

la cheminée au milieu du panneau de fond, le courant d'air qui se produit entre les voitures a une influence sensible sur le tirage du foyer et, par suite, sur le rendement calorifique; mais, lorsque la cheminée se trouve à l'avant, la consommation de combustible est inférieure d'environ 0^{kg},200 par heure à celle que l'on observe dans le sens inverse de la marche, et la moyenne des températures données au contact des chaufferettes s'abaisse d'environ 15°.

Influence de l'ouverture des portières. — L'ouverture des portières de tout un côté de la voiture pendant quinze minutes a fait descendre de 5° la température intérieure. La température primitive a été de nouveau obtenue une demi-heure après la fermeture.

Influence des chargements. — Nous n'avons pu constater que les chargements du foyer eussent une influence quelconque sur la marche de l'appareil, le refroidissement amené par le combustible neuf ne se traduisant pas par des abaissements de température assez sensibles pour être appréciés.

Temps nécessaire au chauffage des voitures. — Ce n'est qu'une heure et demie après l'allumage que l'on obtient 45° sur les chaufferettes et, dans la voiture, une température de 7° degrés supérieure à celle de l'air extérieur.

Résumé des expériences. — Nous avons résumé, dans le tableau suivant (pages 296-297), toutes les expériences que nous avons faites sur cet appareil pendant les deux hivers 1873-1874 et 1874-1875.

Expériences en marche des 26 et 27 février 1875. — Nous reproduisons ci-après toutes les constatations faites

Appareil à circulation d'eau et à chaufferoettes, type EST 1873, monté sur la voiture de 3^e classe C 4276.
CANALISATION DE DÉPART AU NIVEAU DU PLANCHER.

DATES des EXPÉRIENCES	NUMÉRO du train	CONSOMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILÉ	TEMPÉRATURE MOYENNE sur les chauffe- rettes	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température intérieure de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de station à Nancy		extérieure	intérieure				
21 fév. 1874,	35	kilog. "	kilog. "	"	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	Coke de gaz. Voiture fermée.
22 —	32	1.035	"	"	+ 3.2	16.3	13.1	"	7	do
27 —	35	2.400	"	couvert, pluie	+ 9.5	24.2	14.7	75	8	Les sept intervalles de la grille sont libres. L'appareil arrive deux fois à l'effulvation en cours de route.
28 —	32	1.730	1.140	couvert	+ 8.7	19.4	10.7	62	5.5	do
1 ^{er} mars 1874	35	2.058	1.452	"	+ 8.9	23.4	14.5	85.7	7	Les sept intervalles de la grille sont libres.
2 —	32	1.626	"	"	+ 9.9	24.5	14.6	78.7	4.5	do
5 —	35	1.685	1.597	"	+ 6.3	21.1	14.8	83.2	6.5	Deux des intervalles extérieurs sont libres, l'autre côté de la grille sont bouchés.
6 —	32	1.600	"	"	+ 3.7	16.2	12.5	84.7	6.5	do
7 —	35	1.920	1.440	"	+ 6.8	21.1	14.3	64.8	7.5	Les deux plus petits intervalles de la grille sont bouchés.
8 —	32	1.380	1.440	"	+ 7.2	19.4	12.2	46.7	6	do
23 —	35	1.470	1.470	couvert	+ 11.1	21.5	10.4	53.5	10.5	Les deux plus petits intervalles continus d'un côté de la grille et le plus petit de l'autre côté sont bouchés.

EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

THERMO-SYPHON.

24 —	32	1.470	1.470	beau	+ 12.1	25.8	13.7	55.6	3.5	do
25 —	35	1.402	1.223	d°	+ 7.1	21.7	14.6	65.4	4.5	do
26 —	32	1.330	"	beau, vent	+ 10.2	23	12.8	68	3	do
31 —	35	1.262	0.372	couvert, pluie	+ 11.5	22	10.5	48.3	6.5	Les deux ouvertures extrêmes de chaque côté de la grille étaient bouchées; trois ouvertures sur sept restaient libres.
1 ^{er} avril 1874.	32	1.262	0.372	couvert, vent	+ 11.9	22	10.1	43	4.5	do
12 —	35	1.074	0.825	beau	+ 14.3	24.9	10.6	50.2	6	do
13 —	32	1.074	0.825	couvert	+ 8.8	17.3	8.5	36.2	5	do
25 —	Statu	"	"	beau	+ 16.1	30.3	14.2	53	8	(Dans cette dernière expérience, la section de la cheminée se trouvait réduite environ de moitié par la saie.)
27 —	d°	"	"	d°	+ 25.2	37	11.8	56.6	8	do
28 —	d°	"	1.231	d°	+ 22.7	33.2	10.5	58.6	9	Les deux plus petits intervalles continus d'un côté de la grille et le plus petit de l'autre côté sont bouchés.
3 janv. 1875,	35	1.350	"	couvert, pluie	+ 6.8	19.5	12.7	61.5	11	do
4 —	32	1.600	1.270	couvert	+ 6.3	18.8	12.5	57.2	10	Trois ouvertures de la grille bouchées sur sept.
26 —	32	1.870	0.940	nuageux	+ 7.3	18.5	11.2	60.8	10	do
26 fév. 1875,	35	2.310	"	couvert	+ 5.4	17.5	12.1	76.5	13	do
27 —	32	2.300	1.666	beau, nuageux	+ 5.2	20.9	15.7	67	11	do



pendant un voyage d'aller et retour entre Paris et Nancy.

La voiture n'était occupée que par l'agent chargé de l'essai, et tous les châssis étaient tenus fermés.

Les constatations ayant été faites à partir de l'allumage, l'expérience du 26 février montre la vitesse d'échauffement des chaufferettes et de l'air dans la voiture.

Dans l'expérience du 27, la différence entre les températures intérieures constatées immédiatement avant le départ et celles qui ont été observées après une heure de trajet, met en évidence le refroidissement qui résulte du mouvement de la voiture.

L'abaissement de la température qui se produisit entre 9 heures du matin et 1 heure de l'après-midi eut pour cause un engorgement dans la trémie qui s'opposa à la descente régulière du coke.

Sur la planche n° 29 nous avons reproduit les variations des thermomètres *a, c, d, f, i, k, l, B, G* et *M* pendant les expériences des 26 et 27 février 1875. (*Voir* à la page suivante pour la disposition des Thermomètres, et aux pages 300 et 301 pour les tableaux des Températures.)

Consommation de combustible et prix de revient du chauffage. — La moyenne des consommations de combustible tirée de l'ensemble de nos expériences a été de :

1^{kg},800 à l'heure pendant la marche,

1^{kg},200 — le stationnement,

en employant le coke de gaz qui nous était livré à 40 fr. la tonne.

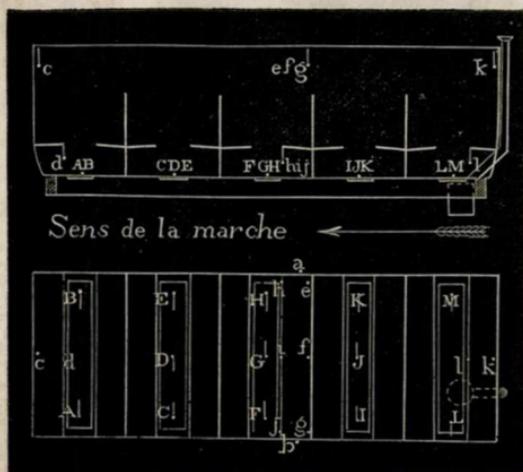
Le prix de revient du chauffage s'élevait donc par voiture et par heure :

à 0',072 pendant la marche,

à 0',048 pendant le stationnement.

Expérience du 26 février 1875.

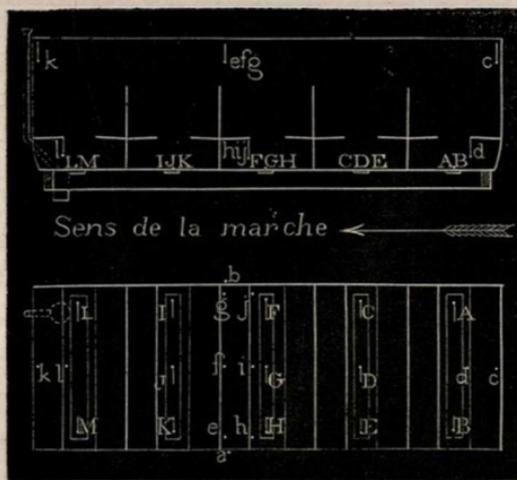
DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



(Voir à la page 300 le tableau des Températures.)

Expérience du 27 février 1875.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



(Voir à la page 301 le tableau des Températures.)

Conclusions des essais de notre appareil à circulation d'eau et à chaufferette, type 1873. — Notre appareil à circulation d'eau ne réunissait pas toutes les conditions désirables, mais il constituait déjà un progrès sensible sur le système Weibel-Briquet; il donnait, en effet, une répartition de température plus égale en réalisant les meilleures conditions hygiéniques; enfin il permettait aux voyageurs de se chauffer les pieds plus commodément qu'avec les chauffe-
rettes ordinaires.

Les causes de dégâts par les fuites étaient entièrement supprimées, l'entretien facile et l'installation aussi bien applicable aux voitures garnies qu'aux 3^e classes.

Le but de nos nouvelles études devait donc être de rechercher le moyen de réduire encore les écarts de température, de diminuer la consommation de combustible en obtenant autant que possible les mêmes résultats calorifiques, et, tout en conservant l'ensemble de l'installation de l'appareil, d'arriver à réduire son prix de revient en corrigeant quelques détails d'exécution reconnus vicieux dans le cours des essais.

Nous nous étions assurés, par l'application sur une voiture, qu'avec des colonnes d'eau chaude et d'eau froide de 0^m,700 de hauteur, on déterminait dans un thermosiphon un mouvement suffisant pour alimenter des chauffe-
rettes placées dans les cinq compartiments de nos plus grandes voitures de 3^e classe.

Les résultats de cette application concordaient avec ceux qui avaient été observés sur notre appareil de laboratoire; c'était là le point essentiel à établir tout d'abord.

Pour examiner la valeur de la nouvelle disposition basée sur ces premiers essais, nous avons construit trois nouveaux appareils semblables, appliqués à des voitures de 1^e, 2^e et 3^e classe, et qui ont été mis en circulation dans les derniers jours de décembre 1874.



APPAREIL A CIRCULATION D'EAU AVEC CHAUFFERETTES,
TYPE EST 1874.

Chaudière. — La chaudière (fig. 9 à 13, planche n° 25) a été réduite aux plus petites dimensions possibles; la surface de grille a été diminuée de façon à correspondre à la faible quantité de coke que nous voulions brûler par heure, et nous avons cherché à limiter et à maintenir constant le volume du coke en combustion, tout en obtenant une assez grande surface de chauffe.

Cette chaudière a la forme d'un prisme rectangulaire dont la partie inférieure se termine en tronc de pyramide se raccordant au prisme par sa grande base; dans toute sa hauteur, elle est composée de deux parois de 0^m,005 d'épaisseur, laissant entre elles un espace vide de 0^m,030.

La section intérieure de la chaudière est de 0^m,190/0^m,190 en haut, et se réduit à 0^m,120/0^m,120 à la base.

Au moyen des renflements venus de fonte sur sa paroi extérieure, la chaudière est soutenue par une ceinture en fer méplat (fig. 16), portant elle-même sur les oreilles de deux supports fixés au châssis de la voiture (fig. 14 et 15); des jambes de force relient, en outre, les points d'attache des supports et de la bride au brancard de caisse.

Les tubulures des tuyaux de circulation d'eau et du robinet de vidange sont venues de fonte en haut et en bas de la chaudière, ainsi que les oreilles destinées aux attaches de la grille.

Enveloppe de la chaudière. — Une garniture en feutre et une enveloppe en tôle protègent la chaudière contre le refroidissement.



Robinet de remplissage et de vidange. — Le robinet servant au remplissage et à la vidange de l'appareil est monté sur une des tubulures du bas de la chaudière; son extrémité est filetée, afin qu'au moyen de tuyaux à raccord en cuivre on puisse remplir l'appareil en utilisant la pression des réservoirs d'eau des gares.

Trémie. — La trémie est en fonte et en deux parties, dont l'une pénètre à l'intérieur de la chaudière, et dont l'autre se recourbe à l'extérieur pour faciliter le chargement du combustible.

1° Partie inférieure. — La partie inférieure de la trémie repose par une collerette sur le couvercle de la chaudière. La section extérieure de la trémie à l'intérieur du foyer est de 0^m,140/0^m,140; il reste donc tout autour un espace annulaire de 0^m,025 pour le départ des gaz de la combustion.

Hauteur du feu. — La hauteur libre entre l'extrémité de la trémie et la grille détermine la hauteur du feu, et, par suite, la puissance calorifique et la consommation de combustible de l'appareil.

Nos expériences nous ont conduits à admettre les hauteurs suivantes pour nos trois types de véhicules :

1 ^{re} classe.	0 ^m ,190
2 ^e classe.	0 ^m ,225
3 ^e classe.	0 ^m ,235

2° Partie supérieure. — La partie supérieure de la trémie porte une collerette qui repose sur celle de la partie inférieure. Elle fait saillie sur le brancard de caisse et présente pour l'introduction du combustible une ouverture verticale que ferme un couvercle en tôle.

Grille. — La grille est en fonte et à charnières (fig. 17 et 18); elle pivote perpendiculairement à l'axe de la voiture sur les oreilles de la chaudière placées du côté intérieur du véhicule. Une poignée mobile sert à dégager la grille de l'autre côté, lorsqu'il est nécessaire de vider le foyer.

La surface totale de la grille est de $0^{\text{m}^2},0144$, dont $0^{\text{m}^2},0065$ de parties vides.

Les barreaux sont amincis par le bas pour faciliter la chute des cendres et le nettoyage des feux.

Cendrier. — Un cendrier en tôle, avec registre placé au-dessous de la grille, protège celle-ci contre le courant d'air et permet de régler le tirage. Ce cendrier (fig. 10, 12 et 13, planche n° 25) est formé d'un cadre de $0^{\text{m}}105$ de hauteur, vissé à la grille et participant ainsi à ses mouvements; il s'applique contre le fond de la chaudière.

Le registre est une plaque en tôle à pivot, qui, par l'action d'un contre-poids, tend toujours à fermer le cendrier. Une manivelle à ressort sert, par l'intermédiaire d'un secteur denté et d'une came appuyant sur la plaque mobile, à maintenir celle-ci dans la position voulue.

