivers 1873, 1874 et 1875.

Inconvénients résultant des dispositions de construction des appareils. — Les appareils établis successivement présentaient par leurs dispositions plusieurs inconvénients :

Appareils de 1873. — 1° On ne vidait pas les appareils, car le remplissage de chacune des chaufferettes, devant se faire avec un entonnoir, durait trop longtemps; par suite, l'eau des bouillottes gelait et causait des fuites aux joints et aux soudures.

2° Sous l'influence de la chaleur le caoutchouc des tuyaux de raccord se désagrégait; les colliers le détérioraient; aussi devait-on remplacer au moins un de ces tuyaux à chaque voyage.

3° Le caoutchouc entraîné bouchait le serpentin en fer.

4° L'eau de condensation gelait dans les conduites extérieures, ce qui produisait de nombreuses ruptures et rendait le chauffage plus lent.

5° Il arrivait assez fréquemment que le siphon placé

pense indiquée, et croyons-nous que la dépense vraie est très-notablement supérieure.

sous les banquettes contenait de la glace; la température de l'eau des appareils pouvait alors s'élever au delà de 100° et les bouillottes se boursouflaient.

6° Les conduites souterraines, n'étant pas préservées du refroidissement, produisaient une chute de pression considérable (soit 4^{kg},500 à Saintes).

7° Les tuyaux en serpentins ne pouvaient se nettoyer.

8° La condensation de la vapeur était imparfaite; le dégagement de vapeur était désagréable et pouvait occasionner des accidents.

Appareils de 1874. — Les appareils de 1874 ne furent pas construits assez solidement : la tôle de 0^m,001 des chauffeuses se déformait, les soudures des joints ne résistaient pas; aussi les appareils étaient-ils constamment en réparation.

Le remplissage n'était pas plus rapide qu'avec les appareils de 1873.

Le tuyau en zinc de 0^m,012 de diamètre placé à l'orifice du tube en laiton intérieur, et destiné à rejeter en dehors du châssis l'eau de condensation, était fréquemment obstrué par des débris de caoutchouc.

Le tube en laiton, ne pouvant se dilater librement, exerçait une forte pression sur les fonds des chauffeuses qui étaient ainsi très-souvent dessoudés.

Les robinets adoptés en remplacement des valves étaient plus difficiles à régler que ces dernières.

Enfin (1), « si l'admission de la vapeur est bien réglée, « il ne sort que de l'eau par l'extrémité du tube de laiton; « mais il est difficile d'arriver à ce résultat; le petit trou « se bouche, et dès lors cette disposition présente les

(1) Mémoire de M. Plainemaison.



« mêmes inconvénients que la précédente. » (Celle de 1873.)

Appareils de 1875. — Dans les appareils construits en 1875 la condensation de la vapeur dans l'eau des chaufferettes produisait un sifflement qui effrayait les voyageurs.

L'eau des chaufferettes pouvant se rendre dans une partie de la canalisation extérieure, on avait plus à craindre les effets de la gelée que dans les deux premières dispositions.

Inconvénients que présentait la conduite des opérations de chauffage et de réchauffage. — 1° L'emploi d'une machine de réserve n'était pas pratique; à Saintes, elle restait en pression jour et nuit pour chauffer les trains. La dépense de combustible était donc loin d'être négligeable. Il arrivait aussi assez fréquemment que la machine de réserve n'était pas dans la gare; dans ce cas, si la machine du train faisait des manœuvres, les voitures n'étaient pas réchauffées. Ce fait s'est présenté maintes fois.

2° A défaut d'une longue conduite souterraine, l'emploi d'une machine de réserve exigeait une voie disponible près du train à chauffer, ce qui gênait les manœuvres.

3° Le train devait s'arrêter à une distance convenable de la machine de réserve ou de l'extrémité de la conduite, à cause des tubes en caoutchouc qui avaient 4^m ou 5^m de longueur; le service de l'exploitation était entravé et les agents se montraient peu disposés à assurer le chauffage.

4° A un signal déterminé, le mécanicien devait cesser d'envoyer de la vapeur dans les conduites; la nuit ou par des temps de brouillard, les signaux n'étaient pas toujours



compris, et la pression s'élevant rapidement dans les appareils déchirait les tuyaux en caoutchouc.

Durée de l'application du système de chauffage à la vapeur sur le réseau des Charentes. — Depuis le 24 novembre 1873 jusqu'au 1^{er} avril 1875, il a été chauffé chaque jour sept trains composés chacun de trois ou quatre voitures, lesquels ont fait un parcours total de 444,600^{km} correspondant à 352,261^{km} faits par une voiture.

Trenté-quatre voitures ont reçu les divers appareils.

Motifs de l'abandon de ce système de chauffage. — M. Falquerolles, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie des Charentes, successeur de M. Plaine-maison, n'a pas cru devoir continuer les expériences de chauffage pour les raisons suivantes, que nous avons déjà signalées :

1° Il a jugé trop coûteuse l'application du système étendue à tout son matériel.

2° Les appareils en usage étant mal construits, et présentant des dispositions vicieuses, exigeaient des réparations continuelles (tôle des bouillottes trop mince, fusion et désagrégation du caoutchouc, etc.).

3° Les trains mixtes, si fréquents dans le service de la Compagnie, rendaient le chauffage très-difficile, et, dans la plupart des cas, il était impossible d'employer la machine du train ou la machine de réserve.

4° Enfin la consommation de combustible était loin d'être négligeable, puisqu'à Saintes une machine restait constamment en pression pour le chauffage des trains.

La Compagnie a complètement abandonné ces essais.



DEUXIÈME PARTIE

EXPÉRIENCES ET ESSAIS DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'EST PENDANT LES HIVERS DE 1874, 1875 & 1876

Cette partie se divise en six chapitres :

CHAPITRE V. — *Essais et expériences sur le chauffage des voitures au moyen de poêles.*

CHAPITRE VI. — *Essais et expériences sur le chauffage des voitures au moyen d'appareils à air chaud.*

CHAPITRE VII. — *Essais et expériences sur le chauffage des voitures à l'aide de charbons agglomérés (briquettes, charbon nouveau, charbon de Paris).*

CHAPITRE VIII. — *Essais et expériences sur le chauffage des voitures au moyen d'un courant d'eau chaude circulant dans des appareils fixes.*



CHAPITRE IX. — *Expériences sur le chauffage par bouillottes mobiles à eau chaude et étude des améliorations à y apporter.*

CHAPITRE X. — *Examen des propositions diverses, des idées originales émises par un grand nombre d'inventeurs dont les projets n'ont point reçu d'applications.*

CHAPITRE V

ESSAIS ET EXPÉRIENCES SUR LE CHAUFFAGE DES VOITURES AU MOYEN DE POÊLES.

CHAUFFAGE AU MOYEN D'UN POÊLE.

La solution du chauffage des voitures qui semble la plus simple consiste à placer un poêle dans l'intérieur du véhicule. C'est, comme nous l'avons vu dans le précédent chapitre, ce que l'on fait assez généralement en Allemagne, en Suisse et en Russie ; mais les voitures que l'on munit de poêles dans ces pays sont le plus souvent du type américain, tandis qu'en France, en raison de l'isolement complet des compartiments des voitures de 1^{re} et 2^e classe, ce système de chauffage paraît, de prime abord, à peine applicable aux seules voitures de 3^e classe.

Quoi qu'il en soit, pour déterminer les avantages et les inconvénients des poêles, nous avons monté un de ces appareils dans une de nos voitures de 3^e classe dont les compartiments communiquent entre eux au-dessus des appuie-tête.

Type du poêle expérimenté. — Nous avons fait choix du poêle-calorifère au coke type D, n^o 5, de la Compagnie Pari-



sienne du gaz; les figures 1 à 6 de la planche n° 2 le représentent, ainsi que la disposition de son montage dans la voiture. Cet appareil agissait de deux manières : par rayonnement direct d'une part, et par l'introduction d'un courant d'air pris au dehors et chauffé au contact de l'appareil, d'autre part.

Description du poêle. — Ce poêle se compose d'un foyer, d'un réservoir à combustible, d'un cendrier en fonte et de deux enveloppes concentriques en tôle et fonte.

Foyer. — Le foyer, dont la forme est sensiblement celle d'une demi-sphère, présente trois ouvertures :

A la partie inférieure, un orifice circulaire est placé au-dessus de la grille; sur le côté, une ouverture rectangulaire sert à piquer le feu; à la partie supérieure, le foyer est ouvert sur toute sa section.

L'ouverture latérale est fermée par une porte munie d'un papillon servant de regard.

Réservoir. — Un cône en fonte surmonte le foyer, et les bossages qu'il porte reposent sur des pattes venues de fonte avec le foyer.

Ce cône sert de réservoir à combustible et rend l'alimentation continue.

