



PREMIÈRE DISPOSITION AVEC CHAUFFERETTES EN FONTE.

Application à une voiture de 3^e classe. — Dans cet appareil, monté sur une voiture de 3^e classe, cinq chaufferettes en fonte, de deux types différents, étaient engagées dans le plancher entre les banquettes. Trois de ces chaufferettes étaient de simples boîtes dans lesquelles l'air circulait avant de sortir par des bouches de chaleur avec registres à coulisses; les deux dernières avaient à leur partie supérieure un réservoir rempli d'eau pour l'une et de sable pour l'autre.

Effet utile. — Distribution de la chaleur. — Les résultats calorifiques de cet appareil ont été très-médiocres : l'effet utile a été de 9°, la voiture étant tenue fermée et ne contenant que l'expérimentateur; mais la température de l'air a été plus élevée de 2° contre le plancher que près du pavillon.

Températures des chauffe-pieds. — Les chauffe-pieds ont présenté au contact une température moyenne de 31°,5, mais ils étaient très-inégalement chauffés. La différence entre les points le plus chaud et le plus froid, à un même moment, s'est élevée à 65°, et généralement on constatait entre les deux extrémités d'une même chaufferette des écarts de 15, 30 et même 45°, selon qu'elle contenait du sable, de l'eau, ou simplement de l'air.

Vices de cet appareil. — L'air chaud était donc mal réparti entre les chauffe-pieds et arrivait en quantité insuffisante; de plus, les chaufferettes étant très-lourdes, elles s'échauf-

APPAREILS A AIR CHAUD.

219



DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSUMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILÉ	TEMPÉRATURES MOYENNES sur les chauff- ferrettes	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		extérieure	intérieure				
23 fév. 1874.	35	kilog.	kilog.	couvert	+ 5,3	degrés 12,5	degrés 7,2	degrés 26	degrés 3,5	Coke de gaz, voiture fermée, reg. fermé.
24 —	32	1.584	1.200	d°	+ 5,7	15,1	9,4	28,4	2,5	d°
25 —	35	1.800	1.200	»	+ 5,9	14	8,1	33,7	4	d°
26 —	32	1.660	»	»	+ 6,9	13	6,1	31,3	3	d°
10 mars 1874.	32	1.524	0.774	»	+ 2,5	12,1	9,6	23,5	4,5	d°
11 —	35	1.470	»	beau	+ 3	16,2	13,2	31	4,5	d°
12 —	32	1.430	»	d°	+ 0,2	12	11,8	30	4	d°
14 —	32	1.593	»	couvert	+ 1	12,2	11,2	30,1	3	d°
21 —	35	1.335	1.130	beau	+ 9,1	21,3	12,2	41,8	5	d°
22 —	32	1.023	»	d°	+ 8,2	20	11,8	»	5	d°
10 avril 1874.	Stat.	»	1.066	couv ^t , pluie	+ 11,9	15,8	3,9	25,6	4	d°
15 janv. 1875.	35	1.500	»	couvert	+ 8	16,8	8,8	31	10	d°
16 —	32	1.600	1.200	pluvieux	+ 8,3	16,8	8,5	30,7	9	jusqu'à Biesnes seulement, ouvert ensuite.
17 —	35	2.230	»	d°	+ 8,7	18,3	9,6	37,2	10	Coke de gaz, voiture fermée, reg. fermé.
18 —	32	2.310	0.970	neige	+ 10,2	19,3	9,1	37,8	11	d°

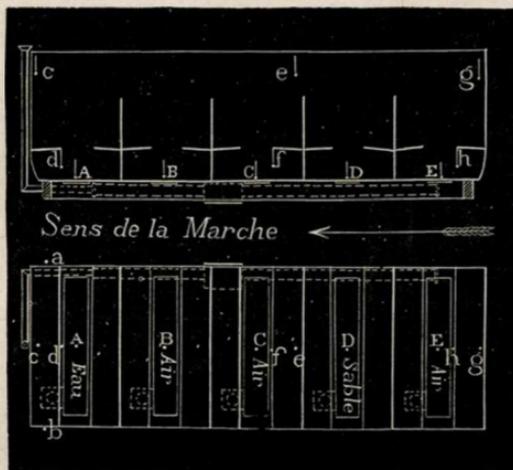
(Toutes les boucles de chaleur ont été complètement ouvertes pendant toutes les expériences.)

faient lentement, et n'atteignaient en effet leur température maxima que trois heures et demie après l'allumage.