La plaque mobile bouche complètement le dessous du cendrier, et l'air ne peut s'introduire que par l'entaille ménagée dans le bas de la face extérieure du cadre.

Le cendrier est d'une construction un peu compliquée, mais nous avons reconnu son utilité : il protège efficacement les feux contre le courant d'air rasant le dessous de la grille; il ne gêne pas l'entretien des foyers et permet de juger rapidement de l'activité de la combustion par l'éclat du reflet du feu sur la plaque mobile.

Conduit de fumée de la chaudière. — A sa partie supé-

rieure, et sur une de ses faces latérales, la chaudière porte la tubulure de raccord du tuyau de fumée. La section de cette tubulure est d'abord rectangulaire, puis elle devient circulaire au dehors de la chaudière.

Positions de la chaudière et de la cheminée. — La position de la chaudière et celle de la cheminée varient dans nos différents types de voitures.

Voiture de 1^{re} classe. — Sur la voiture de 1^{re} classe, la chaudière a été placée à l'extrémité du châssis, dans l'angle du brancard et de la traverse extrême, du côté intérieur de la grande palette du marchepied.

La cheminée se raccorde avec la tubulure de la chaudière en dessous de la traverse de tête et se relève ensuite le long du panneau de fond, d'abord obliquement pour éviter le faux tampon, et ensuite verticalement à 0^m,70 de l'angle de la voiture. Son diamètre intérieur est de 0^m,080, et sa hauteur au-dessus du pavillon était primitivement de 0^m,60.

Hauteur de la cheminée. — Pour diminuer le tirage du foyer, nous avons, pendant nos expériences, réduit de 0^m,50 la hauteur de la cheminée, ne lui laissant ainsi que 0^m,40 de saillie sur le pavillon.

Dans ces conditions, et surtout lorsque la cheminée se trouvait à l'arrière, le tirage était presque entièrement anéanti par le remous de l'air entre les véhicules.

Nous avons pu nous assurer, en protégeant par un abat-vent l'orifice du tuyau de fumée, que c'était bien à l'influence de ce remous, et non à la diminution de hauteur de la cheminée, qu'il fallait attribuer la mauvaise marche du foyer. Quand cet abat-vent était en place, l'appareil



marchait dans les conditions ordinaires, et le tirage cessait lorsqu'il était enlevé.

Nous avons alors fait monter la cheminée à 0^m,35 au-dessus du pavillon, et nous lui avons conservé cette hauteur, que nous considérons comme consacrée par l'expérience.

Enveloppe de la cheminée. — Dans toute sa longueur, la cheminée est entourée d'une enveloppe en tôle qui la protège contre le refroidissement par l'air extérieur. Cette enveloppe, laissant autour de la cheminée un espace vide de 0^m,010, est suffisamment isolante pour que le sens de la marche n'ait plus d'influence sur le tirage du foyer.

Nous croyons qu'il est indispensable d'envelopper ainsi les cheminées, surtout dans leur partie inférieure, toutes les fois qu'elles sont exposées au contact de l'air froid pendant la marche, si l'on ne veut être exposé à un ralentissement considérable de la combustion et souvent à l'extinction du foyer.

Regard. — L'extrémité de la partie horizontale de la cheminée est fermée par un petit regard mobile servant à enlever la suie qui s'accumule dans le coude (fig. 10).

Voitures de 2^e et 3^e classe. — Les chaudières des voitures de 2^e et 3^e classe sont placées vers le milieu de la longueur de la voiture afin de partager la circulation en deux parties, et de diminuer, par suite, la longueur du parcours de l'eau. (Fig. 1 de la planche n° 25.)

Dans ces appareils, les cheminées présentent une très-courte partie horizontale et se relèvent entre les baies d'un compartiment, en suivant le profil extérieur de la voiture.

Hauteur des cheminées. — Dans cette position, leur hauteur est très-limitée par le gabarit, et nous n'avons pu les monter qu'à 0^m,130 au-dessus de la corniche; mais cette hauteur a été suffisante, et le tirage ne nous a pas semblé gêné par le courant d'air qui rase le dessus des pavillons.

Sections des cheminées. — Les sections des cheminées sont elliptiques et de :

0^m,092/0^m,050 pour la voiture de 2^e classe,

0^m,095/0^m,060 — 3^e classe.

Enveloppe des cheminées. — Les cheminées sont également protégées par une enveloppe concentrique en tôle, et un regard est placé à l'extrémité de la partie horizontale pour le nettoyage.

Canalisation. — La canalisation des trois appareils est entièrement placée à l'extérieur; les deux conduites principales courent le long des brancards du châssis et sont protégées par la saillie de la caisse. La disposition de la canalisation est d'ailleurs semblable pour les appareils de chacune de nos trois classes, sauf le nombre des chauffe-rettes et quelques modifications de détail nécessitées par la position variable de la chaudière. (Figures 1 de la planche n° 25 et 1 à 6 de la planche n° 26.)

Conduites de départ d'eau : 1^{re} Voiture de 1^{re} classe. — Dans la voiture de 1^{re} classe, la conduite d'eau chaude part de la tubulure du haut de la chaudière et, se relevant en col de cygne, atteint le niveau de la tubulure à T de la chauffe-rette voisine. Elle est placée parallèlement et à 0^m,150 en dessous du niveau du plancher.

2^e Voitures de 2^e et 3^e classe. — Dans la voiture de

2^e classe, ainsi que dans celle de 3^e classe, la conduite de départ se relève verticalement en quittant la chaudière et se bifurque en deux branches dont chacune alimente un côté de la voiture. Le niveau de la conduite est également à 0^m,150 en dessous du plancher.

Dans toutes les voitures, la conduite de départ est en cuivre rouge et de 0^m,045 de diamètre intérieur. Elle est coupée entre chaque chaufferette et se raccorde aux tubulures à T par des joints à brides.

Joints. — Nous n'avons pas eu de fuites dans les joints de nos trois appareils pendant toute la durée des expériences; mais il faut ajouter que toutes les surfaces étaient dressées et que le joint, fait au carton et à la céruse, avait très-peu d'épaisseur.

Enveloppes des conduites de départ. — Pour les préserver du refroidissement, les tuyaux de départ d'eau sont entourés d'un feutre épais et roulé en spirale; une forte toile enveloppe le feutre, et le tout est recouvert de peinture. Chaque portion de la conduite de départ est courbée en S entre les chaufferettes, afin de présenter une partie élastique pouvant fléchir lors de la dilatation de la conduite.

Conduite de retour d'eau froide. — La conduite de retour est placée du côté opposé à la chaudière, parallèlement au plancher et à 0^m,205 en contre-bas. La différence de niveau entre les deux conduites est donc de 0^m,055.

1^o *Voiture de 1^{re} classe.* — Dans la voiture de 1^{re} classe, la conduite est en deux pièces, dont la première réunit les trois chaufferettes, et dont la seconde, traversant la voiture en dessous du brancard du châssis, vient aboutir à la tubulure inférieure de la chaudière.

2^o *Voitures de 2^e et 3^e classe.*— Sur les voitures de 2^e et 3^e classe, les conduites de retour des deux extrémités de la voiture se réunissent dans un conduit commun qui traverse la voiture et aboutit au bas de la chaudière.

Les conduites de retour d'eau sont en cuivre rouge et d'un diamètre intérieur de 0^m,050.

Les raccords avec les chaufferettes sont faits par des tuyaux verticaux de 0^m,038 de diamètre intérieur brasés sur la conduite et terminés par des brides.

Enveloppe des conduites de retour. — Les conduites de retour d'eau ont été enveloppées de feutre dans toute leur partie horizontale sous le brancard de caisse, et la partie traversant la voiture pour atteindre la chaudière était seule découverte, afin de diminuer la température de l'eau à son retour dans la chaudière et d'activer, par suite, la circulation.

Chaufferettes. — Les chaufferettes, en fonte, ouvertes aux deux extrémités pour le moulage, sont fermées par des couvercles à joints plats. (Fig. 2 à 6 de la planche n^o 25.)

Chaque chaufferette se raccorde avec la conduite d'eau chaude par une tubulure à T, venue de fonte, dont la partie horizontale a un diamètre intérieur de 0^m,045, et dont la partie verticale, de 0^m,030 de diamètre intérieur, débouche sur le fond de la chaufferette.

La sortie de l'eau se fait à l'extrémité opposée de la chaufferette, par une ouverture placée à la partie inférieure, et à laquelle aboutit un branchement vertical de la conduite de retour d'eau, ayant 0^m,035 de diamètre intérieur.

Montage des chaufferettes. — Les chaufferettes sont encastrées au niveau du plancher et placées, comme dans

l'appareil étudié en 1873, dans des boîtes formées par les traverses supportant l'extrémité des frises du plancher, et remplies de sciure de bois.

Le dessus des chaufferettes est strié et présente une surface de rayonnement de $2^m,290 + 0^m,200$ de largeur. La section de la chaufferette a été réduite au minimum, tout en conservant cependant les dimensions nécessaires pour la réussite des pièces à la fonderie.

Vase d'expansion. — Le vase d'expansion (fig. 7 et 8) est en fonte et placé sur le plancher, à l'intérieur des voitures, afin de le garantir contre les effets de la gelée; sa position varie suivant la classe de la voiture, mais ses dimensions sont telles qu'il peut se placer sous les banquettes sans gêner les voyageurs; il communique avec les conduites par sa partie inférieure.

Le tuyau du trop plein, assurant en même temps la communication de l'appareil avec l'atmosphère, est placé dans un des angles du vase d'expansion; il monte jusqu'à $0^m,020$ de la partie supérieure et aboutit à l'extérieur en traversant le plancher.

Suppression du flotteur. — Cette disposition nous a permis de supprimer le flotteur et de réduire le vase d'expansion à une simple boîte en fonte.

Pertes d'eau. — Le tuyau de trop plein provenant de la dilatation du liquide indique que l'appareil est rempli et il sert à l'écoulement de l'excès d'eau; sa position est d'ailleurs telle que les pertes d'eau dans les manœuvres brusques sont presque nulles.

Position du vase d'expansion : 1^o Voiture de 1^{re} classe.



— Dans la voiture de 1^{re} classe, le vase d'expansion est placé contre le panneau de fond du compartiment opposé à la chaudière, et se raccorde avec la conduite d'eau chaude prolongée à cet effet.

2^o *Voitures de 2^e et 3^e classe.* — Dans les voitures de 2^e et 3^e classe, dont la longueur est plus grande, le vase d'expansion est placé sous une des banquettes d'un compartiment du milieu, et se trouve en communication, soit avec la conduite de départ d'eau, soit avec la conduite de retour.

Il est préférable de placer le vase d'expansion vers le milieu de la voiture, qui se trouve toujours dans une position moyenne de niveau par rapport aux deux extrémités, — fait qui aurait son importance si les voitures devaient circuler sur des profils accidentés.

Conduites de départ d'air. — Pour éviter que l'air ne se trouve emprisonné dans les chaufferettes et, par suite, ne forme obstacle à l'émission de la chaleur par les surfaces rayonnantes, nous avons établi à l'extrémité de chaque chaufferette, aboutissant contre la paroi supérieure et du côté de la conduite d'eau chaude, un tuyau de petit diamètre (0^m,012) assurant la communication avec l'air extérieur. (Fig. 3 et 6 de la planche n^o 25.)

Ce tuyau se trouve à son départ encastré de son diamètre dans le plancher et est recouvert par une plaque mobile en tôle; il s'engage sous le siège et se relève à l'intérieur du dossier jusqu'à 0^m,800 du plancher; là, il se recourbe de façon à présenter son orifice vers un entonnoir formant le haut d'un tube de plus gros diamètre qui traverse le plancher pour déboucher à l'extérieur. Ces conduites de départ d'air sont donc formées de deux parties pour rompre leur continuité; elles ne peuvent pas

il se divise en deux parties par le démontage des joints des conduites sur la chaudière.

Toute la canalisation horizontale et la cheminée s'enlèvent avec la caisse, et la chaudière reste montée sur le châssis.

RESULTATS CALORIFIQUES.

Appareil de la voiture de 1^{re} classe. — Nous n'indiquons ici que les résultats obtenus dans les expériences faites après le moment où les différents organes de l'appareil n'ont plus subi de modifications importantes.

Résultats des expériences faites avec une voiture spéciale occupée par l'expérimentateur. — La voiture de 1^{re} classe, n'étant occupée que par l'expérimentateur, et ses fenêtres étant tenues fermées, nous a donné les résultats suivants :

1^o Températures intérieures. — La température moyenne des trois compartiments s'élève à 10°,4 au-dessus de la température extérieure. La répartition de la chaleur est très-uniforme.

Les écarts de température des points symétriques d'un côté à l'autre de la voiture, ne s'élevant en moyenne qu'à 0°,4, sont à peine appréciables.

Dans le compartiment où la répartition de la chaleur se fait dans les plus mauvaises conditions, l'écart entre le point le plus chaud et le point le plus froid est en moyenne de 2°,7, et ne dépasse pas 3°,5; on constate toujours cet écart maximum dans le compartiment où la température moyenne est la plus élevée.

L'écart entre les deux points de toute la voiture qui présentent la plus grande différence de température est de 5° en moyenne, et ne s'élève jamais à plus de 7°.

2° *Températures sur les chaufferettes.* — La température moyenne obtenue au contact des chauffe-pieds est de 72° (1), et, dans quelques-unes de nos expériences, elle s'est élevée jusqu'à 85°.

Ces températures sont un peu trop élevées et deviennent incommodantes pour les voyageurs; mais il sera facile de diminuer cet excès de chaleur en réduisant légèrement la puissance de l'appareil de nos voitures de 1^{re} classe. Du reste, nous avons atteint complètement ce résultat dans l'appareil appliqué à la voiture de 3^e classe que nous décrivons plus loin.

Les écarts moyens, constatés sur une même chauffe-rette, ont été de 3°,3, et n'ont jamais dépassé 7°.

Le point le plus chaud des chauffe-pieds se trouvait généralement du côté de l'arrivée d'eau chaude dans le compartiment du milieu.

Le point le plus froid était toujours situé du côté de la conduite de retour dans le compartiment extrême opposé à la chaudière.

Ces deux points présentaient des différences moyennes de 8°.

Influence du sens de la marche. — Le sens de la marche n'a pas d'influence caractérisée sur le fonctionnement de l'appareil, les conditions de répartition de la température

(1) Les thermomètres placés au contact des chaufferettes indiquaient en moyenne une température inférieure de 6° à celle de l'eau contenue dans l'appareil. Cet écart diminuait sensiblement lorsque la température de l'eau dépassait 90°.