Pour faciliter la descente du combustible, on a placé la petite base du cône à la partie supérieure, et pour la commodité du remplissage on l'a terminée par une pièce en forme d'entonnoir.

Un couvercle en tôle, à charnières, ferme le réservoir.

Cendrier. — Le cendrier porte le foyer et sert de socle au poêle. Il est rectangulaire, et sa paroi supérieure est

percée d'un orifice circulaire au point où se trouve la grille.

Sur le côté, il présente une autre ouverture rectangulaire fermée par une porte. Celle-ci est munie d'une valve demi-circulaire pour permettre de régler l'introduction de l'air sous le foyer.

Pendant les expériences, les portes du foyer et du cendrier étaient cadenassées, afin d'empêcher les voyageurs de les ouvrir.

Le cendrier contient un tiroir mobile en tôle pour recevoir les cendres.

Grille. — La grille, d'une surface totale de $0^{\text{m}^2},0079$, est placée dans ce cendrier. On peut la déplacer horizontalement, de façon à faire tomber le feu.

Enveloppe intérieure. — Le réservoir à combustible est entouré d'une enveloppe en tôle, ajustée sur la partie supérieure du foyer et se terminant contre l'entonnoir de remplissage.

Les produits de la combustion se répandent entre le réservoir et cette enveloppe, puis s'échappent par un tuyau horizontal placé sur le derrière de l'appareil et vers le milieu de la hauteur de l'enveloppe.

Cheminée. — La cheminée, en tôle, se raccorde par un coude à emboîtement avec ce tuyau horizontal.

Elle s'élève verticalement, traverse le pavillon et le dépasse d'environ $0^{\text{m}},20$; pour faciliter le tirage on l'a surmontée d'un chapeau.

Enveloppe extérieure. — L'ensemble du cendrier, du foyer, du réservoir à combustible et de son enveloppe est en-

touré d'une deuxième enveloppe composée de viroles en tôle assemblées par des anneaux en fonte.

Cette enveloppe descend jusqu'au plancher de la voiture, et est percée sur tout le pourtour de sa partie supérieure.

Prise d'air pour la combustion. — L'air nécessaire à la combustion était fourni par un tuyau de 0^m,050 de diamètre intérieur, qui partait du cendrier, traversait l'enveloppe du poêle, se recourbait à angle droit pour traverser le plancher et aboutissait à l'extérieur, à quelques centimètres au-dessous du châssis.

Aucun appareil spécial ne forçait, d'ailleurs, l'air à entrer dans ce tuyau.

Prise d'air pour le chauffage. — Un autre tuyau de 0^m,120 de diamètre intérieur amenait l'air extérieur entre les deux enveloppes du poêle, à la hauteur du cendrier.

Cette prise d'air, après avoir traversé le plancher, se terminait à l'extérieur par deux trompes garnies de toile métallique et orientées suivant le grand axe de la voiture.

L'air introduit par le mouvement même du véhicule s'échauffait au contact du foyer et de l'enveloppe intérieure, et s'échappait dans la voiture par les orifices ménagés dans l'enveloppe extérieure.

On avait établi dans le tuyau de prise d'air un papillon dont l'axe aboutissait au dehors du brancard, ce qui permettait, au moyen d'un secteur denté, de régler la quantité d'air introduite.

Installation du poêle dans la voiture. — Le poêle fut établi dans la voiture à la place de la stalle du milieu d'une des banquettes du compartiment central.



Il fut placé de façon à affleurer la traverse de banquette pour laisser libre le passage dans le compartiment.

Des cloisons (fig. 1 à 3 de la planche n° 2) plus élevées que le poêle devaient protéger les voyageurs qui occupaient les places contiguës à l'appareil.

Ces deux cloisons latérales, ainsi que la cloison de séparation du compartiment, formaient ainsi une sorte de niche.

Pour prévenir tout danger d'incendie, les faces de cette niche étaient garnies de tôles maintenues à une petite distance, et qui ménageaient ainsi une couche d'air isolante.

Deux colliers en fer embrassaient l'enveloppe extérieure et fixaient le poêle à la cloison de séparation.

Résultats calorifiques. — En faisant fonctionner le poêle comme calorifère à air chaud, nous avons obtenu un effet utile moyen de 15° , c'est-à-dire que la moyenne des températures constatées dans la voiture a été supérieure de 15° à celle de l'air extérieur, et ce chiffre eût été certainement dépassé s'il n'avait fallu ouvrir fréquemment les fenêtres, en raison de la chaleur excessive qui se produisait dans le voisinage de l'appareil.

Le compartiment central, où le poêle était monté, atteignait en moyenne une température supérieure de 20° à celle des compartiments extrêmes.

La voiture étant entièrement fermée, nous avons constaté *des températures de 58°* sur la banquette faisant face au poêle, et, au même moment, la température sous les banquettes des compartiments extrêmes *était seulement de 13°* , les thermomètres extérieurs marquant $+8^{\circ}$ pendant cette expérience.

La température était en moyenne de 15° plus élevée près du pavillon qu'à $0^{\text{m}},20$ au-dessus du plancher.

L'air chaud se répartissait également entre les deux extrémités de la voiture et le long des deux parois latérales.

La suppression de l'introduction de l'air extérieur entre les deux enveloppes du poêle réduisait l'effet utile à 13°, 2, mais la répartition de la chaleur n'était pas sensiblement meilleure.

La température maxima, atteinte dans la voiture, fut encore de 39° pour une température extérieure de + 11°.

L'écart moyen entre le point le plus chaud, situé sur le dossier du siège en face du poêle, et le point le plus froid, placé sous les banquettes des compartiments extrêmes, s'élevait à 25°.

Résumé des expériences. — Les résultats principaux de quatre expériences sont groupés dans le tableau suivant :

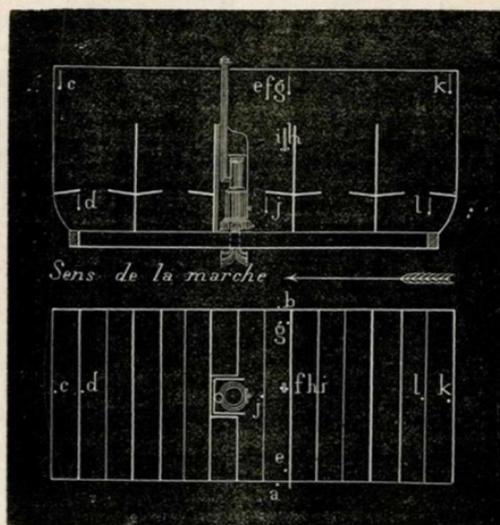
Poêle de la Compagnie Parisienne appliqué à la voiture de 3^e classe, C 4302.

DATE de L'EXPÉ- RIENCE	NUMÉRO DU TRAIN	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT DE TEMPS	TEMPÉRATURE MOYENNE		EFFET UTILE	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationn ^t à Nancy		exté- rieure	inté- rieure			
1874		kilogr.	kilogr.		deg.	deg.	deg.	degrés	(Dans toutes les expériences on a employé le coke de gaz pour l'alimentation du foyer.)
15 janv.	52	1.080	"	couvert	6.4	24	17.6	46	Poêle fonctionnant comme calorifère. { Pendt une grande partie de la route, les châssis de glaces ont été ouverts.
16 —	35	"	0.646	"	8.7	22.6	13.9	45	d° { Quelques châssis ont été ouverts pendant le parcours.
17 —	32	1.500	"	"	"	"	"	"	d° { La prise d'air du foyer était complètement fermée.
19 —	32	0.668	0.600	pluie	8.3	21.5	13.2	25	Poêle fonctionnant par rayonnement. { La prise d'air du foyer était réduite de moitié. Voiture entièrement fermée.

Expérience en marche du 15 janvier 1874. — Pour bien faire ressortir la mauvaise distribution de chaleur que donne le poêle, il nous paraît nécessaire de reproduire le procès-verbal d'une des expériences faites dans un train en marche.

La voiture n'était occupée que par l'expérimentateur,

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES



(Voir à la page suivante le tableau des Températures.)

OBSERVATIONS.

« Le thermomètre *h* avait son réservoir tourné vers la cloison, le thermomètre *i* faisait face au poêle.

« Le poêle fut allumé à Nancy quinze minutes avant le départ du train ; la température de la voiture était alors égale à la température extérieure ; le registre d'in-

*

Tableau des températures.