Résumé des expériences. — Le tableau précédent (voir page 219) résume nos expériences.

Expérience en marche du 12 mars 1874. — Nous reproduisons ci-dessous l'ensemble des constatations faites pendant l'expérience en marche du 12 mars 1874.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

DEUXIÈME DISPOSITION AVEC PLANCHER EN TÔLE.

Application à une voiture de 3^e classe. — Comme seconde disposition de chauffe-pieds, nous avons remplacé le plan-



STATIONS	HEURES	THERMOMÈTRES EXTÉRIEURS						INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS						INDICATIONS DES THERMOMÈTRES AU CONTACT DES CHAUFFERETTES					ÉTAT DU TEMPS et CHARGEMENTS de combustibles
		a	b	c	d	e	f	g	h	A	B	C	D	E	air	sable	air		
Nancy (Départ) . . .	matin	6°	- 6	+ 8	+ 10	+ 9	+ 11	+ 6	+ 5	23	26	28	20	18	Beau temps.				
Commercy . . .		7°56	- 6	5	6	7	10	4	4	25	22	26	18	17					
Bar-le-Duc . . .		9°14	- 5	6	8	9.5	12	6	6	28	26	31	19	16	Chargem ^t de combustibles.				
Blesme . . .		10°26	- 4	7	10	11	14.5	8.5	8.5	31	30	38	25	20	Temps convert.				
Châlons . . .		11°44	- 2	8	11	11.5	15	8.5	10	32	33	38	25	20	Chargem ^t de combustibles.				
Épernay . . .		12°41	+ 4	11	15	15.5	18.5	11	12	37	39	46	28	27					
Château-Thierry . .		2°12	+ 4	13.5	16	18	22	14	15	38	35	47	32	30	do				
La Ferté . . .		3°02	+ 4	13	15.5	17	21	14	15	33	30	40	31	28					
Meaux . . .		3°37	+ 3.5	12.5	15	16.5	20.5	13.5	14.5	34	31	42	32	28					
Paris (Arrivée) . . .	soir	5°02	+ 1.5	12.5	15.5	17	21	14	15.5	35	31	45	32	29					



cher d'une voiture de 3^e classe par des feuilles de tôle soutenues au moyen d'armatures en fer; la partie inférieure du cadre de caisse a été fermée par un nouveau plancher en chêne formant ainsi une boîte de toute la surface de la voiture et de la hauteur du brancard de caisse.

Les orifices des conduits d'air venaient déboucher sur un côté longitudinal de cette boîte, et l'air chaud sortait dans la voiture par des bouches de chaleur placées du côté opposé.

Température du plancher. — La température du plancher métallique, formant chauffe-pieds, ne s'est pas élevée en moyenne au-dessus de 30°. En outre la répartition de la chaleur présentait des écarts considérables.

Effet utile. — En moyenne, les températures intérieures ont dépassé de 9°,5 celle de l'air extérieur.

Résumé des expériences. — Le résumé de nos expériences est donné dans le tableau ci-contre.

Expérience en marche du 10 janvier 1875. — Pour mieux préciser les résultats, nous reproduisons le procès-verbal de l'expérience en marche du 10 janvier 1875. (Voir la disposition des Thermomètres, page 224.)

TROISIÈME DISPOSITION AVEC CHAUFFERETTES EN TÔLE.