Appareil à circulation d'eau et à chaufferettes, type EST 1874, appliqué à la voiture de 1^{re} classe A 474.
(CHAUDIÈRE PLACÉE A L'EXTRÉMITÉ DE LA VOITURE)

DATE de L'EXPÉRIENCE	NOMBRE du train	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILISÉ	TEMPÉ- RATURES moyennes sur les chauf- ferettes	ÉCART MAXIMUM de la température de l'intérieur de la voiture		OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		exté- rieure	inté- rieure			entre tous les com- partim ^{ts}	entre le plus grand et le plus petit	
17 déc. 1874.	35 et 34	»	»	»	- 0.5	+ 6.7	7.2	44.5	3	5	(Dans toutes les expériences, on a employé le coke de gaz pour l'alimentation du foyer.) Tremie en fonte de 0m30/0m100 et descendant à 0m100 de la grille. — Grille ouverte complètement ouvert au retour depuis Epinay. Registre complètement ouvert.
19 —	Statut	»	1.180	neige	+ 1.2	6	4.8	40.8	1.5	3	Tremie en tôle de 0m140/0m140 à l'extérieur, et descendant à 0m225 de la grille.
31 —	d ^e	»	»	beau	- 5.5	1.6	7.1	60.1	»	»	Registre placé au 2 ^e cran du taquet pendant tout le parcours.
19 janv. 1875.	35	1.595	»	ouvert	+ 9.3	18.8	9.5	78	2.5	4	Registre placé au 2 ^e cran, de 0 ^e du matin à 4 ^h ouvert au dernier cran jusqu'à 10 ^h (Do. 1 b à 3 ^e , remis environ 30 litres d'eau froide.
14 —	32	1.325	0.870	d ^e	+ 8.2	20	11.8	77	3.5	5	Tremie de 0m140/0m140 et descendant à 0m100 de la grille. — Grille modifiée (dégagement de la partie inférieure des barreaux).
24 —	Statut	»	»	beau	+ 8.2	18.3	10.1	70.3	2	4	Registre ouvert au dernier cran, de Meaux à Châlons, fermé à moitié jusqu'à l'arrivée à Nancy.
27 —	35	1.550	»	d ^e	+ 5.2	16.2	11	78.8	3	4	Registre complètement ouvert pendant tout le parcours.
28 —	32	1.300	0.900	d ^e	+ 3	17.5	14.5	84	4	6	Registre fermé au dernier cran pendant tout le parcours.
29 —	35	1.720	»	pluvieux	+ 7.5	17.2	9.7	79.8	2	6.5	Grille modifiée. — Registre fermé au dernier cran pendant tout le parcours.
2 fév. 1875.	35	1.460	»	ouvert	+ 4.2	15.7	11.5	70	3	5	Registre complètement ouvert jusqu'à La Ferté, fermé aux trois quarts jusqu'à Nancy.
3 —	32	1.760	0.880	d ^e	+ 3.7	16.3	12.6	77.8	3	6	Registre fermé au dernier cran pendant tout le parcours.
4 —	35	1.480	»	beau	+ 3	16.6	13.6	82.4	2	6	Grille modifiée. — Registre fermé au dernier cran pendant tout le parcours.
5 —	32	1.760	0.880	ouvert	+ 2.6	17.5	14.9	85.5	3.5	6	Registre complètement ouvert jusqu'à La Ferté, fermé aux trois quarts jusqu'à Nancy.
4 mars 1875.	35	1.320	»	d ^e	+ 5	18.3	13.3	85.8	5	7.5	Registre fermé à moitié pendant tout le parcours.
5 —	32	1.427	0.784	beau	+ 4.5	20.6	16.1	87.2	»	»	Première expérience avec le tuyau de retour d'eau mis à découvert. — Registre complètement ouvert jusqu'à Châlons.
8 —	35	1.580	»	ouvert	+ 14	26.7	12.7	83	4	6.5	Registre fermé à moitié jusqu'à l'arrivée à Nancy.
9 —	32	1.825	0.828	d ^e	+ 16	28	12	80.8	4	6	Registre complètement ouvert jusqu'à Bar-le-Duc, fermé à moitié jusqu'à l'arrivée à Paris.
14 —	35	0.710	»	beau	+ 9.3	15	5.7	42.2	2	4	Première expérience avec la cheminée diminuée de 0m30 de hauteur. — Grille ouverte jusqu'à Commercy, et complètement ouverte jusqu'à Nancy.
15 —	32	1.120	0.940	d ^e	+ 8.2	16.6	8.4	51.7	4	5	— Portières ouvertes sur un côté de la voiture pendant dix minutes, à 4 ^h 10 et à 11 ^h 35.
17 —	Statut	»	1.430	»	+ 6.6	15	8.4	66.6	1	3	Registre fermé au 1 ^{er} cran du taquet. — Ouverture des portières pendant dix minutes, à 4 ^h 10 et à 9 ^h 40. — Foyer éteint à Châlons.
18 —	35	0.960	»	beau	+ 4	10.8	6.8	47	2.5	5	Première expérience de stationnement, le conducteur étant supprimé.
19 —	32	0.895	0.880	ouvert	+ 2.5	9.5	7	51	2	4	Première expérience de route, le conducteur étant supprimé. — Ouverture des portières pendant dix minutes, à 4 ^h 10 et à 11 ^h 35.
20 —	35	0.800	»	d ^e	+ 2.8	9.7	6.9	46.2	1	4	Ouverture des portières pendant dix minutes, à 4 ^h 10 et à 9 ^h 40. — Foyer éteint à Châlons.

(Voir la suite à la page 318.)



Suite du Résumé des expériences sur la voiture de 1^{re} classe A 474.

DATE de l'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSOMMATION PAR HEURE		ÉTAT du CIEUX	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET	TEMPÉ- TURES moyennes sur les chauf- fées	ÉCART MAXIMUM entre la plus basse et la plus haute TEMPÉRATURE de l'intérieur de la voiture		OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		exté- rieure	inté- rieure			dans le compart où l'écart est le plus grand	entre tous les com- partiments	
21 mars 1875.	32	1.280	0.785	couvert	+ 2.8	43.5	10.7	71.7	2	7	Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 9h45.
22 —	35	0.860	»	pluvieux	+ 3	43.2	10.2	64.3	2	6	Expérience avec abat-vent sur le pavillon de la cheminée (il a été enlevé au départ de Nancy) — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 9h10 et à 11h35.
23 —	32	1.400	0.750	couvert	+ 4.6	46.5	11.9	74.2	4	8	Abat-vent remplacé au départ de Nancy (il a été enlevé d'Épernay à Paris). — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 9h10 et à 9h40.
26 —	35	1.080	»	beau	+ 12.8	22	9.2	74.3	1	4	Première expérience avec cheminée augmentée de 0m25.
27 —	32	1.510	0.840	d°	+ 9.2	20.5	11.3	77.8	3	4	Première expérience de route avec le cendrier remplacé. — Régistre fermé presque entièrement.
30 —	35	1.250	»	couvert	+ 8.7	48.5	9.8	77	4	6	Expérience avec le cendrier enlevé. — Ouverture des portières pendant dix minutes, à 3h10 et à 9h40.
31 —	32	1.470	0.815	d°	+ 9.4	22	12.6	84.6	4	7	Expérience avec le cendrier remplacé. — Régistre fermé jusqu'à Châlons et entièrement enlevé à Nancy. — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 4h10 et à 11h40.
3 avril 1875.	35	1.250	»	beau	+ 11.2	20.6	9.4	70.7	2.5	4.5	Cendrier retiré au départ de Nancy.
4 —	32	1.330	0.800	couvert	+ 12	23	11	76.4	2	5	



restant sensiblement les mêmes, et les légères variations qui se produisent n'offrant pas assez de régularité pour pouvoir être attribuées à l'orientation de la voiture.

Influence de l'ouverture des portières. — L'ouverture des portières pendant dix à quinze minutes produisait un abaissement moyen de 2° dans l'intérieur de la voiture, et cette perte se trouvait réparée environ quarante minutes après la fermeture.

Au contact des chaufferettes, on constatait une diminution moyenne de 7° .

Résumé des expériences. — Nous avons résumé dans le tableau ci-contre (pages 316, 317 et 318) toutes nos expériences sur la voiture de 1^{re} classe. On y trouvera l'influence des modifications apportées successivement aux diverses parties de l'appareil.

Expériences en marche des 4 et 5 février 1875. — Nous reproduisons *in extenso* les procès-verbaux de deux de nos voyages d'essais, pendant lesquels la voiture n'était occupée que par l'expérimentateur.

Les températures indiquées par les thermomètres placés sur les chaufferettes ayant été relevées à partir du moment de l'allumage, l'expérience du 4 février fait connaître la vitesse d'échauffement de l'appareil.

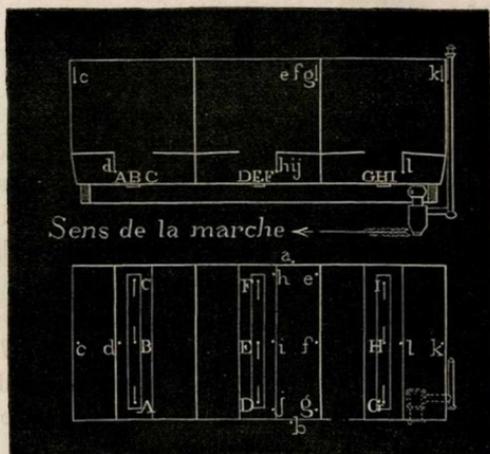
Pendant chacun de ces voyages, les portières d'un côté de la voiture ont été ouvertes pendant dix minutes. On voit quelle a été l'influence de cette ouverture sur la température de l'atmosphère de la voiture et sur celles des chaufferettes.

Sur la planche n^o 29, nous avons reproduit pour ces deux expériences les courbes se rapportant aux thermo-

mètres extérieur *a*, intérieurs *c*, *d*, *f*, *i*, *k*, *l*, et à ceux qui étaient placés au contact des chaufferettes *B*, *E* et *H*.

Expérience du 4 février 1875.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Voiture de 3^e classe. — Résultats obtenus sur une voiture spéciale occupée par l'expérimentateur. — Dans la voiture de 3^e classe munie de notre appareil à eau chaude, un des compartiments extrêmes était entièrement séparé des autres par une cloison pleine; les quatre compartiments suivants étaient seuls en communication.

Températures intérieures : 1^o Résultats obtenus sur les quatre compartiments. — La voiture n'étant occupée que

THERMO-SYPHON.

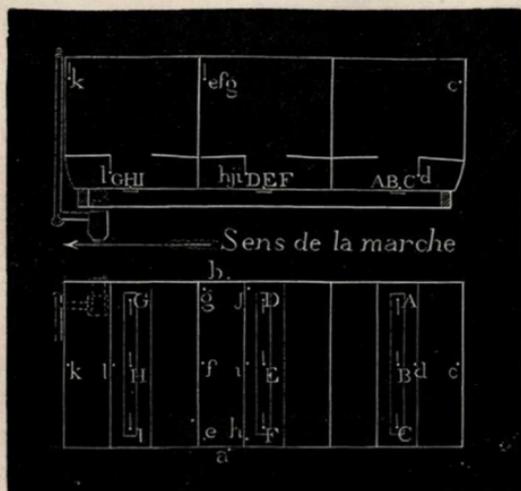


321

STATIONS	HEURES		INDICATIONS DES THERMOMÈTRES DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS												INDICATIONS DES THERMOMÈTRES AU CONTACT DES CHAUFFERETTES										ÉTAT DU TEMPS CHANGEMENTS ET OBSERVATIONS	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Changement de combust.				
	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.					
"	10.05	+5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6	6	1.5	6	7	6	7	5.5	6	Allumage à 10 heures. Convert.				
"	10.15	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8	6	1.5	13	14	9	13	10	9	d°				
"	10.25	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	22	17	6	27	19	17	26	19	18	Beau.				
"	10.35	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	28	24	11	35	25	24	29	28	25	d°				
"	10.45	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	36	32	18	42	33	31	39	33	32	d°				
"	10.55	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	38	37	22	45	36	35	43	37	36	d°				
"	11.05	+5.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	41	39	27	49	41	39	46	42	38	d°				
"	11.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	48	46.5	34	53	51	47	55	50	49	d°				
Paris (dep.) . . .	midj	+6	+7	14	14	13	12	13	13	13	12	13	66	61	59	68	66	59	63	63	58	d°				
"	1	+7	+8	14	15	14	15	14	15	14	15	14	75	73	67.5	78	78	77	74	75	73	d°				
"	2	+6	+7	18	19	15	16	18	16	17	15	16	80	79	78	80	80	78	85	83	82.5	d°				
"	3	+5	+5	19	20	16	17	16	16	15	16	17	83	80	80	86	83	81	87	85	82	d°				
"	4	+4	+4	18	19	16	17	16	16	15	16	17	82	79	79	84	81	82	85	82	81	d°				
"	5	+3	+4	16	16	14	14	14	12.5	14	14	12	75	74	71	76	75	75	79	76	77	d°				
"	6	+4.5	+2	18	19	16	17	16	16	17	16	17	80	78	83	82.5	81	88	86	81	80	d°				
"	7	+2	+2	18	19	16	16	16	17	16	17	15	80	78	86	86	86	82	86	83	84	d°				
"	8	0	+1	19	20	16	17	16	17	18	14	15	82	83	78	91	90	78	90	89	88.5	d°				
"	9	-1	0	18	19	17	17	18	19	18	17	16	88	83	78	87	91	86	90	90	88	d°				
"	10	-1.5	-1	19	19.5	17	18	18	19	18	14	15	89	85	81	88	90	88	92	90	87	d°				
Nancy (orr.) . . .	11.25	0	0	18	19	18	17	16	19	18	19	20	88	85	88	90	90	89	91	92	90	d°				
soir																										

Expérience du 5 février 1875.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

par l'expérimentateur et toutes les ouvertures étant tenues fermées, nous avons obtenu dans les quatre compartiments qui communiquent entre eux une température supérieure en moyenne de $9^{\circ},88$ à celle de l'air extérieur.

La répartition de la chaleur est bonne, la température de la partie inférieure de la voiture étant plus élevée de 2° que celle des couches d'air voisines du pavillon. Les différences, d'un côté à l'autre, sont en moyenne de $0^{\circ},2$. Les plus grands écarts entre les températures des différents points de la voiture ne dépassent pas 7° et sont ordinairement de 4 à 5° .

Le point le plus chaud se trouve toujours entre les banquettes du compartiment du milieu, et le point le plus froid vers le pavillon, aux deux extrémités de la voiture.