STATIONS	HEURES	THERMOMÈTRES EXTÉRIEURS		INDICATION DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS										ÉTAT DU TEMPS CHARGEMENTS ET OBSERVATIONS				
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l					
Nancy (départ) . . .	6 ^h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	Temp. convert, châssis fermés, registre complètement ouvert.
Toul.	7 ^h 07'	5.5	5	18.5	9	20	32.5	30.5	25	33	34	49.5	8.5					
Commercy	7 ^h 56'	6	6	22.5	10	37	41	38	30	30.5	42	24	9					
Bar-le-Duc	9 ^h 14'	6	6	28	11	47	53	48.5	45.5	54	57	30	11					Chargement de combustible, châssis ouverts, registre fermé.
Sarrazelle.	10 ^h	6	4.5	7	7	12	13	9	22	23	29	5.5	6					Châssis fermés du côté du vent, registre ouvert à moitié.
Blesme.	10 ^h 30'	6.5	5	12.5	9	17	22	17.5	23	20.5	39.5	9	6					Châssis fermés du côté du vent, registre complètement ouvert, chargement de combustible.
Châlons	14 ^h 55'	6.5	5	12.5	9	20	24	21	26.5	32	38	42	7					Le registre et tous les châssis fermés.
Épernay	4 ^h 15'	6.5	6	15	10	18.5	23.5	19	22	25.5	29.5	40	9					Registre fermé, tous les châssis de portières ouverts du côté opposé au vent, chargement de combustible.
Château-Thierry. . .	2 ^h 35'	7.5	7	24	11	43	40.5	44	44	53	52.5	26	9					
La Ferté.	3 ^h 25'	8	7	19.5	12.5	31	36.5	32	39	44	45.5	14	11					
Meaux.	3 ^h 55'	8.5	7.5	19.5	12	30	35	30.5	37	42	42	43	11					
Paris (arrivée) . . .	5 ^h 15' soir	8.5	6	21	12	30	35.5	29	37	43	44	43	11					

« troduction de l'air extérieur entre les enveloppes du
 « poêle fut entièrement ouvert, et tous les châssis furent
 « fermés. Entre Longeville et Bar-le-Duc, la température
 « devint insupportable, et, la peinture de la traverse de la
 « banquette faisant face au poêle se boursoufflant, on fut
 « obligé de l'arroser plusieurs fois et d'ouvrir tous les
 « châssis.

« Dans le parcours d'Epernay à Château-Thierry, on
 « a de nouveau fermé complètement la voiture. — La
 « banquette faisant face au poêle était exposée à une cha-
 « leur si élevée qu'il devint nécessaire de l'arroser plu-
 « sieurs fois. A l'arrivée à Château-Thierry, la température
 « intérieure était suffocante; on dut ouvrir les châssis de
 « portières d'un côté de la voiture afin de faire tomber la
 « température. »

Nous reproduisons sur le graphique de la planche n° 2
 les courbes des températures indiquées par les thermo-
 mètres *c, d, f, j, k, l*, placés à l'intérieur de la voiture, et
 par le thermomètre *b*, placé à l'extérieur.

Influence du sens de la marche et des chargements de combustible. — Par la position qu'elle occupe au centre de la voiture, la cheminée du poêle se trouve toujours dans les mêmes conditions de tirage; aussi constate-t-on que le fonctionnement de l'appareil n'est pas influencé par le sens de la marche.

Les chargements de combustible n'ont pas non plus d'influence caractérisée sur la température intérieure de la voiture, à condition toutefois qu'on ne laisse pas la cloche d'alimentation se vider complètement.

Dans nos expériences, on chargeait du combustible toutes les trois heures. Il était en même temps nécessaire

de piquer la grille pour la débarrasser du mâchefer qui se formait abondamment.

Les foyers devaient être entretenus de l'intérieur de la voiture, ce qui rendait le service difficile pour les agents et gênant pour les voyageurs.

Consommation de combustible et prix de revient du chauffage. — La consommation de combustible, résultant de l'ensemble de nos expériences, s'est élevée à :

1^{kg},400 par heure de marche,

0^{kg},650 — de stationnement.

Ce qui donne, pour prix de revient du chauffage, le coke employé étant à 40^f la tonne :

0^f,044 par heure de marche,

0^f,026 — de stationnement.

Dépenses d'installation de l'appareil. — Le prix de revient du poêle complet, y compris les dépenses d'installation, dans une voiture de troisième classe serait d'environ 250^f.

Conclusions des expériences. — Malgré les résultats calorifiques élevés constatés dans nos essais, nous pensons que l'on ne peut chauffer par des poêles les voitures françaises de troisième classe.

Nos expériences établissent en effet :

Que ce mode de chauffage est malsain et, à la longue, dangereux pour la santé publique, puisque la tête des voyageurs se trouve exposée à une température beaucoup plus élevée que la partie inférieure du corps ;

Que le compartiment du milieu de la voiture ne peut être occupé sans inconvénients graves, à cause des hautes températures qui s'y produisent ;



POÈLES.

185

Enfin, que les compartiments extrêmes sont peu ou point chauffés.

De plus, l'installation du poêle dans l'intérieur de la voiture nécessite la suppression d'une stalle et réduit ainsi le nombre des voyageurs transportés par véhicule.

Quant à l'application d'un pareil système de chauffage à chaque compartiment de 1^{re} et de 2^e classe, il n'y fallait évidemment pas songer.

Les expériences sur les poêles ont été de peu de durée, les voyageurs ayant unanimement manifesté la plus vive répugnance pour ce mode de chauffage qu'ils cherchaient à combattre en ouvrant complètement toutes les fenêtres.



CHAPITRE VI

ESSAIS ET EXPÉRIENCES SUR LE CHAUFFAGE DES VOITURES AU MOYEN D'APPAREILS A AIR CHAUD.

APPAREIL A AIR CHAUD, SYSTÈME GRANDVALLET ET KIÉNAST.

Principe. — L'appareil proposé par MM. Grandvallet et Kiénast, reproduit planche n° 18, figures 1 à 6, est un calorifère à air chaud, dont le foyer est alimenté soit par un combustible spécial, aggloméré sous forme de briquettes de grandes dimensions, soit par de la braise nitratée. Les briquettes sont spécialement employées dans les longs parcours.

L'air s'échauffe en passant dans un serpentin en cuivre rouge au centre duquel est placé le foyer de l'appareil; l'air est chassé dans ce serpentin et, de là, dans le véhicule par le mouvement même de ce dernier.

Nous avons fait l'application de ce système sur une de nos voitures de 3^e classe.

Description. — L'appareil consiste en une caisse en fonte, servant d'enveloppe au foyer et aux conduits d'air chaud, et placée en dessous du châssis vers le milieu de la longueur de la voiture.

APPAREILS A AIR CHAUD.



Une enveloppe en tôle protège l'appareil contre le refroidissement.

Foyer. — Un cadre en fer, établi dans la partie centrale de la caisse en fonte, supporte le foyer. Celui-ci se compose d'un tiroir mobile, muni d'une poignée à une de ses extrémités. Les côtés de ce tiroir sont en tôle perforée et le dessous est formé d'un grillage en fil de fer, construction qui facilite l'accès de l'air autour du combustible. Ce tiroir reçoit directement le combustible lorsqu'on emploie les briquettes de grandes dimensions fabriquées spécialement pour cet appareil; mais si l'on fait usage de la braise nitratée, celle-ci est placée préalablement dans un panier en fil de fer, à larges mailles, servant à l'allumage et au transport du combustible incandescent.

Portes de chargement et de nettoyage. — La face extérieure de l'appareil est percée de deux ouvertures fermées par des portes en tôle et à charnières munies de loquets. L'ouverture supérieure, pratiquée à la hauteur du cadre en fer qui supporte le panier à combustibles, sert au chargement du foyer.

La porte du bas sert à enlever les cendres que font tomber du tiroir les trépidations de la marche.

Prises d'air pour la combustion. — L'air nécessaire à la combustion s'introduit autour du foyer par de petites ouvertures pratiquées à la partie inférieure de la caisse en fonte.

Orifices de sortie des produits de la combustion. — La sortie des gaz de la combustion a lieu par deux rangées d'ouvertures placées de chaque côté de la plaque rapportée qui forme le dessus de la caisse en fonte.

La section de ces ouvertures et, par suite, l'activité de la combustion se règlent au moyen de petits registres manœuvrés par une tringle à poignée traversant le brancard du châssis.

Conduites d'air chaud, serpentins. — Autour du foyer central et à l'intérieur de la caisse en fonte s'enroulent en ellipse trois serpentins en cuivre rouge décrivant chacun trois spires et demie autour du foyer et servant au passage de l'air destiné au chauffage (fig. 5 et 6 de la planche n° 18).

Prise d'air pour le chauffage, manches à vent. — Chacun de ces serpentins débouche à sa partie inférieure dans une tubulure fixée contre le dessous de l'enveloppe du foyer. L'air pénètre dans cette tubulure par deux manches à vent s'ouvrant en sens inverse et dirigées vers les deux extrémités de la voiture.

Dans les tubulures s'accablent les corps étrangers qui, pendant la marche, peuvent s'introduire par les orifices des manches à vent, et que l'on fait tomber au moyen d'un registre mobile horizontal et commun à toutes les tubulures.