Application à une voiture de 3^e classe. — En présence des résultats négatifs constatés ci-dessus, nous avons fait circuler l'air chaud dans des chaufferettes en tôle installées

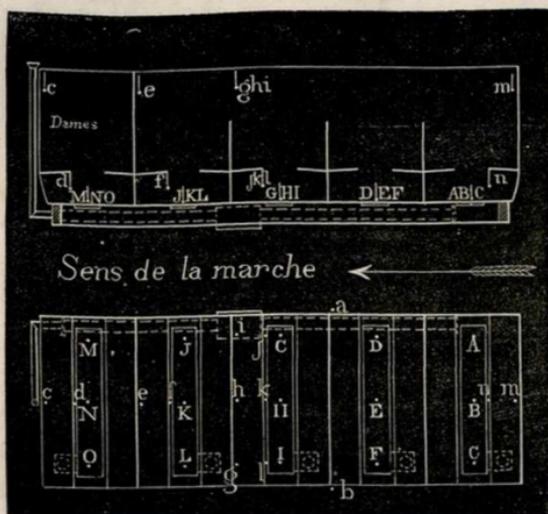
Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud, système Mousseron, modifié par l'application d'un plancher en tôle, monté sur la voiture de 3^e classe C 4087

DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILÉ	TEMPÉRATURES MOYENNES sur le plancher en tôle	ÉCART MAXIMUM CHIC la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationnal à Nancy		extérieure	intérieure				
17 fév. 1874.	35	kilog. 1.068	kilog. 0.880	»	degrés + 5.7	degrés 10.3	degrés 3.6	degrés »	degrés 4	Coke de gaz, voiture fermée.
18 —	32	1.290	»	»	+ 5.4	12.6	7.2	»	7	do
19 —	35	»	»	couvert	+ 3.3	13.2	9.9	»	2.5	do
20 —	32	1.464	1.122	beau	+ 2.8	12.2	9.9	»	2.5	do
3 mars 1874.	35	»	»	de	+ 6.5	17.9	11.4	»	2.5	do
4 —	32	1.445	1.200	de	+ 7	19.7	12.7	»	2.5	do
10 avril 1874.	Stat.	»	1.036	couv ^t , pluie	+ 11.9	16.4	4.5	28.5	4	do
9 janv. 1875.	35	2.720	»	couvert	+ 4.6	14.5	9.9	33.6	9	do
10 —	32	2.210	0.900	beau	+ 4.3	16	11.7	28.8	9	do
11 —	35	1.800	»	»	+ 7.3	16.8	9.5	30.5	7	do
12 —	32	2.260	1.740	»	+ 5.3	17	11.7	32.4	11	do

(La voiture est aménagée avec un compartim^t de dames isolé; les quatre autres compartis sont seuls en communication.)
Coke de gaz, voiture classé, reg. fermé.

(Dans toutes les expériences, les bou- ches de chaleur des deux compartiments extrêmes étaient ouvertes entièrement; celles des deux compartis intermédiaires, aux deux tiers, et celle du compartiment du milieu, au tiers.)

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



(Voir page 225 le tableau des Températures.)

au milieu du plancher, conformément aux dispositions indiquées par les dessins de la planche n° 21.

L'appareil, monté sur une voiture de 3^e classe, est représenté muni d'un grand foyer dont nous parlerons bientôt ; mais nous l'avons primitivement monté avec un foyer du type de 11^{kg} ci-dessus décrit, et nous relaterons d'abord les résultats qui se rapportent à cette première disposition.

Une tôle, placée obliquement dans la chaufferette, de l'extrémité au milieu de celle-ci, empêchait sur une certaine longueur l'air chaud sortant de la canalisation de frapper directement le dessus de la chaufferette.

Les sections des ouvertures de communication des con-

Tableau des températures.