2° *Compartiment isolé.* — La température moyenne du compartiment extrême isolé est sensiblement égale à celle des autres compartiments. Les couches d'air placées près du pavillon, surtout du côté de la cloison extrême, nous ont donné dans toutes nos expériences les températures les plus basses de l'ensemble de la voiture.

Températures sur les chaufferettes. — La température moyenne au contact des cinq chauffe-pieds est de 59° . Cette température nous semble très-suffisante; elle n'offre aucun inconvénient au point de vue hygiénique, et les voyageurs s'en montrent généralement très-satisfaits.

Sur la même chaufferette, les écarts moyens de température s'élèvent à $3^{\circ},8$, et les différences maximum que nous avons constatées sont de 8° .

Du point le plus chaud au point le plus froid, au contact des cinq chaufferettes de la voiture, nous n'avons jamais trouvé plus de 9° de différence, et l'écart moyen a été de 7° . Le point donnant la température la plus élevée se trouve toujours du côté de l'arrivée de l'eau chaude, mais il se présente successivement sur les diverses chaufferettes; le point le plus froid passe également d'une chaufferette à l'autre, toutefois il se trouve du côté du retour d'eau froide.

Influence du sens de la marche. — Dans la voiture de 3^e classe, le courant d'air résultant de la marche du train frappe alternativement la cheminée d'un côté ou de l'autre, mais toujours dans les mêmes conditions, et, par suite, le fonctionnement de l'appareil ne peut s'en trouver in-

THERMO-SYPHON.

fluencé. Aussi n'avons-nous constaté aucune différence appréciable dans les résultats obtenus dans les deux positions inverses de la cheminée.

Influence de l'ouverture des portières. — L'ouverture des portières de tout un côté de la voiture pendant dix à quinze minutes fait éprouver à la température intérieure un abaissement de 3°,5 à 4°. Pendant le même intervalle de temps, la température de la plaque striée des chaufferettes s'abaisse de 4 à 5°.

En service régulier, les ouvertures de portières de cette durée seraient assez rares, et nous ne croyons pas que les chiffres que nous venons de donner soient jamais atteints.

Résumé des expériences. — Le tableau suivant (pages 326 et 327) donne le résumé de toutes les expériences faites sur la voiture de 3^e classe.

Expériences en marche des 10 février, 2 avril 1875 et 6 janvier 1876. — Nous reproduisons toutes les constatations faites pendant trois expériences, la voiture n'étant toujours occupée que par l'expérimentateur.

L'expérience du 10 février fait connaître spécialement la vitesse d'échauffement de l'appareil, tandis que celle du 2 avril montre l'influence des ouvertures de portières.

Nous avons retracé sur la planche n° 29 les variations du thermomètre extérieur *a*, et de ceux qui étaient placés dans le plan médian de la voiture : *c, d, f, i, m, n, B, H* et *O*.

L'expérience du 6 janvier 1876 a été faite dans un de nos trains express de nuit.

Nous donnons également sur la planche n° 29 les courbes se rapportant aux thermomètres intérieurs *c, d, j, k, l, B, E, H*, et au thermomètre extérieur *a*.



EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

Appareil à circulation d'eau et à chaufferettes, type EST 4874, appliqué à la voiture de 3^e classe C 4274.
(CHAUDIÈRE PLACÉE AU MILIEU DE L'UN DES CÔTÉS DE LA VOITURE.)

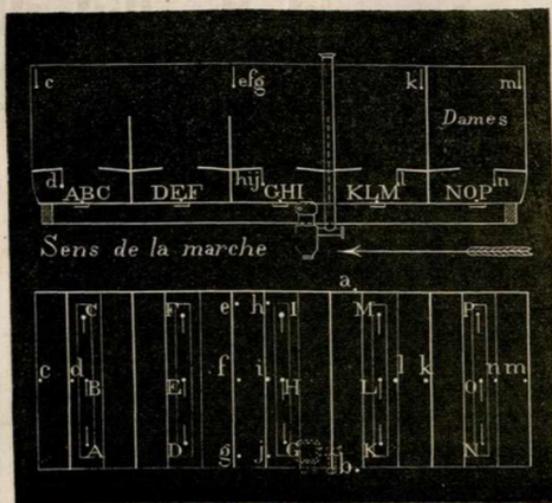
DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSOMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILÉ	TEMPÉRATURES MOYENNES sur les chaufferettes	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		extérieure	intérieure				
30 déc. 1874.	35	kilog. 1.355	» »	Convert	degrés - 8.7	degrés 2	degrés 10.7	degrés 49.2	degrés »	(Dans toutes les expériences, on a employé le coke de gaz pour l'alimentation du foyer. — Un des compartiments extrêmes est isolé par une cloison pleine; les quatre autres compartiments sont seuls en communication.)
31 —	32	1.295	0.883	Beau	- 5.2	5.4	10.6	53.6	7	tre expériences avec trémie en tôle de 0m140/0m140 et descendant à 0m285 de la grille.
7 janv. 1875.	35	1.200	»	Convert	+ 3.8	10	6.2	53	7	La partie horizontale du tuyau de fumée n'était pas enveloppée.
8 —	32	1.130	0.890	d ^o	+ 5	14.2	9.2	57.6	8	Registre presque complètement fermé pendant tout le parcours.
13 —	35	1.050	»	d ^e	+ 9.5	15	5.5	50	7	Registre fermé au 3 ^e cran du taquet pendant tout le parcours.
14 —	32	1.180	0.660	Beau	+ 7.4	17.2	9.8	60	8	Registre fermé au 2 ^e cran du taquet pendant tout le parcours.
10 fév. 1875.	35	1.890	»	d ^o	- 1.4	6.4	7.8	49	8	Registre complètement ouvert pendant tout le parcours.

THERMO-SYPHON.

11 fr. 1875.	32	1.590	0.770	Beau	- 1	9.3	10.3	54.2	10.5	Registre complètement ouvert pendant tout le parcours.
20 —	35	1.126	»	Couvert	+ 2	11.2	9.2	56.6	5	do do
21 —	32	1.276	0.822	d°	- 0.3	11	11.3	58.9	6	do do
28 —	35	1.270	»	d°	+ 3.5	12.4	8.9	57.5	5.5	do do
1 ^{er} mars 1875.	32	1.256	0.510	d°	+ 3	12.7	9.7	59.8	7	do do
24 —	35	1.046	»	Beau	+ 8.5	16.8	8.3	58	5	Registre ouvert à moitié pendant tout le parcours.
25 —	32	1.200	0.068	Couvert	+ 9	18.5	9.5	68.9	9	do do
1 ^{er} avril 1875.	35	1.350	»	d°	+ 8.7	17	8.3	64	7	1 ^{re} expérience. Le cendrier étant supprimé. — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 4 ^h 10 et à 11 ^h 45 du soir.
2 —	32	1.430	0.800	d°	+ 10	19.9	9.9	75.8	9	Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 9 ^h 50 et à 11 ^h 40 du matin.
5 —	35	1.140	»	d°	+ 11.5	22	7.5	62.8	9	Cendrier remplacé jusqu'à moitié parcours, le registre étant ouvert à moitié. — Il a été enlevé pour l'autre moitié du parcours. — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 4 ^h 50, 7 ^h 40, 8 ^h 46 et 12 ^h 25.
6 —	32	1.390	0.800	beau	+ 14.2	23.5	9.3	73.8	»	Cendrier remplacé avant le départ. — Registre fermé à moitié jusqu'à Châlons, puis complètement fermé. — Ouverture des portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes, à 9 ^h 25, 9 ^h 50 et 11 ^h 45 du matin.

Expérience du 10 février 1875.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Entretien des foyers. — On maintient très-facilement en feu les foyers des appareils, quoique la masse de coke en combustion soit très-faible. Les rares extinctions qui se sont produites résultaient toujours de la négligence des agents.

La position et la forme de la trémie permettent de charger aisément le combustible; le foyer et la trémie contenant ensemble 6^{ks},400 de coke, l'appareil peut faire un trajet de trois heures sans que l'on ait besoin de le recharger.

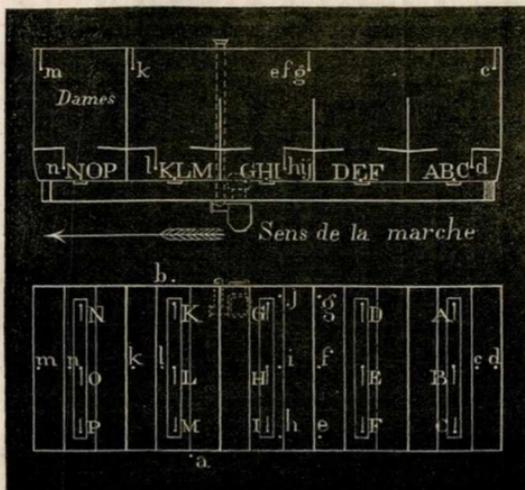
Avec ces foyers, la combustion est peu active dans les trains omnibus et les cendres du coke ne s'agglomèrent

THERMO-SYPHON.



Expérience du 2 avril 1875.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

pas; la vitesse des trains express augmentant le tirage, il se produit alors des scories, mais en petite quantité et faciles à enlever.

Pour que les appareils fonctionnent dans les meilleures conditions, il faut piquer les feux à des intervalles d'une heure et demie en marche, et d'une heure pendant les stationnements.

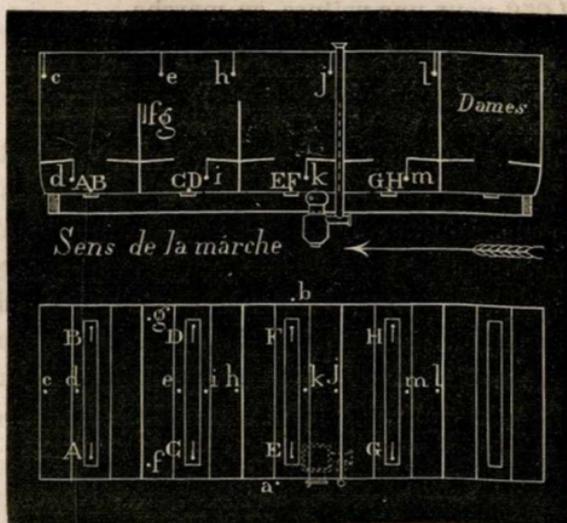
Le temps nécessaire pour alimenter un foyer et le piquer est en moyenne d'une minute; ainsi, pour mettre en état les appareils d'un train de vingt-quatre voitures pendant un arrêt de cinq minutes, il faudrait employer cinq agents.

THERMO-SYPHON.

33

Expérience du 6 janvier 1876.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Combustible employé. — Les dimensions des foyers sont trop réduites pour que l'on puisse brûler du coke de four; ce combustible s'éteint même dans les trains express.

Nous pensons que le coke de gaz est le combustible le plus convenable à tous les points de vue, et nous l'avons adopté exclusivement dès le début de nos expériences.

Des essais faits avec de la tourbe et du charbon de tourbe ont été complètement négatifs.

Consommation et dépense de combustible. — La consom-

mation, basée sur l'ensemble de toutes nos expériences, s'est élevée à :

1^{re},400 par voiture et par heure de marche,
0^{re},800 — d° — stationnement.

Soit une dépense à l'heure de :

0^f,056 pour une voiture en marche,
0^f,032 — d° — en stationnement,

(le coke de gaz coûtant 40^f la tonne).

Les chiffres précédents comprennent les pertes dans le transport et la manipulation, et sont des moyennes d'exploitation. Ils résultent d'une expérience faite pendant trois mois et demi et représentent une moyenne soigneusement observée sur quatre-vingt-seize trains. Dans ces trains, le parcours total des trois voitures munies de l'appareil à eau chaude a été de 87,048^{km}, leur nombre d'heures de marche de 2,790, et celui des heures de stationnement de 806.

Dépenses d'installation des appareils. — Nous donnons dans la note annexée au présent ouvrage le devis estimatif de l'installation, dans le matériel de 3^e classe actuel, de l'appareil à eau chaude que nous venons de décrire.

D'après nos évaluations, les dépenses d'installation sont les suivantes :

550 ^f	par voiture de 1 ^{re} classe ou mixte (à trois compart.)
650 ^f	— 2 ^e classe — (à quatre —
720 ^f	— 3 ^e classe — (à cinq —

Si l'on monte ces appareils sur des voitures neuves, nous estimons que les prix ci-dessus seront réduits aux chiffres suivants :

510^f par voiture de 1^{re} classe ou mixte,

600^f — — 2^e classe —

650^f — — 3^e classe —

Nos devis admettent l'emploi de tubes en fer pour la canalisation; nous n'avions adopté les tuyaux en cuivre dans nos appareils d'essai que pour en hâter la construction.

Modifications à apporter à l'appareil construit en 1874. —

Nous ne présentons pas l'appareil construit par nous en 1874 comme un type définitif; nous le croyons, au contraire, susceptible d'améliorations de détail; mais, dans ses conditions actuelles, il nous permet d'établir que l'on peut chauffer pratiquement les voitures par un appareil à eau chaude spécial à chaque véhicule, que ce mode de chauffage semble très-gouté du public; enfin il donne la possibilité d'évaluer exactement les dépenses de l'application de ce système à tout le matériel.

Dans un appareil définitif, on pourra adopter, soit la disposition des deux canalisations en dessous du châssis de la voiture, soit celle de la canalisation de départ au niveau du plancher, ce qui permet de supprimer les tubes purgeurs d'air des chaufferettes; celles-ci pourront être faites soit en fonte, soit en tôle; dans tous les cas, il ressort de nos expériences que l'on pourra réduire les foyers des appareils destinés aux voitures de 1^{re} classe, où nous dépensons encore une quantité de chaleur surabondante, ainsi que nous l'avons précédemment établi (1).

Des essais entrepris sur un appareil fixe nous conduisent

(1) Nous estimons que chacune des chaufferettes de la voiture de 3^e classe émettait quatre cent cinquante calories par heure.

Pour maintenir la température intérieure de la voiture supérieure de

à admettre que les coudes exercent une influence prépondérante dans la résistance au mouvement éprouvée par le liquide et que l'on peut réduire à 0^m,030 le diamètre intérieur de la canalisation, sans modifier sensiblement l'effet utile de l'appareil.

Inconvénients propres au système de chauffage par l'eau chaude. — Lenteur du chauffage initial et congélation de l'eau. — Nous devons maintenant parler de deux graves inconvénients que présente notre appareil, comme tout autre système basé sur l'emploi de l'eau chaude.