Clapets des manches à vent. — Les manches à vent des prises d'air sont fermées par des clapets mobiles qui permettent de régler le volume d'air introduit dans la voiture.

Sur chaque côté de l'appareil est disposé un axe qui commande simultanément les clapets des trois manches à vent. Un cliquet, qui s'engage dans une roue dentée et calée sur l'axe des clapets, maintient ceux-ci dans la position voulue.

L'introduction de l'air se fait par le côté exposé au choc de l'air pendant la marche du train, et les clapets



des manches à vent, tournés du côté opposé, doivent être fermés afin que l'air soit obligé de s'engager dans les serpentins.

Tuyaux de distribution. — A la partie supérieure de la caisse en fonte, les serpentins communiquent avec les tuyaux de distribution. Ceux-ci, courant en dessous du plancher de la voiture, viennent aboutir à trois bouches de chaleur placées sous les banquettes contre les cloisons de séparation (fig. 1 à 3 de la planche n° 18).

Bouches de chaleur. — Les bouches de chaleur sont formées d'une boîte en bois, présentant sur ses deux faces longitudinales des ouvertures garnies d'une toile métallique à mailles très-serrées.

Aucun appareil de réglage n'est mis à la disposition des voyageurs. Seuls les agents peuvent modifier le chauffage en faisant varier l'ouverture des clapets des manches à vent.

Combustible. — Dans nos essais, nous avons employé la braise nitratée fournie par les inventeurs et le combustible aggloméré dit *charbon nouveau*.

Les charbons nouveaux étaient successivement allumés sur une forge, puis placés dans le panier.

Résultats calorifiques obtenus sur la voiture de 3^e classe occupée par les expérimentateurs seuls. — Les résultats calorifiques que nous avons obtenus ont été presque nuls.

Effet utile. — Avec la braise nitratée, la température moyenne de l'intérieur de la voiture ne s'est élevée que de 4° au-dessus de la température extérieure.

Dans les essais faits avec le charbon nouveau, l'effet utile n'a été que de 3°.

Distribution de la chaleur. — La répartition de la température était assez bonne ; mais ce fait est de peu d'importance si l'on considère les quantités minimales de chaleur émises par l'appareil.

Dans la voiture, les températures la plus haute et la plus basse obtenues dans nos expériences n'ont dépassé que de 7°,5 et de 2° la température extérieure.

Un thermomètre, placé au contact de la toile métallique de la bouche de chaleur du milieu de la voiture, ne s'est pas élevé à plus de 19°.

Pour préciser ces résultats, nous reproduisons le procès-verbal de l'expérience faite pendant la nuit du 6 au 7 décembre 1873 dans un voyage d'aller et retour, entre Paris et Châlons.

Trois autres essais nous ont donné d'ailleurs les mêmes résultats.

« APPAREIL KIÉNAST

« APPLIQUÉ A LA VOITURE DE 3^e CLASSE C 1018.

« *Expérience des 6 et 7 décembre 1873, par trains 41 et 42, de Paris à Châlons et retour.*

« Le combustible employé a été la braise nitrâtée
« fournie par M. Kiénast.

« Le panier en fil de fer étant complètement rempli de
« braise (charge de 1^{kg},700), on procède à l'allumage
« (8^h 52) qui, fait sur un feu de forge, prend dix minutes.



« A 9^h 02' du soir, on met le panier dans l'appareil.
 « Avant le départ, les valves d'entrée d'air, placées en
 « avant dans le sens de la marche, sont ouvertes de façon
 « à se trouver dans le prolongement de la paroi supé-
 « rieure de la bouche. Les registres du haut de l'appareil
 « sont complètement ouverts, afin que la combustion soit
 « aussi active que possible.

« Au moment du départ, on recharge le panier d'une
 « pelletée de braise (0^{kg},266), l'allumage ayant été peut-
 « être trop complet.

« De Paris à Châlons, on charge à Meaux deux pelle-
 « tées, à Château-Thierry trois, à Épernay trois, à l'arri-
 « vée à Châlons trois.

« Au départ de Châlons (après cinquante et une mi-
 « nutes de stationnement) on charge une pelletée.

« Dès l'arrivée à Châlons, on ferme les registres du
 « haut de l'appareil et on les tient en cet état tout le
 « temps du retour, pendant lequel on charge à Épernay
 « une pelletée de braise, et à Château-Thierry deux ; à
 « Meaux, le feu est éteint, la braise étant complètement
 « brûlée.

« La consommation totale est de 7^{kg},200 se décom-
 « posant comme suit :

Charge initiale.	1 ^{kg} ,700
Charges en route (15 pelletées à 0 ^{kg} ,266). . .	5 ^{kg} ,500
	7 ^{kg} ,200
	7 ^{kg} ,200

« Ou bien :

« Avant le départ de Paris, 0^{kg},366.

« De Paris à Châlons, 4^{kg},026 en 4^h 10', soit 0^{kg},966
 « par heure.

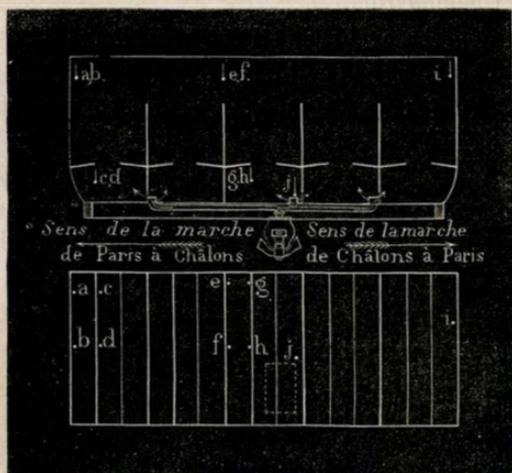
« Pendant le stationnement à Châlons, 0^{kg},366 en 0^h 51',
 « soit 0^{kg},430 par heure.

« De Châlons à Meaux, 2^h⁴² en 2^h 52', soit 0^m⁸⁵¹
« par heure.

« Au départ de Châlons, la grille ne se trouvant pas
« complètement garnie, la consommation en stationne-
« ment a été plus forte que celle qui est indiquée ci-dessus,
« et, par contre, plus faible la consommation en route,
« pendant le retour.

« État du temps pendant toute la durée de l'essai :
« gelée, air sec et ciel découvert.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES DANS LA VOITURE C 1018.



« Les thermomètres *a* et *c* sont à 0^m⁵⁰ de la paroi
« latérale de la caisse, et à 0^m²⁰ ceux qui sont désignés
« par les lettres *e* et *g*. Le réservoir du thermomètre *j* est
« placé contre la grille de la bouche d'air centrale. »

APPAREILS A AIR CHAUD.

193

Tableau des températures observées.

STATIONS	HEURES	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE	INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS										OBSERVATIONS			
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j				
Paris (mise en place du panier).	soir	degrés	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	degrés	4,5
	3 ^h	+ 4	4,5	4,5	5	5	5,25	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	9 ^h .27'	+ 3,5	4,5	5	5	5	5,75	6	5	5	5	5	6	5	5	8
Paris (départ).	10 ^h .35'	0	4,5	5	5	5	5,75	6	5	5	5	6	5	5	14	Charge de braise, do
	11 ^h .30'	+ 0,25	3,5	4	3	3,5	5	5,5	4,5	4,5	6	4,5	4,5	17	do	
	12 ^h .30'	+ 2	3	4	3,5	4	4	5	4	4	5	4	4	19	do	
Châlons (arrivée)	1 ^h .37'	0	3	4	3	3,25	3,5	4	3,5	4	3,5	4	2,75	18	do	
	2 ^h .30'	0	2	2	2,5	2,5	3	3,5	3	3,5	3	3,5	2	15	do	
	3 ^h .30'	0	2,5	3	2,5	3	3,75	4,25	4	4	5	2,5	4,7	17	do	
Paris (arrivée).	4 ^h .35'	- 1	2	2	2	2	3	3,5	3	3,5	3	3	2	16	Le feu est éteint.	
	5 ^h .20'	- 2	1,5	2	1	2	2,5	3	2,25	3	2,25	3	1,5	10		
	6 ^h .38' matin	- 1	1	1	1	1	1,75	2	1,5	2	1,5	1,5	1	9		

Consommation de combustible. — Les consommations moyennes de combustible, pendant nos diverses expériences, ont été les suivantes :

Braise nitratée, 1^{kg} par heure de marche.

Charbon nouveau, 0^{kg},450 d°.

La braise nitratée se consumant vite, et le panier ne pouvant en contenir qu'environ 1^{kg},700, il était nécessaire de visiter et de recharger le foyer au moins *une fois toutes les heures si l'on voulait éviter les extinctions.*

Lorsqu'on employait le charbon nouveau, le foyer n'exigeait aucun soin pendant toute la durée de la combustion de la charge ; le panier pouvait contenir environ 7^{kg},500 de ce combustible.