STATIONS	HEURES		THERMOMÈT. extérieurs		INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS													INDICATIONS DES THERMOMÈTRES AU CONTACT DU PLANCHER EN TÔLE													ÉTAT DU TEMPS et changements de combustible	
	mat.	soir	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
			deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.		deg.
»	3h	0	0	13	16	16	23,5	18,5	16,5	17	19	20	17	12	20	38	38	26	37	34	20	40	40	23	62	31	35	29	22	21	Beau temps.	
Nancy (49°)	6h	0	0	41	43	46,5	21	17	16	17	18	19	17	13	19	35	33	25	32	28	20	33	31	21	46	36	26	22	18	16	do	
»	7h	+ 1	1	8	11	13	14	12	12	11	14	13	11	11	15	27	27	20	21	21	16	23	23	15	36	24	15	18	13	12	do	
»	8h	+ 1	1	8	12	12	15	12	14,5	11	12	14	12	9	15	27	31	21	22	22	15	22	23	14	41	28	17	23	18	14	do	
»	9h	+ 4	4	8	13	12	15	13	12	12	13	14	12	11	17	30	33	26	24	24	18	26	23	15	45	24	17	27	20	15,5	Chargement de combustible.	
»	10h	6	6	9	14,5	12	14	12	11	12	13	14	11	11	15,5	26	27	21	21	16	24	21	16	24	13	37	19	14	22	17	11	Beau temps.
»	11h	5	5	10	14	13	16,5	14	13	13	14	16	14	13	18	33	38	29	27	28	18	27	27	15	45	31	20	28	22	17	do	
»	midi	6	6	14	17	16	16	17	16	16	17	17	17	15	21	36	35	28	28	30	20	29	29	19	48	32	25	31	25	19	Chargement de combustible.	
»	1h	7	7	15	16	18	23	20	18	19	20	21	18	16,5	23	41	41	32	35	36	23	35	32	22	37	41	30	41	31	25	Beau temps.	
»	2h	7	7	13	16	17	19	17	16	16	17	18	17	16	20,5	30	30	27	24	25	20	26	24	18	47	24	19	25	31	17	Chargement de combustible.	
»	3h	7	7	13,5	18	17	20	17	16	16	17	17	17	15	21	30	34	26	25	27	20	26	25	17	43	30	22	33	26	22	Beau temps.	
»	4h	8	7	15	16	17	22	18	17	17	18	20	18	16	23	39	40	33	30	32	23	30	29	20	52	33	25	38	31	24	Foyer chargé à 2%.	
Paris (arr.)	5h	6	6	15	20	17	22	18	17	18	19	20	18	16	25,5	38	42	33	24	31	23	30	27	20	53	30	22	38	30	21	Beau temps.	



duites avec les bouches de chaleur avaient été établies proportionnellement à leur distance du foyer, afin d'obtenir des températures égales sur toutes les chaufferettes.

Effet utile. — L'effet utile moyen de cet appareil a été de 40°.

Distribution de chaleur. — A 0^m,20 au-dessus du plancher nous avons constaté 2°,5 de plus qu'à la même distance en dessous du pavillon.

Entre le point le plus chaud et le point le plus froid de l'intérieur de la voiture, l'écart maximum a été de 6°.

Températures sur les chaufferettes. — La température moyenne de la tôle supérieure des chaufferettes a été d'environ 44°.

Mais, comme le prouve l'expérience du 16 avril 1874, la chaleur se répartissait très-irrégulièrement entre les cinq chauffe-pieds. Nous avons constaté des différences de 15° sur une même chaufferette et de 30° sur l'ensemble.

Résumé des expériences. — Les expériences faites sur cet appareil sont résumées dans le tableau ci-contre.

Expérience en marche du 16 avril 1874. — Nous reproduisons *in extenso* le procès-verbal de notre expérience en marche du 16 avril 1874.

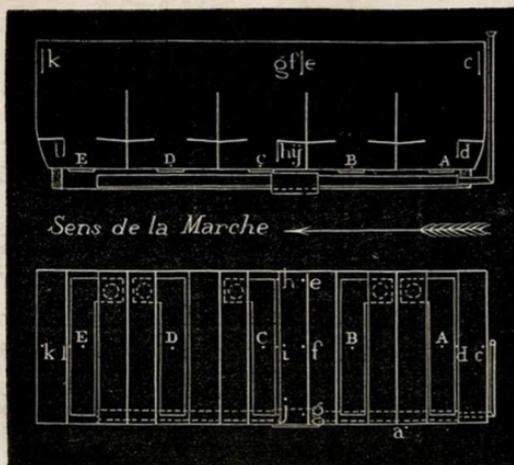
Pour en mieux faire saisir les résultats, nous avons reproduit sur la planche n° 28 le graphique des courbes des six thermomètres intérieurs *c, d, f, i, k, l*, des trois thermomètres sur chaufferettes *A, C, E*, et du thermomètre extérieur *a*. (*Voir à la page 228 la disposition des Thermomètres, et à la page 229 le tableau des Températures.*)

Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud système Mousseron, modifié par l'application des chaufforettes en tôle, et monté sur la voiture de 3^e classe C 4051.