Ces deux inconvénients sont la lenteur du premier chauffage des voitures et les dangers de congélation de l'eau pendant les temps de gelée, — en cas d'extinction du feu ou par suite de négligence, — si l'on ne vide pas les appareils en même temps que l'on cesse de chauffer.

Nous avons dû étudier les moyens les plus sûrs et les plus économiques de supprimer ces inconvénients, qui pourraient suffire à faire rejeter le système dont nous parlons s'il n'était pas possible de les éviter d'une manière simple et pratique.

D'abord nous avons pensé empêcher la congélation de l'eau en y faisant dissoudre soit un sel, soit de la glycérine.

Après expériences spéciales, ces expédients nous semblent devoir être rejetés : les dissolutions salines, en corrodant les métaux, amènent une prompte détérioration des appareils.

10° à celle de l'air extérieur, il fallait donc dépenser par heure de marche 2,250 calories.

La quantité de chaleur totale contenue dans le combustible étant approximativement de $8000 \times 1^{38},4 = 11200$ calories, le rendement de l'appareil est d'environ 20 0/0, ce qui démontre que, quoique cet appareil soit un des plus perfectionnés, il laisse perdre encore 80 0/0 de la chaleur du combustible.



D'autre part, pour retarder jusqu'à — 15° la congélation de l'eau, il faut déjà employer 20 0/0 en poids de glycérine, d'où résultent une dépense première d'environ 20' par voiture, et des frais notables pour réparer les pertes de liquide.

En tenant compte de la nécessité de commencer l'allumage des voitures deux heures et demie avant le départ pour que les voyageurs montent dans un train convenablement chauffé, de la perte de combustible qui se produit nécessairement lors de l'extinction des foyers, — opération qui ne peut se faire dès l'arrivée des trains, — enfin des dépenses de matières et de main-d'œuvre pour le remplissage des appareils et pour l'allumage, nos calculs ont finalement établi que, si les feux sont constamment maintenus allumés pendant les stationnements en gare dans les intervalles des trains, la dépense annuelle, dans les conditions du service de la Compagnie de l'Est, sera sensiblement égale à celle qui résulterait de l'allumage des appareils avant chaque voyage (1).

Le maintien en feu des appareils de toutes les voitures

(1) Les dépenses d'allumage et de remplissage d'une voiture avant le départ du train sont les suivantes :

1° Temps nécessaire au remplissage de l'appareil et à l'allumage du foyer, évalué à 15' par voiture, au prix moyen de 0',30 l'heure	0',075
2° Matières employées pour l'allumage.	0',050
Soit, en total.	0',125

Le nombre de départs de voitures étant de deux mille cinq cent cinq par vingt-quatre heures, la dépense d'allumage sera, pour la saison du chauffage, de

$0,125 \times 2,505 \times 182 = 56,988^t,75$

L'appareil devant être allumé deux heures et demie avant le départ et l'extinction n'étant faite en moyenne qu'une heure après l'arrivée, il faut compter trois heures et demie



en service supprime simultanément les deux graves inconvénients du chauffage par l'eau chaude.

Cette méthode n'accroît donc nullement les dépenses; elle est simple et d'une efficacité certaine, et nous la supposons adoptée dans l'établissement du devis de nos dépenses de chauffage.

Résumé des expériences faites sur les appareils à circulation d'eau chaude. — Les appareils à circulation d'eau chaude dans des chaufferettes fixes, et surtout le dernier type étudié et mis en circulation régulière par la Compagnie de l'Est, étaient, comme nous l'avons déjà dit, très-appréciés du public, qui leur a donné une préférence unanime sur tous les autres systèmes. Les avantages de ces appareils, bien constatés par l'expérience, sont en effet les suivants :

1° Les pieds reposent sur une plate-forme maintenue à une température constante de 50 à 60°.

2° La tête plonge dans des couches d'air peu chauffées, dont la température moyenne dépasse de 8 à 10° seulement la température extérieure, ce qui, dans nos climats, est très-suffisant.

<i>Report.</i>	56,988 ^f ,75
de combustion par départ et par voiture, soit pour la durée du chauffage, une dépense de :	
$3,5 \times 0,800 \times 2,505 \times 182 \times 0,04 =$	51,061 ^f ,92
En allumant les appareils avant chaque départ, les dépenses annuelles s'élèvent donc à	108,050 ^f ,67
tandis que la consommation de combustible en stationnement pour maintenir les foyers constamment allumés pendant tout l'hiver entraînera une dépense de :	
$3,198,181^h \times 0,800 \times 0,04 =$	102,341 ^f ,79
Soit, en faveur de cette dernière manière de procéder, une économie de	5,708 ^f ,88



3° Le voyageur n'est pas dérangé par l'ouverture des portières que nécessite le renouvellement des chaufferettes mobiles ordinaires, avantage très-gouté des voyageurs de 1^{re} classe.

Quant aux dépenses d'installation et d'entretien des appareils, ainsi qu'aux objections de toute nature auxquelles ils peuvent donner lieu, nous les apprécierons un peu plus loin, dans le Résumé général et l'Examen critique de nos diverses expériences.



CHAPITRE IX

EXPÉRIENCES SUR LE CHAUFFAGE AVEC BOUILLOTES MOBILES A EAU CHAUDE, ET ÉTUDE DES AMÉLIORATIONS A Y APPORTER.

CHAUFFAGE DES VOITURES AVEC CHAUFFERETTES MOBILES A EAU CHAUDE.

Chaufferettes mobiles. — La Compagnie de l'Est, ainsi que les autres Compagnies françaises, emploie actuellement des chaufferettes à eau chaude pour chauffer tous les compartiments de 1^{re} classe, et ceux des voitures de 2^e et de 3^e réservés aux dames voyageant seules.

Les chaufferettes de l'Est ont une section ovale de 0^m,078 sur 0^m,200 de largeur ; leur longueur totale est de 0^m,910.

Elles sont faites en tôle étamée de 0^m,0015 d'épaisseur ; des cercles en laiton renforcent leurs extrémités. On les remplit d'eau et on les vide par une ouverture percée dans un des fonds, et que ferme un bouchon à vis garni d'une rondelle de cuir.

Le poids d'une chaufferette vide est de 7^{kg},700 environ ; sa contenance est de 10 litres.

Construites dans les ateliers de la Compagnie, les chaufferettes reviennent à 18^f la pièce.

La Compagnie de l'Ouest a adopté une chaufferette ayant



la forme d'une caisse plate, dont le dessus est légèrement bombé, tandis que la paroi inférieure et les deux fonds sont garnis de bois d'orme. La garniture inférieure a pour but de moins user les tapis dans les frottements et dans les chocs ; les garnitures des fonds permettent aux agents de prendre plus facilement les chaufferettes.

Le trou de remplissage est placé sur le dessus dans une cavité emboutie, afin que le bouchon ne fasse pas saillie.

La chaufferette de la Compagnie du Nord est semblable à celle de l'Ouest.

Les Compagnies de Lyon et d'Orléans emploient des chaufferettes de même forme que celle de l'Est, mais recouvertes de moquette.

Chaudières. — Les chaudières servant à chauffer l'eau consistent généralement en un cylindre vertical ouvert à la partie supérieure, au centre duquel se trouve un foyer complètement entouré d'eau et que surmonte une cheminée verticale.

Ainsi construites, les chaudières présentent une faible surface de chauffe, quoique volumineuses ; en raison de leur tirage direct, elles utilisent mal le combustible. La Compagnie de Lyon a installé plusieurs chaudières du système Field qui semblent bien supérieures aux précédentes comme économie de combustible et comme production d'eau chaude par heure.

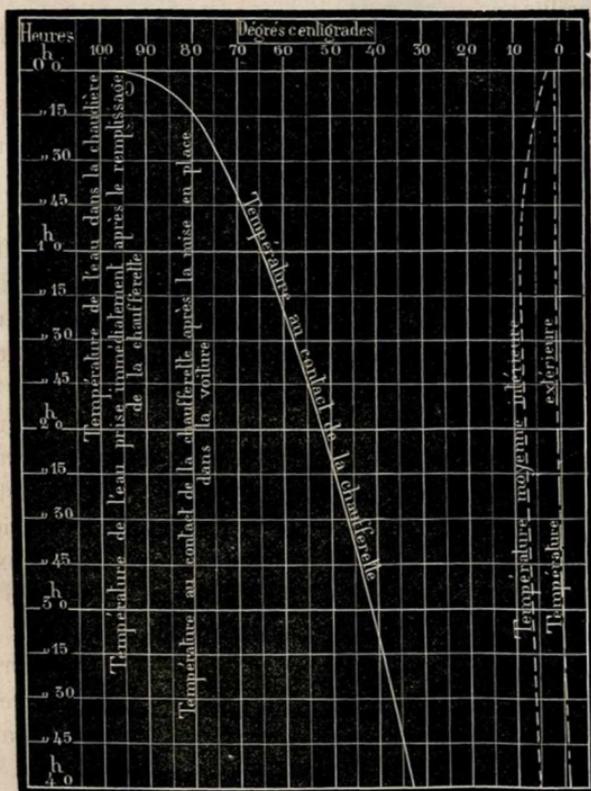
Afin de pouvoir remplir simultanément plusieurs chaufferettes, le tube de prise d'eau dans la chaudière se termine par une partie horizontale sur laquelle on a fixé un certain nombre de robinets à 0^m,300 environ les uns des autres. La planche n° 31, figures 10 et 11, représente cette disposition.

Résultats calorifiques donnés par les chaufferettes. —

Nous avons fait plusieurs expériences pour déterminer la loi de la décroissance de la température des chaufferettes et la chaleur qu'elles peuvent donner dans les voitures.

La courbe tracée sur le graphique ci-dessous exprime les conditions moyennes de température d'une chaufferette depuis le moment de son remplissage jusqu'au moment où elle est retirée de la voiture :

Graphique exprimant la décroissance de température d'une chaufferette depuis le moment de son remplissage jusqu'au moment où elle est enlevée de la voiture.
(Expérience en marche du 15 janvier 1876 dans un compartiment de 1^{re} classe garni de deux chaufferettes.)



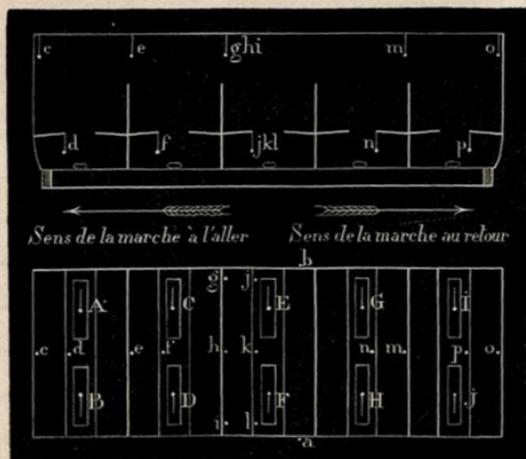
L'expérience a été faite pendant la marche d'un train

dans un compartiment de 1^{re} classe garni de deux chaufferettes. On voit que la température de l'eau s'abaisse de 100 à 95° par son seul passage à travers le tuyau et le robinet de prise.

Après le remplissage, les chaufferettes sont placées sur un chariot, puis conduites au train et mises dans les voitures; dans la pratique journalière, ces opérations durent un quart d'heure en moyenne, et pendant ce temps les chaufferettes restent exposées à l'air; de là résulte un abaissement de température tel que la chaufferette, au moment où elle est mise dans la voiture, a perdu 22°.

Nous reproduisons ci-après une expérience faite en plaçant dix chaufferettes dans une voiture de 3^e classe, pendant le trajet de Paris à Château-Thierry.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



(Voir à la page 344 le tableau des Températures.)



Pendant ces expériences, la voiture n'était occupée que par deux observateurs, et toutes les ouvertures en étaient tenues soigneusement closes.

Dépenses du chauffage avec des chaufferettes. — Dans l'état actuel, les éléments les plus importants de la dépense du chauffage avec des chaufferettes sont le combustible et la main-d'œuvre.

En raison de la production intermittente de l'eau chaude, on consomme 0^{kg},050 de houille pour chauffer un litre d'eau, et les agents spéciaux ne remplissent pas en moyenne plus de cent vingt-cinq chaufferettes pendant la durée de leur service qui est de douze heures.

En comprenant l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement, et les frais de réparation des chaudières et des chaufferettes, le chauffage des voitures de 1^{re} classe seulement revient à 80,000^f par an sur le réseau de l'Est; cette somme correspond à une dépense de 0^f,14 par chaufferette livrée aux voyageurs.

Avantages et inconvénients des chaufferettes à eau chaude. — Les chaufferettes à eau chaude présentent l'avantage de n'exiger aucune modification au matériel roulant, d'être indépendantes de ce matériel, de telle sorte que les avaries de l'appareil de chauffage n'entraînent pas l'immobilisation des voitures; enfin, tout compte fait, ce mode de chauffage est le moins coûteux.

Mais, d'autre part, on connaît la gêne que cause aux voyageurs le renouvellement des chaufferettes, surtout pendant la nuit.

Ce chauffage est peu énergique : il permet aux voyageurs de se tenir les pieds chauds pendant un certain temps si, à l'origine, les chaufferettes sont suffisamment

chaudes; mais il ne produit pas d'élévation sensible de température dans les voitures à cause des ouvertures fréquentes des portes et des fenêtres.

Si la température des chaufferettes est quelquefois trop élevée au début d'un trajet, au bout de deux heures et demie elle n'est plus suffisante, et les exigences du service ne permettent pas toujours de les changer à ce moment.

Pour améliorer ce chauffage, il faudrait que le renouvellement pût se faire sans gêner les voyageurs, que la vitesse de refroidissement fût ralentie, que les chaufferettes fussent toujours remplies d'eau à une température voisine de 100°, que l'on pût enfin se dispenser de les vider.

Les dispositions du matériel actuel ne nous semblent pas permettre de réaliser la première de ces améliorations. Certaines Compagnies allemandes avaient encastré les chaufferettes dans le plancher; mais cette disposition, reconnue encore plus gênante, a été abandonnée.

Influence des enveloppes protectrices sur la vitesse du refroidissement. — Nous avons essayé de diminuer la vitesse de refroidissement en plaçant sur une des faces et sur les deux côtés de la chaufferette des enveloppes, soit de bois, soit de liège, protégées elles-mêmes par une tôle mince étamée. Ces deux enveloppes ont produit peu d'effet; trois heures et demie après le remplissage avec de l'eau à 100°, les thermomètres placés sur les chaufferettes à enveloppes n'indiquaient que 8° de plus que ceux placés sur des chaufferettes ordinaires. Ce résultat ne motiverait évidemment pas la complication de construction à laquelle entraînent les enveloppes.