Prix de revient du chauffage. — D'après les consommations citées plus haut, le prix de revient du chauffage s'élevait, pour notre voiture de 3^e classe et par heure, à 0^f,15 en employant la braise nitratée, à 15^f les 100^{kg}, et 0^f,072 en employant le charbon nouveau, au prix de 16^f les 100^{kg}.

Dépenses d'installation de l'appareil. — Le prix de revient de l'appareil du type monté sur notre voiture de 3^e classe s'est élevé à 800^f environ, en y comprenant les frais de montage et les droits de brevet dus aux inventeurs.

Conclusion des expériences. — En présence de ces résultats négatifs, nous n'avons pas poursuivi l'expérimentation de cet appareil, évidemment insuffisant pour chauffer une de nos voitures de 3^e classe.

D'après M. Kiénast, il eût été nécessaire, eu égard à la capacité à chauffer, de porter le nombre de serpentins de

APPAREILS A AIR CHAUD.

trois à cinq, de disposer une bouche de chaleur sous chaque banquette et d'augmenter la longueur du foyer.

Ces modifications, ayant pour conséquence d'accroître le prix de revient de l'installation et la consommation du combustible, n'ont pas été exécutées.

Comme tout chauffage à air chaud, ce système donne une mauvaise distribution de la chaleur ; il ne chauffe pas pendant le stationnement ; enfin il ne serait efficace qu'au prix d'une grande consommation d'un combustible coûteux ; ces motifs nous ont décidés à rejeter définitivement cet appareil.

APPAREIL A AIR CHAUD, SYSTÈME MOUSSERON.

Principe de l'appareil à air chaud, système Mousseron. — L'appareil système Mousseron consiste en un calorifère à air chaud appliqué à l'extérieur de chaque voiture. Son fonctionnement est basé sur l'introduction, par le mouvement même du véhicule, de l'air extérieur qui vient s'échauffer autour du foyer, et de là passe dans la voiture.

APPAREIL PRIMITIF PRÉSENTÉ PAR M. MOUSSERON.

Appareil primitif monté sur une voiture de 3^e classe. — Le premier appareil, essayé et monté sur une voiture de 3^e classe à cinq compartiments, avait été construit par l'inventeur et se composait d'un foyer en tôle à trois enveloppes destinées à fournir deux couches d'air s'échauffant autour du foyer.

Les dispositions d'ensemble de cet appareil sont représentées par les figures 40 et 41 de la planche n° 19.



Le foyer était fixé à l'extérieur de la voiture vers le milieu de l'un des brancards.

L'air chaud s'introduisait dans la voiture par des canalisations établies sous le plancher et aboutissant à trois bouches de chaleur avec clefs de réglage placées au milieu et aux deux extrémités de la caisse.

La cheminée du foyer passait au milieu d'une des cloisons de séparation et devait contribuer, par son rayonnement, au chauffage de l'air intérieur.

Effet utile. — D'après l'ensemble des résultats obtenus, l'air contenu dans la voiture acquérait, en marche, une température moyenne supérieure de 7° à celle de l'atmosphère.

Distribution de la chaleur. — Les thermomètres placés contre le pavillon ont indiqué 3° de plus que ceux qui étaient fixés près du plancher.

La température la plus élevée a été de 21° près et au milieu du pavillon, et, à ce même moment, on constatait que la température la plus basse contre le plancher et à l'une des extrémités de la voiture était de 11° , soit un écart de $9^{\circ},5$.

Consommation de combustible. — Pour obtenir ces températures, on a consommé en moyenne par heure $1^{\text{kg}},800$ en marche, et $1^{\text{kg}},200$ en stationnement; le combustible employé était du coke de gaz.

Résumé des expériences. — Les expériences que nous avons entreprises sur ce type de calorifère en tôle, au commencement de l'hiver 1873-1874, sont résumées dans le tableau ci-contre :

APPAREILS A AIR CHAUD.



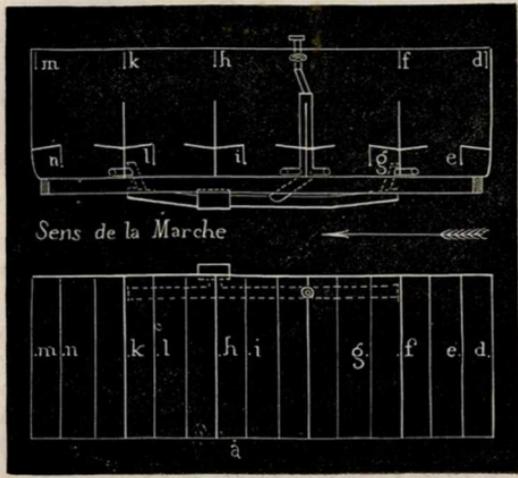
Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron, monté sur la voiture de 3^e classe C 1029.

DATE de L'EXPÉ- RIENCE	NUMÉRO DU TRAIN	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURE MOYENNE		EFFET UTILE	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse tem- pérature de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationn ^t à Nancy		exté- rieure	inté- rieure			
22 janv.	35	1.848	»	beau couv ^t	+ 7.9	17.3	9.4	11	Coke de gaz, voiture close, registre fermé.
23 —	32	1.800	1.200	couv ^t	+ 8	15	7	7.5	do do
15 févr.	35	1.800	1.200	pluie	+ 8.2	13.7	5.5	3	Coke de gaz, voiture occupée par les voya- geurs, registre fermé.
16 —	32	1.800	1.200	couv ^t pluie	+ 8.5	14	5.5	1.5	do do (Toutes les bouches de chaleur étaient ou- vertes.)

Expérience en marche du 23 janvier 1874. — Pour que l'on puisse étudier la marche de l'appareil et la distribution de la chaleur, nous reproduisons toutes les constatations faites pendant l'expérience du 23 janvier 1874, entre Paris et Nancy.

Le dessin ci-après (*voir* page 198) indique comment les thermomètres étaient disposés dans la voiture. Sur la planche (n° 28) nous avons reproduit graphiquement les températures indiquées par les thermomètres placés dans les compartiments du milieu et des extrémités de la voiture, et par celui qui était à l'extérieur.

DISPOSITION DES THERMOMETRES



(Voir à la page suivante le tableau des Températures.)

Inconvénients des dispositions de l'appareil. — L'appareil ainsi établi présentait de nombreux inconvénients : la visite et le nettoyage des conduits étaient très-difficiles ; le foyer ne contenant que 6^{ks},500 de coke de gaz, exigeait de fréquents chargements, et la couche réfractaire dont il était garni pour protéger sa paroi intérieure en tôle devait être très-souvent réparée.

La cheminée incommodait les voyageurs placés dans son voisinage et pouvait devenir une cause d'incendie ; de plus, l'installation en était difficile, coûteuse et inadmissible, même dans les voitures de 1^{re} et de 2^e classe, en raison des garnitures.

APPAREILS A AIR CHAUD.

Tableau des températures.

STATIONS	HEURES	THERMO- MÈTRE extérieur	INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS											ÉTAT DU TEMPS CHARGEMENT DE COMBUSTIBLE et observations			
			a	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n				
Nancy (départ).	matin		deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.		
	6 ^h	+ 6	16,5	18,5	20,5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	17	Temps couvert.
Commercy . . .	7 ^h , 56'	6,5	15	17,5	19,5	17	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	13	Chargement de combustible.
Bar-le-Duc . . .	10 ^h	7	15	17,5	18,5	16,5	16	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	14	12	d° Brouillard.
Blesme	11 ^h , 05'	8	15	17,5	19,5	17	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	14	12	
Châlons	12 ^h , 05'	8,5	15	17,5	18,5	17	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	13	12,5	Chargement de combustible pendant tout le reste du parcours.
Épernay	1 ^h , 15'	9	16	17,5	18,5	16	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	13	12,5	
Château-Thierry.	2 ^h , 40'	9	14,5	16	17,5	16	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	12	12	Chargement de combustible.
La Ferté	3 ^h , 35'	9	13,5	15,5	17	15	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	12	12	d°
Meaux	4 ^h	8,5	14	16,5	18	16	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	12	11,5	(Le papillon de la cheminée a été tenu fermé aux trois quarts pendant tout le parcours.)
Paris (arrivée).	5 ^h , 15' soir	8,5	14	17	18,5	16	16	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14	12	

Première Modification des appareils à air chaud, système Mousseron.

Pour remédier aux nombreuses imperfections constatées dans l'appareil précédent, nous avons étudié une nouvelle disposition de ce système de chauffage, en nous proposant d'obtenir une température intérieure aussi uniforme que possible, de faciliter le montage et l'entretien, et enfin d'éviter la fréquence des chargements de combustible en cours de route.