Examen des perfectionnements dont ce mode de chauffage

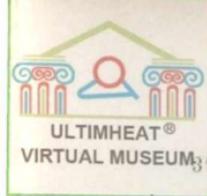


est susceptible. — Les deux dernières améliorations indiquées plus haut, — l'emploi de l'eau très-chaude et la suppression de la vidange et du remplissage, — sont réalisables, et, pour les obtenir, il suffit d'injecter de la vapeur à haute pression dans les chaufferettes. Ce procédé est déjà employé depuis longtemps, mais sur une échelle très-réduite, au chemin de fer de l'Est où, sur les petits embranchements de faible trafic, on chauffe l'eau des chaufferettes par une injection de vapeur provenant de la locomotive. Il est également, à ce qu'on nous a affirmé, employé d'une manière courante sur quelques chemins anglais comme moyen permanent de chauffage de l'eau. Il fonctionne couramment en Autriche, sur les chemins de fer de la Société I. R. P. de l'État, où, depuis cinq ans, on injecte de la vapeur à 5 atmosphères dans les chaufferettes, sans en changer l'eau.

Ce procédé a été appliqué enfin sur une assez grande échelle à la gare de Paris du chemin de fer d'Orléans, où l'on a chauffé par ce moyen, pendant le mois d'avril 1876, les chaufferettes des voitures de 1^{re} classe, ainsi que des compartiments de dames seules de 2^e et de 3^e classe.

Injection de vapeur. — Dispositions appliquées par la Compagnie d'Orléans. — A cette occasion, M. Forquenot a étudié certaines dispositions ingénieuses, au sujet desquelles il a bien voulu nous fournir une note que nous nous empressons de reproduire :

« Le but à atteindre était de supprimer l'opération très-longue du vidage et du remplissage des chaufferettes, et de la remplacer par un procédé assez rapide pour permettre l'emploi de ces chaufferettes au chauffage des voitures de toutes classes.



« Ce procédé consiste à réchauffer, au moyen de jets
« de vapeur, l'eau refroidie d'un certain nombre de chauf-
« ferettes à la fois, sans remplacer cette eau.

« La vapeur employée au réchauffage, produite au
« moyen de chaudières tubulaires à haute pression, est in-
« trodite dans les chaufferettes au moyen des appareils
« figurés dans les trois dessins ci-joints.

« Un chariot tricycle (planche n° 31, figures 5 à 7) est
« disposé pour recevoir, dans des cases de dimensions ap-
« propriées, un certain nombre de chaufferettes (vingt dans
« le modèle actuellement employé). Le casier, supporté
« par deux tourillons, pivote de manière que les chauf-
« ferettes qui y sont placées puissent prendre à volonté
« la position horizontale pour le chargement et le déchar-
« gement, ou la position verticale pour l'opération du
« réchauffage. On le fixe dans ces deux positions au moyen
« de crochets.

« Lorsque les chaufferettes froides retirées des voitures
« sont chargées dans le casier, on le redresse et on amène
« le chariot dans le local des chaudières, on débouche
« les chaufferettes et l'on pousse le chariot sous le bâti
« (planche n° 31, fig. 4 à 3), dans une position déterminée
« par un guide fixé sur le plancher et que les galets sont
« forcés de suivre. Ce bâti supporte un système de tuyaux
« communiquant avec la chaudière, en nombre égal à celui
« des cases du chariot, et disposés de manière à corres-
« pondre aux goulots des chaufferettes. Ils sont munis de
« robinets qu'on ouvre à volonté selon le nombre de chauf-
« ferettes placées dans le casier, et sont guidés par une
« plaque trouée qui les empêche de dévier.

« Au moyen d'un levier à main, on abaisse ces tuyaux
« pour les faire pénétrer dans les orifices; le tuyau de
« prise de vapeur qui les met en communication avec la



« chaudière est, à cet effet, muni d'un plongeur avec boîte
 « à étoupes. On ouvre le robinet d'introduction de vapeur
 « placé sur ce tuyau et, lorsque l'eau est échauffée à la
 « température convenable, on referme le robinet, on relève
 « les tubes, on sort le chariot de dessous le bâti et on
 « remet les bouchons des chaufferettes.

« Par leur juxtaposition dans le casier, elles se con-
 « servent longtemps chaudes, ce qui permet de les prépa-
 « rer à l'avance et ajoute une facilité au service.

« Le bouchon des chaufferettes (planche n° 31, fig. 8 et 9)
 « a une fermeture à baïonnette qui se manœuvre au moyen
 « d'une clef pénétrant dans le trou carré de la partie supé-
 « rieure. Ce système de fermeture est plus rapide que
 « celui des bouchons à vis (1). »

La Compagnie d'Orléans se propose de généraliser ce système en l'adaptant au chauffage de toutes ses voitures.

Calcul du nombre de calories nécessaires pour réchauffer une chaufferette de 0° à 90° par injection de vapeur. —

Il est fort intéressant de se rendre compte de la quantité de vapeur nécessaire dans ce système pour porter de 0 à 90° la température d'une chaufferette.

Nous supposons que cet appareil renferme 10^{kg} d'eau à 90° et pèse lui-même 8^{kg}.

Le cas le plus favorable serait celui où l'eau provenant de la condensation de la vapeur resterait contenue dans la chaufferette. Celle-ci renfermerait donc, à 90°, $10 \times 90 = 900$ calories, qui seraient fournies par la condensation de $\frac{900}{650} = 1^{\text{kg}},384$ de vapeur à la pression de 3^{kg},5.

(1) Les appareils ci-dessus décrits sont brevetés.



Si nous tenons compte de la chaleur absorbée pour le réchauffage de l'enveloppe, il faudra ajouter au nombre précédent $\frac{8 \times 0.114 \times 90}{560} = 0^{\text{kg}},446$ de vapeur.

La dépense totale serait donc de $1^{\text{kg}},530$.

Pour obtenir les résultats précédents, il serait nécessaire de faire écouler de la chaufferette, avant l'injection, $1^{\text{kg}},384$ d'eau froide qui sera ultérieurement remplacée par l'eau de condensation, ce qui est impossible en pratique.

En réalité, on perdra à chaque opération la quantité d'eau chaude provenant de la condensation de la vapeur, et alors la dépense sur laquelle il faut compter sera pour l'échauffement à 90° des 10^{kg} d'eau primitive à 0° ,

900 calories ou $\frac{900}{560} = 1^{\text{kg}},610$ de vapeur, et, pour l'échauffement de l'enveloppe, $0^{\text{kg}},446$, soit un total de $1^{\text{kg}},756$ de vapeur.

Ce calcul ne tient pas compte des pertes de vapeur par fuites, condensation dans les tuyaux, ni des pertes de chaleur des chaufferettes par rayonnement et contact de l'air, et nous ne pensons pas nous écarter beaucoup des faits pratiques en avançant que la dépense de vapeur sera en moyenne de 2 litres par chaufferette.

Inconvénients du bouchage et du débouchage, du métal blanc et du ressort formant le joint. — Dans le procédé que nous venons de décrire, les chaufferettes doivent être *ouvertes*, puis *fermées lors de chaque injection*; pour accélérer cette opération, la Compagnie d'Orléans a adopté un bouchon à emmanchement à baïonnette ingénieux et dont la manœuvre se fait en une fraction de tour au lieu



d'en exiger plusieurs comme les bouchons à vis ordinaires.

Malgré ce perfectionnement, la manœuvre prend encore un temps assez long, et il y aurait intérêt à la supprimer complètement pour des installations d'une certaine importance.

En outre, les bouchons, manœuvrés à des intervalles de temps très-rapprochés, seront exposés à des détériorations rapides, car, pour former le joint, on a remplacé par une rondelle en métal blanc le cuir que la vapeur rend cassant. Par suite de sa malléabilité, qui l'a fait d'ailleurs choisir, il est à craindre que ce métal ne se macule très-prompement et que des corps étrangers ne s'incrustent à sa surface.

Le clapet en métal blanc est d'ailleurs appliqué sur son siège par un petit ressort à boudin, fortement bandé, afin de suppléer à l'insuffisance du filetage et de s'opposer au dévissage. Ce ressort, fréquemment et brusquement comprimé, souvent mouillé, sera fort exposé soit à perdre sa bande, soit à être brisé, et, dans l'un ou l'autre cas, la fermeture n'étant plus étanche, l'eau de la chaufferette s'écoulera dans le compartiment.

Enfin, ce procédé exige des chariots spéciaux, destinés à assurer l'exactitude des positions relatives des chaufferettes qui doivent être injectées simultanément. Ces chariots, munis d'un mouvement de bascule pour passer de la position horizontale, convenable pour les manœuvres des chaufferettes sur les quais, à la position verticale indispensable pour l'injection, sont lourds et coûteux; enfin, comme ils ne peuvent guère contenir plus de vingt chaufferettes, leur nombre sera considérable.

Nous avons cherché un mode de réchauffage exempt des inconvénients que nous venons de signaler.

APPAREIL A NORIA

POUR RÉCHAUFFAGE RAPIDE DES BOUILLOTTES PAR SIMPLE IMMERSION,
SANS BOUCHAGE NI DÉBOUCHAGE.

Ce procédé consiste à remplacer l'injection de vapeur par l'immersion pure et simple des chaufferettes dans un bain d'eau chaude. Ces deux modes d'opérer ont la même efficacité et demandent sensiblement le même temps; nous avons, en effet, reconnu expérimentalement qu'une chaufferette métallique ordinaire remplie d'eau à 0° et bien bouchée, puis plongée dans un bassin contenant de l'eau maintenue à une température voisine de 100°, acquérait à l'intérieur, dans un espace de cinq minutes, la température uniforme de 90° (1).

Une fois le principe de l'immersion reconnu, il s'agissait d'établir un appareil permettant de plonger simultanément, sans les boucher ni les déboucher, un nombre de chaufferettes proportionné à la fréquence des trains à desservir.

L'appareil que nous avons imaginé et exécuté consiste dans une sorte de noria composée de deux chaînes sans fin, dont les maillons successifs peuvent recevoir chacun une chaufferette et qui plongent dans un puits rempli d'eau chaude.

(1) D'une manière plus générale, le temps t , nécessaire pour élever de la température θ_0 à la température θ une bouillotte plongée dans un bain-marie dont la température est T , est exprimé par la formule suivante :

$$t = 250 \log. \frac{T - \theta_0}{T - \theta}$$

Voir aux Pièces annexes la démonstration de cette formule et les expériences qui la justifient.

Un tambour, animé d'un mouvement continu suffisamment lent, amène successivement les maillons à la hauteur convenable, d'un côté pour le chargement de la bouillotte froide, de l'autre pour l'enlèvement de la bouillotte réchauffée.

Des courbes directrices font pivoter les maillons de manière que les manœuvres d'introduction et de sortie de chaque chaufferette s'opèrent en quelque sorte automatiquement. A sa sortie, la chaufferette passe entre deux brosses croisées qui épongent l'eau, en faible quantité d'ailleurs, attachée à sa surface.

L'eau du puits est maintenue à une température voisine de 100° par la condensation d'un jet de vapeur provenant d'une chaudière spéciale, système qui nous paraît le mieux procurer la réserve de calorique que les besoins intermittents du service rendent nécessaire.

Le trop plein résultant de la condensation de la vapeur se rend dans une bache où l'eau est reprise pour l'alimentation du générateur, disposition qui réduit au minimum la perte de calorique.

Une petite locomobile à pompe de deux chevaux sert à cette alimentation et donne en même temps aux tambours de la noria le mouvement nécessaire. La force absorbée par la rotation de l'appareil est d'ailleurs insignifiante, et un homme pourrait parfaitement le faire mouvoir à la main.

Application à la gare de Paris du chauffage par immersion.

— Le transport des chaufferettes des trains à la chaufferie et réciproquement se fait au moyen des tricycles et brouettes usités aujourd'hui, sans qu'il soit besoin de modifier en rien le matériel existant.

Comme exemple de la détermination de puissance des appareils nécessaires pour un réseau de chemins de fer,

nous donnerons le dessin de l'installation de la gare de Paris (Est).

Calcul du nombre maximum des chaufferettes à fournir en une heure.— L'étude du service de l'hiver 1875-76 montre qu'il faut fournir par vingt-quatre heures 2,600 chaufferettes pour le service des compartiments de toutes classes dans tous les trains dont la durée de trajet dépasse deux heures. Ce nombre de 2,600 ne se répartit pas également pendant la journée, et c'est entre cinq et six heures du soir que la puissance de production devra être maxima, le nombre des chaufferettes nécessaires étant, pendant ce temps, de 370 environ.

Les appareils adoptés devront suffire au moins à cette production ; mais il y a lieu de les établir dans de plus grandes proportions pour les considérations suivantes :

1° Employer un personnel très-restreint pour placer et enlever les chaufferettes alternativement dans les voitures, puis dans les norias ;

2° Prévoir les modifications possibles du nombre, de la composition et des heures de départ des trains ;

3° Réchauffer les chaufferettes peu de temps avant leur emploi pour éviter leur refroidissement ;

4° Pouvoir diviser l'appareil en deux parties, dont l'une pourrait, en cas d'avarie de l'autre, assurer seule le service.

En conséquence, nous avons installé à la gare de Paris deux norias de même puissance, contenant chacune 24 chaufferettes immergées en même temps.

La durée de l'immersion de chaque bouillotte devant être de cinq minutes, chaque appareil fonctionnant d'une manière continue pourra donner 24 chaufferettes par cinq

minutes, ou $24 \times 12 = 288$ à l'heure, soit pour les deux appareils 576 chaufferettes.

Le nombre de chaufferettes fournies *en 10 minutes* par cette installation est donc de 96 et correspond à la composition de 12 voitures, qui est celle de nos trains omnibus de grande ligne.

Le temps qui séparera l'immersion de deux bouillottes consécutives sera de

$$\frac{5}{24} \text{ minutes} = 12''5,$$

ce qui suffit largement à l'enlèvement ou à la pose des chaufferettes dans les anneaux de la noria, comme l'expérience l'a démontré.