Sur ce programme, nous avons construit l'appareil figuré sur les planches n^{os} 19 et 20, et nous l'avons monté sur une voiture de chacune des trois classes (1).

Description de l'appareil monté sur une voiture de 3^e classe.

— **Foyer.** (fig. 8 et 9 de la planche n^o 19.) — L'appareil se compose d'un calorifère en fonte à trois parois. La paroi intérieure, d'une seule pièce, sert de foyer et se termine par le raccord du tuyau de fumée.

Enveloppes à air. — Les deux enveloppes extérieures, chacune en deux pièces, contiennent et échauffent deux couches d'air superposées.

La partie inférieure des trois enveloppes se termine par des pavillons dans lesquels l'air s'engouffre pendant la marche du train.

Ce calorifère est suspendu à l'extérieur et vers le milieu de l'un des brancards du châssis (fig. 2 et 4 de la planche n^o 20).

(1) Les divers appareils expérimentés par la Compagnie ont été construits dans ses ateliers à La Villette, sous la direction de M. Dietz, Ingénieur du Matériel roulant.

Conduits de chaleur. — Les conduits d'air chaud sont en tôle, de section circulaire, et posés parallèlement au brancard, sous la saillie de la caisse, de telle sorte que toutes les parties en sont apparentes et facilement accessibles pour le montage et les réparations.

Tuyau de fumée. — Le tuyau de fumée est placé dans un des conduits d'air chaud et vient se relever obliquement sur un des bouts de la voiture.

Introduction de l'air autour du foyer. — Pour que l'introduction de l'air se produise sans exiger la manœuvre d'aucun appareil spécial, quel que soit le sens de la marche du véhicule, chacun des deux espaces remplis par l'air chaud est coupé transversalement par des nervures qui s'élèvent jusqu'à la hauteur de la grille, et forcent l'air à monter dans le calorifère en l'empêchant de s'échapper par les ouvertures des aubes opposées au côté de son introduction.

Chacun des deux intervalles formés par les enveloppes du foyer est mis en communication avec l'une des extrémités de la voiture au moyen d'une conduite spéciale. De chacune de ces deux conduites partent les branchements des bouches de chaleur placées sous les banquettes de chaque compartiment.

Sur toute leur partie extérieure les conduits d'air chaud sont protégés contre le refroidissement par une enveloppe en tôle ménageant une couche d'air isolante.

Inégalités de température des deux couches d'air autour du foyer. — Les deux couches d'air qui enveloppent le foyer sont inégalement chauffées, puisque l'une reçoit le rayonnement direct du foyer et que la seconde n'est échauffée qu'au contact de la première.



Il résulte de cette disposition qu'un des côtés de la voiture reçoit de l'air très-chaud, et l'autre de l'air relativement tiède.

Pour arriver, autant que possible, à l'égalité de température, et pour réchauffer l'air provenant de l'espace extérieur, on a utilisé comme surface de chauffe le tuyau de fumée dans toute sa partie horizontale, depuis la sortie du foyer jusqu'à la traverse extrême.

Registre. — La partie inférieure du foyer est munie d'un registre destiné à régler la marche de la combustion.

Grilles. — Les grilles des foyers sont en fonte, d'une section totale de $0^{\text{m}^2},015$, dont moitié de parties vides.

Les grilles sont posées sur un siège venu de fonte avec le foyer (fig. 8 et 9 de la planche n° 49); elles sont placées à l'intérieur des aubes d'entrée d'air et à $0^{\text{m}},190$ de leur plan inférieur, de façon qu'elles se trouvent protégées contre le courant d'air direct produit par la marche du train. Les grilles sont munies de pattes en fer qui, tout en permettant de les enlever verticalement, s'opposent à leur déplacement par les secousses qui se produisent en marche ou pendant les nettoyages.

Bouches de chaleur. — Les conduits d'air chaud communiquent avec l'intérieur de la voiture par des tuyaux verticaux en tôle aboutissant à des bouches de chaleur.

Dans chaque compartiment on a établi une bouche de chaleur placée sous l'une des deux banquettes. Ces bouches sont en fonte, de forme cylindrique et en deux pièces concentriques; la partie intérieure est mobile et présente une ouverture qui vient correspondre à une ouverture semblable de la partie extérieure fixée sur le plancher.



Une petite manivelle à ressort, agissant sur la pièce intérieure, sert à régler l'ouverture de ces bouches. La manœuvre en était laissée à la disposition des voyageurs.

Disposition permettant la réparation du véhicule. — Lorsque l'on fait le levage de la voiture, le foyer et la canalisation restent montés sur le châssis, et la séparation de la partie de l'appareil appartenant à la caisse a lieu dans les conduites verticales des bouches de chaleur et dans le raccord disposé à la base de la cheminée.

Le remontage consiste donc dans le simple remboîtement de ces tuyaux.

Résultats calorifiques. — Nous indiquerons séparément les résultats donnés par l'appareil Mousseron à foyer de 41^{ks} pour chacune de nos voitures de nos trois classes.

APPAREIL MONTÉ SUR UNE VOITURE DE 3^e CLASSE.

Résultats des expériences faites avec une voiture spéciale non livrée aux voyageurs. — Lorsque la voiture de 3^e classe ne contient pas de voyageurs, les portières et les châssis étant tenus fermés, on obtient à l'intérieur une température moyenne supérieure de 40° à celle de l'air extérieur.

Les températures constatées dans la voiture, à un même moment, présentent des écarts notables, quoique nous nous soyons attachés à soustraire nos thermomètres à l'influence des rentrées d'air.

Mode de distribution de l'air chaud à l'intérieur de la voiture. — L'air chaud ne se distribue pas uniformément dans tous les points de la voiture. Nous avons, en effet,

constaté : 1° Que les points les plus chauds se trouvent sous le pavillon, au centre du véhicule, et que les plus froids correspondent au-dessous des banquettes des compartiments des bouts, l'écart entre ces points étant d'environ 9°; 2° que dans un même compartiment l'air est *toujours plus chaud* sous le pavillon que près du plancher, l'écart entre la température s'élevant *fréquemment* de 6° à 8°.

Influence du sens de la marche. — Nous n'avons pas constaté que le sens de la marche de la voiture ait une influence sensible sur la température moyenne intérieure.

La répartition seule est influencée par les rentrées d'air, mais dans de faibles limites et sans loi déterminée.

Influence des chargements. — Les chargements de combustible ont une influence notable et constante. Le coke froid introduit dans le foyer refroidit suffisamment les surfaces de chauffe pour amener, dans la température intérieure de la voiture, un abaissement dont le maximum est en moyenne de 1° une heure environ après un chargement de 5^{kg} à 6^{kg}.

Influence de l'ouverture des portières. — L'ouverture des portières entraîne subitement une perte considérable de chaleur; l'expérience du 6 janvier 1874 (reproduite sur un graphique de la planche n° 28) fait ressortir cette perte qui détermine *une baisse presque instantanée d'environ 5°*. — Ce n'est qu'après *une heure* de marche que l'appareil fournit la chaleur nécessaire pour relever la température à son degré primitif.

Résultats des expériences faites avec une voiture livrée



aux voyageurs. — Lorsque la voiture est mise à la disposition des voyageurs, le fonctionnement de l'appareil est modifié par la fréquence de l'ouverture des portières et des châssis, par le calorique que dégagent les voyageurs eux-mêmes et par l'obstacle qu'ils opposent aux mouvements de l'air dans la voiture.

D'après les résultats constatés, et d'ailleurs très-variables, de nos expériences, on doit admettre que l'effet calorifique général est diminué de 2° à 3°. — Cet abaissement est produit en partie par la manœuvre normale des portières lors des arrêts, mais il est principalement déterminé dans les voitures à air chaud, par le besoin invincible qu'éprouvent tous les voyageurs d'ouvrir, par moments, les châssis pendant la marche du train, même durant les jours les plus froids.

Résumé des expériences. — Le tableau ci-après résume les conditions et les principaux résultats des expériences faites sur la voiture de 3^e classe munie de l'appareil à bouches de chaleur. (*Voir à la page suivante le Tableau des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron.*)

Expérience en marche du 6 janvier 1874. — Nous reproduisons en outre *in extenso* l'expérience du 6 janvier 1874 qui permettra d'apprécier la lenteur du chauffage, la distribution de la chaleur et l'influence de l'ouverture de toutes les portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes.

Pour mieux faire saisir les résultats de cette expérience qui, par la diversité de ses éléments, nous semble caractéristique, nous avons reproduit, sous forme de tracé graphique (*voir planche n° 28*), les températures indiquées par

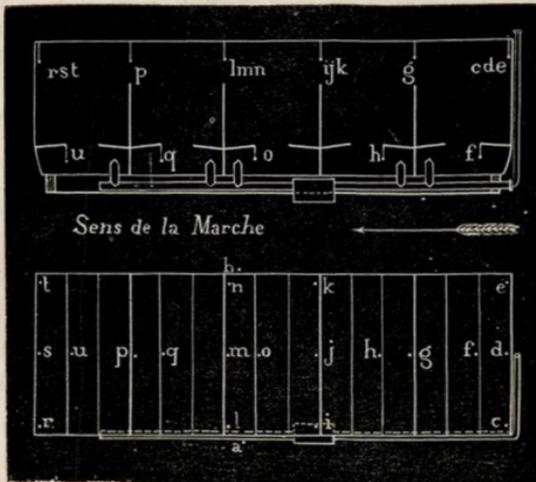
Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron (modifié par la Compagnie de l'Est),
monté sur la voiture de 3^e classe C 4232.

DATE de L'EXPÉRIENCE	NOMÉRO du train	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILE	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stations à Nancy		extérieure	intérieure			
30 déc. 1873.	34	kilog. 1,580	kilog. »	beau	degrés + 0,9	degrés 10,4	degrés 9,5	degrés 7,5	Coke de four, voiture fermée, registre fermé.
6 janv. 1874.	35	» »	» »	brouillard	+ 1,2	10	8,8	8	Voiture fermée, registre à moitié ouvert; toutes les portières ont été ouvertes à Eprenay pendant quatorze minutes.
7 —	32	1,840	0,900	couvert	+ 0,8	11	10,2	8,5	Voiture fermée, registre à moitié ouvert. Toutes les portières ont été ouvertes à Eprenay pendant douze minutes.
8 —	35	1,665	»	beau	+ 2,8	10	7,2	11,5	Coke de gaz, voiture fermée, registre à moitié ouvert.
3 fév. 1874.	35	»	»	couvert	+ 4,9	14,5	9,6	»	Constatations de températures faites sur un des compartiments extrêmes, les autres étant à la disposition des voyageurs. Registre fermé.
4 —	32	1,555	1,355	beau	+ 5,6	15,6	10	8	»
15 —	35	»	»	pluie	+ 8,2	14,4	6,2	»	Voiture à la disposition des voyageurs, registre fermé. Les constatations de température ne portent que sur trois thermomètres placés à la partie supérieure de la voiture.
16 —	32	»	»	couvert	+ 8,5	17	8,5	»	Pendant toutes les expériences, les bouches de chaleur ont été entièrement ouvertes.)



les six thermomètres *f, d, m, o, s, u*, placés dans la voiture, et par le thermomètre extérieur *b*.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



(Voir à la page suivante le tableau des Températures.)

APPAREIL MONTÉ SUR UNE VOITURE DE 2^e CLASSE.

Effet utile. — Nous avons obtenu un effet calorifique de 10° avec l'appareil monté sur la voiture de 2^e classe, celle-ci ne contenant pas de voyageurs et les châssis étant tenus fermés.

Distribution de la chaleur. — La température du côté des bouches de chaleur n'est pas supérieure de plus de 1°,5 à celle des points symétriques situés de l'autre côté de la voiture.

Dans un même compartiment, les thermomètres placés sur les filets ont marqué *6° de plus* que ceux qui étaient couchés sur le plancher.

Le compartiment le plus chaud était celui du milieu de la voiture qui recevait l'air échauffé par le contact direct du foyer. Les deux compartiments des bouts étaient également chauffés en stationnement; en marche, le plus froid était alors celui qui se trouvait à l'avant de la voiture.

Dans une constatation faite par une température extérieure de $+ 12^{\circ}$, les thermomètres placés sur les filets ont indiqué :

Compartiment du milieu, recevant l'air chauffé par le foyer.	23°.5
Compartiment du bout, recevant l'air chauffé par le foyer et placé à l'arrière.	19°.5
Compartiment du milieu, recevant l'air chauffé par la première enveloppe et la cheminée	21°.5
Compartiment du bout, recevant l'air chauffé par la première enveloppe et placé à l'avant.	18°

Résumé des expériences. — Le tableau suivant (*voir* page 210) résume les conditions des expériences faites sur cette voiture et les résultats que nous avons obtenus.

APPAREIL MONTÉ SUR UNE VOITURE DE 1^{re} CLASSE.

Effet utile. — L'appareil appliqué à une voiture de 1^{re} classe nous a donné un effet calorifique de 12° , lorsque la voiture était tenue close et ne contenait que l'agent chargé de procéder aux constatations.

Distribution de la chaleur. — Nous n'avons pas trouvé de



EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron (modifié par la Compagnie de l'Est), monté sur la voiture de 2^e classe B 4974.

DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMERO du train	CONSOMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse TEMPÉRATURE de l'intérieur de la voiture.		OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		extérieure	intérieure		dans le compartiment où l'écart est le plus grand	entre tous les compartiments	
15 déc. 1873.	35	kilog. 1.650	kilog. »	beau	degrés + 4.7	degrés + 7.6	degrés 5.9	degrés 4	degrés »	Coke de four.
16 —	32	1.750	»	pluvieux	+ 3.2	12.2	9	4	»	d ^o { Expérience sur le compartiment opposé à la cheminée. Register ouvert aux trois quarts.
25 —	35	»	»	couvert	+ 4.4	15.3	10.9	3	7	d ^o { Expérience sur les deux compartiments de l'extrémité opposée à la cheminée. Register fermé.
26 —	32	1.591	0.735	couvert, pluie	+ 3	12	9	2.5	5	d ^o
4 janv. 1875.	35	1.878	0.885	pluie, neige	+ 5.5	14.5	9	5	»	d ^o { Expérience sur le compartiment extrême du côté de la cheminée. Register ouvert complètement.
5 —	32	1.700	»	beau	+ 3	9.7	6.7	4	»	d ^o
13 fév. 1875.	35	1.746	1.050	»	+ 7.5	16.4	8.9	5	6	Coke de gaz. { Expérience sur les quatre compartiments de la voiture. Register fermé.
14 —	32	1.636	»	»	+ 9.3	18.6	9.3	4	7	d ^o { Dans toutes les expériences, les bouches de chaleur des compartiments extrêmes étaient couvertes entièrement, et celles des compartiments du milieu, à moitié.

différence sensible de température entre les points symétriques des deux côtés longitudinaux de la voiture.

Les thermomètres placés sur les filets ont marqué en moyenne *5° de plus* que ceux qui étaient couchés sur les tapis. Lorsque, par le sens de la marche, la cheminée se trouvait à l'arrière de la voiture, le compartiment du milieu et celui de l'extrémité arrière étaient chauffés également. La température moyenne du compartiment placé à l'avant était de *3° inférieure* à celle des deux autres compartiments. Dans le sens inverse de la marche, la température intérieure était sensiblement la même dans les deux compartiments des bouts, et encore inférieure de *3°* à celle du compartiment du milieu.

Influence de l'ouverture des glaces. — Dans une de nos expériences, l'ouverture des glaces des trois portières situées d'un même côté de la voiture pendant trois quarts d'heure de marche a produit un *abaissement moyen de 8°* dans les trois compartiments, et il a fallu *une heure et demie de marche* pour se retrouver dans les conditions calorifiques existant avant l'ouverture des glaces.

Résumé des expériences. — Les expériences faites sur cette voiture se résument comme suit. (*Voir page 212.*)

Expérience en marche du 12 février 1874. — Pour montrer l'influence des chargements du foyer et surtout celle des variations de la température extérieure, nous reproduisons le procès-verbal de notre expérience du 12 février 1874.

Nous avons reproduit sur la planche n° 28 le graphique des températures observées sur les sept thermomètres *b, c, d, e, g, h, i.* (*Voir à la page 213 la disposition des Thermomètres et le tableau des Températures.*)

**Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron (modifié par la Compagnie de l'Est),
monté sur la voiture de 4^e classe A. 483.**

DATE de L'EXPÉRIENCE.	NOMBRE du train	CONSUMMATION		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILÉ.	ÉCART MAXIMUM entre la plus et la plus basse température de la voiture.		OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		extérieure	intérieure		dans le compartiment où l'écart est le plus grand	entre tous les com- partiments	
31 déc. 1873.	35	kilog. 1.200	kilog. 0.708	pluvieux	degrés + 4.3	degrés 12.6	degrés 8.3	degrés 6	Coke de four.	Voiture fermée; registre on- vert à moitié. Le compartiment du côté de la cheminée était seul en expérience.
9 fév. 1874.	35	1.620	0.700	ouvert, neige	+ 1.2	12.5	11.3	5.5	Coke de gaz.	Voiture fermée. Toutes les portières en côté de la voi- ture sont déverrouillées. Résul- tat pendant vingt minutes.
10 —	32	1.873	»	vent	- 3.1	+ 9.4	12.5	6	do	Les glaces des portières ont été ouvertes pendant une heure, le train étant en marche.
11 —	35	»	»	beau	- 4.2	+ 11.6	12.5	6	do	Voiture close, regist. fermé.
12 —	32	1.560	1.110	do	+ 2.6	13.1	10.5	3	do	do do do (Dans toutes les expériences, les boîtes de chaleur étaient ouvertes complètement.)