Calcul de la force de production du générateur à vapeur destiné au chauffage des cuves. — Comme il faut dépenser 982 calories pour porter de 0° à 90° une chaufferette remplie d'eau, le réchauffage de 576 bouillottes exigera $982 \times 576 = 565,632$ calories,

Soit une consommation de :

$$\frac{565632}{560} = 1010^{\text{kg}} \text{ de vapeur.}$$

La production des générateurs fixes variant entre 12 et 20^{kg} de vapeur par mètre carré et par heure, la surface de chauffe devrait donc être comprise entre 84 et 50 mètres carrés, s'il s'agissait d'assurer ce travail maximum sans interruption; mais, en fait, il suffira d'une chaudière beaucoup plus faible, pourvu que celle qu'on adoptera permette d'emmagasiner, pendant les arrêts, la quantité de vapeur nécessaire au réchauffage du bain pendant le mouvement de la noria. Dans ces conditions, une chaudière de 40 mètres carrés de surface de chauffe suffit parfaitement.

Cet appareil nous paraît appelé à rendre d'importants services dans toutes les gares de grandes villes, où la surface disponible est toujours restreinte et coûteuse; il présente, en effet, l'avantage de prendre peu de place en plan et de se développer surtout dans le sens de la hauteur.

Essayé sur le réseau de l'Est, il a donné de bons résultats et sera appliqué, dès l'hiver 1876, sur une plus grande échelle, pour les chaufferies des grandes gares.

La planche n° 32 donne tous les dessins d'ensemble et de détail de cet appareil.

CHAPITRE X

**EXAMEN DES PROPOSITIONS DIVERSES, DES IDÉES ORIGINALES
ÉMISES PAR UN GRAND NOMBRE D'INVENTEURS, DONT LES
PROJETS N'ONT POINT REÇU D'APPLICATION.**

Réflexions générales. — L'étude que nous venons de faire serait incomplète si nous ne disions quelques mots des communications nombreuses que nous avons reçues, de divers côtés, au sujet de systèmes nouveaux appuyés sur des idées originales, souvent ingénieuses, mais d'une réalisation impossible ou excessivement coûteuse. Ces communications, émanant non-seulement d'ingénieurs, mais encore de personnes de toutes professions et conditions, indiquent d'ailleurs combien la solution du problème est poursuivie dans toutes les classes de la société, et combien d'esprits s'en préoccupent.

En général, tous les systèmes nouveaux qu'on nous a proposés reposent sur une préoccupation unique : utiliser avant tout, au profit du chauffage, la chaleur perdue. Tantôt la chaleur est demandée au mouvement de rotation des roues, tantôt à la vapeur d'échappement, tantôt aux gaz chauds qui circulent dans la boîte à fumée, tantôt à la fumée elle-même.

Un savant éminent nous a proposé un système consistant à supprimer l'échappement de la machine-locomotive



et à obtenir le tirage par un ventilateur spécial; ce ventilateur refoulerait la fumée provenant de la combustion dans une canalisation de grand diamètre qui traverserait toutes les voitures et chaufferait le train. L'idée est certainement des plus ingénieuses; mais si on se rend compte de la quantité de vapeur nécessaire pour faire marcher le ventilateur et chasser au dehors, avec une vitesse suffisante, la fumée et les gaz à travers une canalisation dont la longueur pourra dépasser 150^m, on trouve qu'il faut dépenser autant et plus de vapeur que n'en consomme l'échappement, indépendamment des difficultés et des dépenses qu'entraîneraient la jonction et le ramonage de ces tuyaux, ainsi que des chances d'asphyxie qui résulteraient pour les voyageurs d'une fissure dans la canalisation.

Il serait certainement très-désirable d'utiliser partout la chaleur perdue, mais encore est-il indispensable que les moyens à mettre en œuvre pour cette utilisation ne coûtent pas plus que la production directe de la chaleur qu'on veut économiser.

Qu'on nous permette deux comparaisons pour mieux faire saisir notre pensée :

Les cours d'eau, qui coulent à la surface du globe, entraînent avec eux une prodigieuse quantité de force motrice, et on a calculé le nombre de milliards de chevaux-vapeur qui sont jetés chaque jour à la mer sans profit pour personne. Il est tout simple, chaque fois qu'on a besoin de force motrice, qu'on cherche à utiliser les forces naturelles pour économiser le charbon. Cependant il arrive souvent qu'on doit renoncer à cette combinaison : même avec des conditions favorables, même à côté d'un cours d'eau, on est fréquemment conduit à abandonner la force motrice naturelle et à se servir d'une machine à vapeur,



parce qu'on s'aperçoit, après un examen approfondi, que les dépenses à faire pour économiser le charbon sont beaucoup plus élevées que la valeur du charbon lui-même.

Depuis les progrès récents de la thermo-dynamique, on est arrivé à considérer le mouvement et la chaleur comme deux manifestations d'une même cause. Pouillet a calculé que la chaleur envoyée par le soleil à la surface de la terre pourrait fondre une calotte de glace enveloppant complètement le globe et ayant une épaisseur de 30^m. Cette quantité de chaleur, transformée en travail, représente un nombre formidable de chevaux-vapeur. Le célèbre ingénieur Ericson, reprenant les résultats de Pouillet, a calculé toutes ces forces perdues et a exprimé l'idée que, dans un temps plus ou moins éloigné, c'est au soleil lui-même qu'on demanderait directement la production de la chaleur et de la force. Cette idée a fait son chemin. On a construit des chaudières enveloppées de miroirs qui, sous la seule influence de la radiation solaire, ont vaporisé 20 litres d'eau à 5 atmosphères, et, à l'aide de cette vapeur, on a fait fonctionner une petite machine qui démontrait, d'une manière satisfaisante, la transformation thermo-dynamique. Dans un ordre de faits plus modestes, et en attendant des applications plus élevées, un ingénieur français, M. Mouchot, a construit une *marmite solaire*, sorte de bocal en verre enveloppé de miroirs, dans lequel on peut à la rigueur faire cuire le pot-au-feu lorsque des nuages intempestifs ne viennent pas se mettre à la traverse. Toutes ces recherches sont pleines d'intérêt, nous sommes de ceux qui les croient pleines d'avenir; mais il est probable, cependant, que la vieille marmite de nos pères fonctionnera longtemps encore.

Pour en revenir au chauffage des trains, nous ferons observer que la dépense de combustible n'est point l'élé-

ment unique dont on doit tenir compte. Il faut très-peu de combustible pour chauffer une voiture, et si on veut bien jeter les yeux sur le tableau que nous donnons à la page 399, dans lequel nous avons fait ressortir tous les éléments qui influent sur la dépense totale des divers modes de chauffage essayés jusqu'à ce jour, on se convaincra que la dépense de combustible proprement dite est de beaucoup dépassée par l'ensemble de toutes les autres, telles que frais d'installation, d'entretien, de conduite, etc. En conséquence, tout appareil qui ne rachètera l'économie de combustible que par des dispositions compliquées et coûteuses ne pourra entrer dans la pratique journalière des chemins de fer. Nous donnons ci-après un résumé rapide des solutions qui nous ont été proposées et qui nous paraissent rentrer dans cette catégorie.

Systèmes Beaumont, Madaule, Macé, Boccard, Azéma et Mougey. — M. Beaumont produit de la chaleur par le frottement d'un cône en bois garni de chanvre, que le mouvement du train fait tourner dans une cavité de même forme ménagée, soit dans une chaudière, soit dans un calorifère à air chaud monté sur chaque voiture.

M. Madaule veut utiliser la chaleur que perdent, d'après lui, les calorifères des gares; il chaufferait dans ces appareils des briques en terre qu'il substituerait à l'eau chaude dans les chaufferettes actuelles.

M. Macé a voulu éviter les raccordements des conduites d'air chaud; il se sert des tiges de tampon qu'il perce et relie par des tubes en caoutchouc aux tuyaux établis sous chaque véhicule.

M. Boccard place un calorifère dans un fourgon et, au moyen d'un ventilateur, envoie l'air chaud dans une canalisation placée sous les voitures.



M. Azéma propose un procédé analogue, mais il échauffe l'air en le faisant passer dans des tubes qui constituent la grille de la locomotive.

Le système de M. Mougey consiste à chauffer, par la vapeur d'échappement de la machine, une partie de l'eau du tender contenue dans un réservoir assez élevé, et à utiliser l'action de la pesanteur pour faire circuler l'eau chaude dans toute la longueur du train.

Quelques systèmes, moins théoriques que les précédents, ont donné lieu de notre part à des essais qui permettent de les juger définitivement.

Chauffage au moyen de la chaux vive éteinte. — M. Grange proposait d'employer, dans les chaufferettes ordinaires, de la chaux vive, éteinte au moment de placer les appareils dans les voitures : il disait que les Compagnies revendraient la chaux éteinte au même prix qu'elles auraient acheté la chaux vive.

Il est inutile d'insister sur cette combinaison économique, évidemment impraticable; d'ailleurs, nous avons constaté qu'une chaufferette remplie de chaux en pâte (3^{kg} de chaux vive et 0^{kg},760 d'eau) et une chaufferette de même dimension remplie d'eau chaude ne se refroidissaient pas de la même manière. Le refroidissement allait plus vite pour la chaufferette à chaux que pour celle à eau, ce qui n'a rien de surprenant si l'on compare les capacités calorifiques respectives de la pâte de chaux et de l'eau proprement dite. Le système serait donc beaucoup plus coûteux que celui de l'eau chaude, et il serait également à rejeter en raison des difficultés et même des dangers que présente la manipulation de la chaux.

Le chauffage avec des lampes a été proposé par plusieurs inventeurs.

Système Lemeunier. — M. Lemeunier, dont l'appareil est en réalité un thermo-siphon de dimensions réduites, place sur le plancher une chaufferette métallique de 0^m,02 de hauteur qui communique avec une petite chaudière chauffée par une lampe solaire; tandis que MM. Faure et C^{ie} reproduisent l'appareil de M. Chaumont (décrit page 144), en substituant deux lampes à huile aux becs de gaz.

Dans ces appareils, la consommation d'huile par compartiment et par heure serait de 0^{kg},270 pour obtenir une température moyenne de 69° sur la chaufferette, soit une dépense de 0^f,225 pour chauffer une voiture de 3^e classe pendant une heure.

Système Belleruche. — M. Belleruche, ingénieur au chemin de fer du Grand-Central Belge, chauffe de l'eau dans un réservoir et dans des tubes disposés dans la boîte à fumée et autour de la cheminée de la machine, puis, au moyen d'une pompe, il fait circuler cette eau dans des chaufferettes placées à demeure sur les voitures.

Quoique nous ne connaissions pas les résultats des essais entrepris par le Grand-Central Belge et promptement abandonnés du reste par cette Compagnie, ce système nous semble inadmissible en raison de sa complication.

Nous terminerons cet examen par le tableau suivant, dans lequel nous avons reproduit les divers modes proposés par ordre de dates et par groupe de systèmes, et nous accompagnerons cette énumération de quelques observations sommaires sur les impossibilités ou les difficultés d'application de chacun d'eux.

SYSTÈMES DIVERS.



RÉSUMÉ DES DIVERS SYSTÈMES PROPOSÉS, AVEC L'EXAMEN CRITIQUE
SOMMAIRE DE CHACUN D'EUX.

NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage à air chaud.			
JAUREGUI- BER	26 déc. 1873	Emploi des gaz chauds pris dans le foyer ou la boîte à fumée et refoulés dans toute la longueur du train par un tuyau en communication avec des chaufferettes placées dans chaque compartiment.	Ces dispositions, qui ne permettent pas de chauffer les voitures en stationnement, exigent un accouplement spécial entre les voitures, ce qui empêche l'introduction des véhicules étrangers dans les trains. En outre, la complication du système le rend extrêmement coûteux et impraticable.
BOCCARD	20 janv. 1875	Application d'un calorifère avec ventilateur sur le véhicule de tête du train et distribution de l'air chaud par une canalisation placée sous les voitures.	
RICHARD	26 juill. 1875	Système de chauffage consistant à placer, dans le plancher de chaque compartiment, deux petits fourneaux recouverts d'un simple tampon en fonte.	L'introduction des fourneaux allumés dans l'intérieur des voitures présente des dangers d'incendie et ne permet pas le renouvellement du combustible en cours de route. Aucune disposition ne s'oppose du reste à l'entrée des gaz de la combustion dans les compartiments.
OBLIN	24 août 1875	Système consistant à chauffer les voitures par de l'air chaud, dont la température est élevée dans des calorifères à vapeur placés sous les véhicules et alimentés par la machine au moyen d'une conduite courant le long du train.	L'emploi de calorifères à vapeur pour chauffer l'air est une combinaison inadmissible. Cet appareil présenterait du reste les inconvénients des précédents : obligation de mettre le train en marche pour assurer le chauffage et nécessité d'établir entre les voitures une communication spéciale.
MOULY	2 nov. 1875	Appareil basé sur les mêmes principes que l'appareil Mousseron.	Ce système présente tous les inconvénients des appareils

NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage à air chaud. (Suite.)			
		Un tube rempli d'eau, dont la vapeur se répand dans les conduites de chauffage, est placé à l'intérieur du foyer pour restituer à l'air chaud ses qualités hygrométriques.	Mousseron avec des dispositions très-défectueuses.
GOUDARD	24 janv. 1876	Utilisation des gaz de la combustion pris dans la cheminée de la machine, et conduits le long du train par une conduite placée à l'intérieur de la voiture.	L'inventeur ne dit pas comment il conduit les gaz qu'il veut utiliser.
MAITRÉHUT	26 janv. 1876	Calorifère à air chaud placé dans un compartiment spécial au milieu du train, et en communication avec deux conduites de distribution qui parcourent toute la longueur du train.	Ce système exige l'introduction de véhicules spéciaux dans la composition des trains, et l'établissement d'un double système de raccords mobiles entre les véhicules. Il présente, avec de grandes complications, tous les inconvénients de l'air chaud.
PAPIN	27 janv. 1876	Emploi de la chaleur de la locomotive aspirée par une pompe placée dans le véhicule de queue, au moyen d'une conduite régnant dans toute la longueur du train.	La source de chaleur, ainsi que les moyens employés pour faire fonctionner la pompe, ne sont pas suffisamment déterminés par cet inventeur. Cet appareil ne chaufferait pas les voitures en stationnement et demanderait l'établissement de conduites mobiles entre les véhicules.
AZÉMA	28 janv. 1876	La grille de la locomotive est formée de tubes dans lesquels l'air doit s'échauffer; ces tubes sont en communication avec une pompe qui refoule l'air échauffé dans une conduite centrale qui parcourt toutes les voitures.	Les tubes formant la grille de la locomotive ne fourniraient qu'un mauvais tirage et seraient promptement hors de service. De plus, la marche du train est nécessaire pour le chauffage, et les voitures doivent être reliées entre elles par un accouplement spécial.

SYSTÈMES DIVERS.



NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage à air chaud. (Suite.)			
MACÉ	19 fév. 1876	Système de chauffage consistant en un serpentín dans lequel l'air extérieur trouve accès. Ce serpentín, placé dans la chaudière de la machine, aboutit à une double canalisation qui parcourt toute la longueur du train, en se contournant transversalement dans chaque compartiment, et revient directement jusqu'à la machine, où elle se termine par une pompe aspirante à portée du mécanicien. — La communication entre les voitures se fait par les tiges de tampon qui sont percées et reliées à la conduite établie sur chaque véhicule.	Cette disposition, d'une extrême complication, est inadmissible. La proposition de relier les conduites par les tiges de tampons ne supporte pas l'examen et est impraticable, vu la longueur variable des attelages pendant la marche.
Appareils de chauffage avec combustibles agglomérés.			
D'HALLU	Fév. 1874	Chaufferette à agglomérés avec disposition spéciale pour assurer la sortie des gaz à l'extérieur.	Chaufferette se chargeant de l'intérieur du compartiment et présentant, par suite, la possibilité d'émanations nuisibles pour les voyageurs, ainsi que de nombreux risques d'incendie lors du chargement du combustible.
FOURNIER & THOUZET	12 juill. 1875	Chaufferette à agglomérés à chargement extérieur, alimentée au moyen de tablettes de charbon de petites dimensions placées dans six foyers répartis sur la surface de l'appareil.	Appareil d'une construction très-délicate, qui donnerait lieu à des dépenses d'entretien très-élevées, et dont l'application exigerait un personnel nombreux, en raison de la multiplicité des foyers.

SYSTÈMES DIVERS.

NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage avec combustibles agglomérés. (Suite.)			
FUCHEZ	8 sept. 1875	Chaufferettes à agglomérés dont le chargement se fait de l'intérieur des compartiments.	Disposition pouvant présenter des dangers d'incendie lors de la mise en place du combustible allumé. De plus, les produits de la combustion trouveront accès dans les compartiments, dès que les portes de fermeture des foyers seront gondolées par l'usage.
Appareils de chauffage avec la vapeur.			
D'HALLU	Janv. 1874	Emploi <i>d'une partie</i> de la vapeur de l'échappement de la locomotive, qui est distribuée dans toute la longueur du train par un tuyau de petit diamètre. Aucune disposition spéciale n'est indiquée.	L'emploi <i>d'une partie</i> de la vapeur d'échappement nuirait au tirage de la locomotive et créerait dans les cylindres une contre-pression qui affaiblirait la puissance du moteur. Cette disposition n'assurerait du reste le chauffage que dans les voitures placées près de la machine et ne permettrait pas de faire entrer dans la composition des trains les véhicules des Compagnies étrangères non munis de conduites et de raccords mobiles.
OBLIN	22 juill. 1874	Proposition d'un système de chauffage avec la vapeur tirée de la locomotive. La vapeur circule dans des bouillottes en tôle où elle se condense. L'eau est expulsée au moyen d'appareils à flotteurs.	Ce système, qui ne présente aucune idée nouvelle, nécessite, comme le précédent, l'emploi de raccords mobiles entre les véhicules.
AUDENIER	6 juill. 1875	Emploi de la vapeur ou de la chaleur perdue par la locomotive pour chauffer de l'air qui passerait dans les voitures par deux canalisations. Le refoulement de	Cet appareil ne chaufferait pas les voitures au repos et exigerait la réunion des véhicules par des raccords mobiles.

SYSTÈMES DIVERS.



NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage avec la vapeur. (Suite.)			
FRAICHET	31 août 1875	<p>l'air serait assuré par des hélices mises en mouvement par la marche du train.</p> <p>Appareil à vapeur établi sur les mêmes principes que les appareils allemands du même genre.</p>	Cet inventeur n'a soumis aucune proposition qui permette d'apprécier son système.
MOUGEY	19 oct. 1875	<p>Emploi d'une partie de la vapeur d'échappement, détournée avant son passage dans la tuyère et dirigée le long du train par une conduite avec raccords placés sous les véhicules.</p> <p>Chaque voiture est munie d'un appareil spécial dont la disposition n'est pas indiquée. Pour remplacer l'effet de la vapeur d'échappement sur le tirage, l'inventeur établit une manche à vent en communication avec le foyer et dans laquelle l'air est refoulé pendant la marche.</p>	<p>Les observations que nous avons faites ci-contre sur l'emploi de la vapeur de l'échappement s'appliquent également à ce système.</p> <p>L'établissement d'une manche à vent, destinée à activer la combustion, doit être rejeté en raison du travail supplémentaire du motuer résultant de la résistance de l'air à la marche du train.</p>
GUITARD	7 déc. 1875	Appareil à circulation de vapeur, identique au système employé par la Compagnie des Charentes.	Déjà apprécié, page 133.
BILLARDEL	22 janv. 1876	Propose l'idée de chauffer les voitures avec la vapeur prise à la machine.	Aucune disposition particulière n'a été indiquée par cet inventeur.
BESSON	26 janv. 1876	« Utilisation de la chaleur perdue par la locomotive. »	D ^o

NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage avec la vapeur. (Suite.)			
CAILLAT	5 fév. 1876	Chauffage par la vapeur de l'échappement.	Ces dispositions, qui consistent à employer la <i>totalité</i> de la vapeur de l'échappement, sont inadmissibles pour les raisons que nous avons déjà données : « Augmentation du travail du moteur, obligation de réunir entre eux tous les véhicules, et chauffage limité aux premières voitures du train. »
BROWN	6 mars 1876	D ^o	
Appareils de chauffage à eau.			
FARNAC	16 juill. 1872	Des chaufferettes sont mises en communication avec les boîtes des essieux dans lesquelles la graisse est remplacée par l'eau. — L'inventeur se propose « d'utiliser la chaleur produite par le frottement des essieux dans leurs boîtes. »	Disposition inadmissible, puisqu'elle suppose le chauffage permanent des fusées dans leurs boîtes.
THÉZARD	27 déc. 1873	Bouillottes fixes reliées entre elles dans chaque véhicule, et dont l'eau serait renouvelée au passage des trains dans les gares.	Ce système nécessiterait des arrêts de longue durée dans les gares, pour le renouvellement de l'eau des chaufferettes, et, en cas de détresse d'un train par un temps froid, les appareils seraient avariés par la gelée.
LEMEUNIER	16 nov. 1874	Appareil à circulation continue, « avec courant d'air et d'eau combinés, » et foyer extérieur à l'extrémité de la voiture.	Les documents fournis par l'inventeur ne permettent pas d'apprécier cet appareil.
GRY	28 déc. 1874	Bouillottes mobiles à enveloppe protectrice.	Disposition déjà étudiée et adoptée depuis longtemps, et qui présente d'ailleurs peu d'avantages contre le refroidisse-

SYSTÈMES DIVERS.



NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage à eau. (Suite.)			
MOUGEY	12 déc. 1875	Système consistant à chauffer, par la condensation d'une certaine quantité de vapeur prise à la machine, une partie de l'eau contenue au niveau supérieur du tender, et à utiliser l'action de la pesanteur pour faire circuler cette eau chaude dans toute la longueur du train.	ment, d'après les expériences faites par la Compagnie de l'Est (Voir page 346). Les voitures placées en tête du train seraient seules convenablement chauffées, indépendamment des inconvénients résultant de la jonction des véhicules.
OGÉ	5 mars 1876	Chaque compartiment reçoit, sous l'un de ses sièges, une caisse métallique en communication par une conduite principale et des raccords mobiles avec tous les autres appareils d'un train. Ces caisses sont remplies d'eau chaude au départ, et l'eau est renouvelée aux intervalles convenables.	Cet appareil présente les mêmes inconvénients que le précédent et demandera de plus, dans les gares, pour le renouvellement de l'eau des bouillottes, des arrêts dont la durée est inadmissible.
Appareils de chauffage divers.			
GRANGE	Nov. 1873	Emploi de la chaux vive que l'on éteint dans des bouillottes ordinaires au moment de garnir les voitures.	Système coûteux et inadmissible en raison des difficultés que l'on éprouve pour enlever la chaux de l'intérieur des chaufferettes, et des dangers que présente la manipulation de cette substance.
LEMEUNIER	17 déc. 1873	Chaufferette placée à demeure sur le plancher et en communication, à une de ses extrémités, avec	Appareil coûteux et demandant un très-nombreux personnel pour l'allumage et l'entretien

SYSTÈMES DIVERS.

NOM de L'INVENTEUR	DATE de la PROPOSITION	OBJET	OBSERVATIONS auxquelles DONNERAIT LIEU L'APPLICATION de l'appareil
Appareils de chauffage divers. (Suite.)			
		une petite chaudière chauffée par une lampe solaire.	des lampes. Pour obtenir une température suffisante, il faudrait employer des huiles ou essences minérales qui sont absolument à rejeter, vu les risques d'incendie.
BEAUMONT	24 juill. 1875	Utilisation de la chaleur produite par le frottement d'un cône en bois garni de chanvre, que le mouvement du train fait tourner dans une cavité de forme correspondante ménagée dans une chaudière, ou dans un calorifère à air chaud appliqué à chaque véhicule.	Le travail supplémentaire à développer par le moteur serait considérable et ne saurait être fourni par nos machines actuelles; de plus, les voitures ne seraient pas chauffées en stationnement.
SEQUARD & DOUTRE- LEAU	31 juill. 1875	Ces inventeurs ont fait breveter l'idée de chauffer les voitures au moyen des lampes d'éclairage.	Les détails donnés par ces inventeurs ne permettent pas d'apprécier les dispositions de leur appareil.
MADAULE	21 janv. 1876	Substitution de briques en terre réfractaire à l'eau employée actuellement dans les bouillottes.	La haute température à laquelle devraient être portées les briques réfractaires pour fournir un chauffage de quelque durée, présenterait de graves dangers pour les voyageurs.
FAURE	26 janv. 1876	Chaufferette en saillie sur le plancher de chaque compartiment et chauffée par les produits de la combustion de deux lampes placées à l'extérieur et à chacune des extrémités.	Cet appareil, qui paraît une reproduction de l'appareil Beaumont, déjà décrit page 144, demanderait un personnel très-nombreux pour l'allumage et l'entretien des lampes. La dépense d'huile serait considérable.

TROISIÈME PARTIE

RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS

Cette partie se divise en deux chapitres :

CHAPITRE XI. — *Indication des dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application à un réseau de chemins de fer déterminé, et en particulier au réseau des chemins de fer de l'Est, des divers systèmes de chauffage employés ou essayés sur les principaux chemins de fer du continent.*

CHAPITRE XII. — *Résumé général de ces Études. Examen critique des divers systèmes existants. Conclusion, en ce qui touche spécialement le réseau français.*



CHAPITRE XI

**ESTIMATION DES DÉPENSES DE TOUTE NATURE AUXQUELLES
DONNERAIT LIEU L'APPLICATION A UN RÉSEAU DE CHEMINS
DE FER DÉTERMINÉ, ET EN PARTICULIER AU RÉSEAU DE
LA COMPAGNIE DE L'EST, DES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE
CHAUFFAGE ÉTUDIÉS DANS LES PRÉCÉDENTS CHAPITRES.**

Nous venons de donner, dans les chapitres précédents, la description détaillée des divers systèmes de chauffage essayés ou appliqués, soit sur les réseaux étrangers, soit sur notre propre réseau. En ce qui concerne les réseaux étrangers, nous avons accompagné cette analyse de tous les chiffres qu'il nous a été donné de recueillir, soit par des observations directes, soit par des renseignements fournis par les administrations elles-mêmes; mais il n'aura pas échappé au lecteur que ces chiffres sont fréquemment incomplets et sont loin de présenter le degré de concordance nécessaire. C'est précisément pour nous éclairer sur la valeur réelle des chiffres douteux que nous avons renouvelé, pour notre propre compte, des expériences directes dont nous avons également donné le détail et les résultats. Nous sommes maintenant en mesure d'indiquer ce que coûterait la mise en pratique de ces divers systèmes, en limitant cette indication à ceux d'entre eux qui peuvent seuls être considérés comme ayant quelque chance d'utili-



DÉPENSES D'APPLICATION DES DIVERS SYSTÈMES.

sation. Afin d'apporter dans cette partie importante de nos études toute la précision nécessaire, nous supposons qu'on applique les divers systèmes de chauffage à un même réseau, et nous prendrons pour exemple le réseau de l'Est, tel qu'il existait au 1^{er} janvier 1876; ce réseau, en y comprenant les lignes de banlieue et d'intérêt local, comporte une étendue de 2,248^{km} et une recette totale de voyageurs de 34,729,000^f.

Nombre de véhicules à munir d'appareils de chauffage. —

Le nombre de voitures à voyageurs en service régulier ou en stationnement pour la formation des trains, dans les gares du réseau de l'Est (non compris la ligne de Vincennes), est :

1° *En semaine,*

De 155 voitures de 1 ^{re} classe,
110 d° mixtes,
185 d° de 2 ^e classe,
443 d° de 3 ^e classe.
<hr/>
893 voitures de toutes classes.

2° *Le dimanche,*

De 197 voitures de 1 ^{re} classe,
130 d° mixtes,
255 d° de 2 ^e classe,
581 d° de 3 ^e classe.
<hr/>
1,163 voitures de toutes classes.

Les appareils devant être montés sur un nombre de véhicules suffisant pour assurer le service régulier, la réserve, la réparation, etc., le nombre total des voitures à munir

d'appareils doit, d'après les données du service de l'Exploitation, être de 1,916, se décomposant comme suit :

300	voitures	de 1 ^{re} classe,
230	d°	mixtes,
440	d°	de 2 ^e classe,
946	d°	de 3 ^e classe.
<hr/>		
1,916	voitures	de toutes classes.

Ligne de Vincennes. — Le matériel nécessaire pour le service actuel de la ligne de Vincennes est le suivant :

41	voitures	de 1 ^{re} classe,
174	d°	de 2 ^e classe,
24	d°	de 3 ^e classe.
<hr/>		
239	voitures	de toutes classes.

Répartition du matériel en circulation et en stationnement dans les gares. — Durée du chauffage. — Nous admettons que les voitures doivent être chauffées pendant six mois de l'année, du 15 octobre au 15 avril, période comprenant environ 156 jours de semaine et 26 dimanches.

Réseau de l'Est. — Les 893 véhicules circulant chaque jour de semaine dans les trains nous donnent par 24 heures :

61,575	heures	de marche,
14,857	d°	de stationnement.

Les 1,163 véhicules circulant le dimanche dans les trains nous donnent :

8,563	heures	de marche,
19,349	d°	de stationnement,