APPAREILS A AIR CHAUD.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.

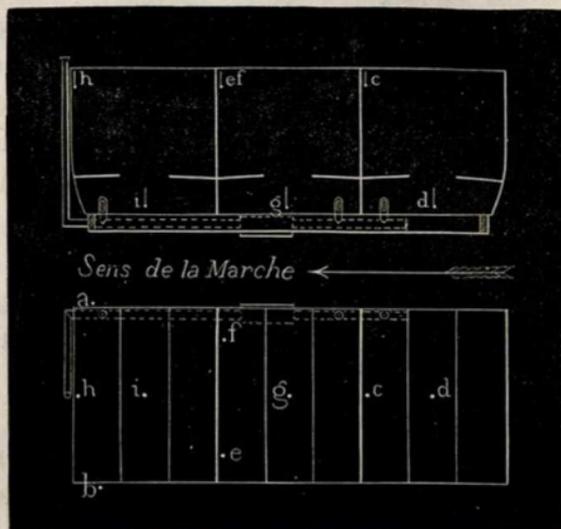


Tableau des températures.

STATIONS	HEURES	THERMOMÈTRES EXTÉRIEURS		INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS							ÉTAT DU TEMPS et chargement de combustible
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	
		degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	
Nancy (Dép.)	6 ^h	-12	-10	+ 2	0	+ 6.5	+ 5.5	+ 4	+ 5	+ 3	Beau temps.
Commercy.	7 ^h 56	- 6.5	- 8.5	+ 2	+ 1	+ 6	+ 5.5	+ 5	+ 3.5	+ 1	
Bar-le-Duc.	9 ^h 14	+ 3	+ 0.5	8	3	13	11.5	6	8	2.5	Chargement de combust.
Blesme . . .	10 ^h 26	+ 4	+ 4	11	5	13	13	9	10	6	
Châlons . . .	11 ^h 44	+ 5	6.5	18	10	22	21	14.5	17	10.5	do
Épernay. . .	12 ^h 41	6	7	17	12	21	20	16	16	12	do (Temps nuageux)
Château-Th.	2 ^h 12	8	8	21	15	25	25	20	19	15	
La Ferté . . .	3 ^h 02	6	6.5	19	15	22	21.5	18	16.5	14	
Meaux. . . .	3 ^h 37	6	6	18.5	15	21.5	21	17.5	17.5	14	
Paris (Arr.)	5 ^h 02 soir	6.5	6	18.5	15	21.5	21.5	18	18	14.5	



EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

Combustible. Coke de four. — Au début de nos expériences nous avons employé du coke de four, consommé en service ordinaire par nos machines de Vincennes. Ce coke, très-dense, ne brûlait qu'avec difficulté dans les petits foyers des appareils ; les extinctions en étaient fréquentes pendant le stationnement et se produisaient également pendant la marche, dès que le foyer ne se trouvait plus rempli qu'à moitié.

Coke de gaz. — Nous avons alors essayé le coke provenant de la fabrication du gaz ; il nous a donné toute satisfaction.

La marche des foyers est devenue parfaitement régulière ; les chargements ont pu être faits à des intervalles beaucoup plus éloignés qu'avec le coke de machines et les extinctions n'ont plus eu lieu que par la négligence des agents.

Avec ce coke, l'allumage des feux est extrêmement facile ; nous le faisons au moyen d'une poignée de copeaux et de quelque menu bois pour chaque foyer.

Entretien des foyers. — Les foyers du type ci-dessus décrit contiennent environ 11^{kg} de coke de gaz. Il est facile de les charger et de les entretenir en combustion, même pendant les stationnements. Mais il importe surtout de ne pas trop laisser tomber le feu, afin de ne pas déterminer de diminutions brusques et sensibles de température dans les voitures, et les chargements doivent être faits toutes les trois heures au minimum. Un piquage de la grille est presque indispensable toutes les heures, et un nettoyage à fond toutes les quatre à cinq heures. Pendant nos voyages d'expériences, d'une durée totale de onze heures, nos foyers, remplis et nettoyés avant le départ,



étaient mis en état à chaque grande station, c'est-à-dire neuf fois en cours de route : trois fois pour les piquer et les remplir, une fois pour les nettoyer complètement en enlevant les scories qui se formaient sur la grille; dans les autres stations un simple piquage suffisait.

En moyenne, la mise en bon état d'un foyer ne demanderait pas à un homme exercé plus d'une minute à chaque grande station; en d'autres termes, pour mettre en état les appareils d'un train de quinze voitures pendant un arrêt de cinq minutes, trois hommes seraient nécessaires, en supposant que de tels arrêts eussent lieu à des intervalles d'une heure environ.

Consommation de combustible. — En prenant la consommation moyenne des cinq foyers en fonte Mousseron, du type de 11^{kg}, montés sur nos voitures, nous sommes arrivés aux résultats ci-après (1) :

La consommation par heure de marche a été de 1^{kg},660 de coke de gaz en moyenne, et de 1^{kg},095 pendant le stationnement.

Les consommations ont été sensiblement les mêmes quand les cheminées se trouvaient à l'avant des voitures que lorsqu'elles occupaient la position inverse. Ce résultat peut être attribué à la place occupée par la cheminée au milieu du panneau de fond.

Dépenses du chauffage. — Le combustible que nous avons employé, formé d'un mélange de cokes de gaz n° 0 et n° 1, nous a été fourni par la Compagnie Parisienne, au prix moyen de *40 francs la tonne*.

(1) Dans ces cinq foyers, les conditions de tirage étant très-sensiblement les mêmes, il nous était permis d'opérer ainsi.



EXPERIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

En ne considérant, pour le moment, que la dépense du combustible, d'après les consommations précédemment indiquées, le prix de revient du chauffage s'élèverait par voiture à :

$$1^{\text{kg}},660 \times 0',04 = 0',0664 \text{ par heure de marche,}$$

$$1^{\text{kg}},095 \times 0',04 = 0',0438 \text{ d° de stationnement.}$$

Dépenses d'installation des appareils. — D'après nos évaluations, les dépenses d'installation, sur le matériel existant, de l'appareil à air chaud et à bouches de chaleur, système Mousseron, s'élèveraient à :

540^f par voiture de 1^{re} classe,

570^f d° de 2° d°

600^f d° de 3° d°

Si l'on appliquait l'appareil pendant la construction même des voitures, ces prix seraient réduits de 30 à 40^f.

INCONVÉNIENTS DES APPAREILS MOUSSERON A BOUCHES DE CHALEUR.

Les appareils à bouches de chaleur n'ont généralement pas trouvé un accueil favorable près du public, qui leur reprochait de donner des températures élevées à la partie supérieure et relativement basses près du plancher. Les alternatives de chaud et de froid résultant de l'ouverture des portières étaient fort désagréables aux voyageurs. Enfin, lorsque les parois des foyers étaient portées au rouge, l'air chaud avait une mauvaise odeur, très-sensible surtout dans les voitures de 1^{re} et 2^e classe, et qui donnait lieu à de nombreuses réclamations.

Lenteur du chauffage en stationnement. — L'appareil



Mousseron ne chauffe pas en stationnement, puisque le passage de l'air n'est déterminé que par la marche du train, et que la faible hauteur de la colonne d'air chaud dans les canalisations ne peut provoquer qu'un courant insensible.

Pour obvier à ce grave inconvénient, on serait donc obligé de laisser les voyageurs monter dans des voitures froides, ou bien d'allumer les foyers fort longtemps avant le départ des trains, ce qui reviendrait à les laisser presque constamment allumés.

Deuxième modification des appareils à air chaud, système Mousseron.

Nécessité de construire un appareil muni de chauffe-pieds.

— Les dispositions précédentes ne répondant pas aux conditions d'un chauffage hygiénique, nous nous sommes proposé de modifier l'appareil de façon à obtenir des températures toujours plus élevées près du plancher que sous le pavillon, et surtout de façon à chauffer les pieds des voyageurs, condition que remplit le mode actuel du chauffage des voitures de 1^{re} classe, et qui nous a semblé fort appréciée du public.

Application des chaufferettes à un appareil à air chaud Mousseron. — Conservant le foyer et la canalisation déjà existants des appareils Mousseron, nous avons établi dans le milieu de chaque compartiment et sous les pieds des voyageurs des caisses en fonte ou en tôle dans lesquelles l'air circulait avant de s'échapper par les bouches de chaleur alors situées du côté de la voiture opposé au foyer.