DATE des EXPÉRIENCES	NUMÉRO du train.	CONSUMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET	TEMPÉRATURE MOYENNE sur les chauffé- pieds	ÉCART MATHÉMATI- QUE entre la plus haute et la plus basse température de l'air de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de station ¹ à Nancy		extérieure	intérieure				
15 mars 1874.	35	kilog. »	kilog. »	conv.	degrés + 7.8	degrés 14.9	degrés 7.1	degrés 38.1	degrés 6	Coke de gaz, voiture fermée, reg. fermée.
16 —	32	1.578	1.320	d ^e	+ 8.7	17.8	9.1	45.2	6	do do do
17 —	Stat ^e	»	1.426	beau	+12.6	20.4	7.8	42.3	9	do do reg. ouvert. (On ne s'est servi pour cette expérience que de coke n° 0, d'une combustion plus rapide que le mélange employé ordinaire- ment de coke n° 0 et n° 1.)
19 —	35	»	»	d ^e	+10.9	20.4	9.5	42	6	Coke de gaz, voiture fermée, reg. fermée. (Les portières ont été ouvertes pen- dant dix minutes à Biesanc.)
20 —	32	1.530	1.140	conv., vent	+ 8.3	18.3	10	41.4	4.5	Coke de gaz, voiture fermée, reg. fermée.
27 —	35	»	»	beau	+14.4	25.1	41	45.3	6.5	do do do
28 —	32	1.518	1.245	pluie, vent	+11.3	20.6	9.3	43.6	4	do do do
16 avril 1874.	35	»	»	conv., beau	+ 9.9	18.5	9.2	41.9	3	do do do
17 —	32	1.458	0.960	pluie, ouvert	+11.8	21.8	10	47.8	2.5	do do do (Dans toutes les expériences les bou- ches de chaleur ont été complètement ou- vertes.)

Expérience du 16 avril 1874.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

APPAREIL A CHAUFFERETTES EN TÔLE, MONTÉ SUR UNE
VOITURE DE 1^{re} CLASSE.

La même disposition d'appareil à chaufferettes en tôle, appliquée à une voiture de 1^{re} classe, nous a fourni les résultats suivants :

Effet utile. — La température moyenne des trois compartiments s'est élevée à 11° au-dessus de la température extérieure.

Distribution de la chaleur. — Les plus fortes températures se sont toujours produites aux parties inférieures

des compartiments et étaient plus élevées de 1° que celles des parties supérieures.

L'écart maximum de température dans le compartiment le plus irrégulièrement chauffé a été de 4°; enfin la différence la plus élevée qui se soit produite entre les températures prises au même instant dans les divers compartiments a été de 11°.

Température des chaufferettes. — Les chaufferettes nous ont donné une moyenne de 47°, mais avec des écarts de 15° sur une même chaufferette, et de 35° sur leur ensemble.

Résumé des expériences. — Le tableau ci-contre résume toutes les expériences faites sur cet appareil.

Combustible. — Entretien des foyers. — Consommation et prix de revient du chauffage. — Les deux appareils à chaufferettes précédents étant montés avec des foyers en fonte du type de 11^{kg}, on doit leur appliquer tout ce que nous avons dit sur le combustible, la marche des foyers, la consommation et le prix de revient du chauffage, à propos des appareils à air chaud et à bouches de chaleur munis de foyers identiques.

Dépenses d'installation des appareils à chaufferettes en tôle. — En supposant que l'on monte l'appareil à chaufferettes en tôle sur les voitures actuelles, les prix de revient de son installation seront les suivants :

700 ^f	par	voiture	de	1 ^{re}	classe	ou	mixte,
800 ^f		d°		2 ^e	classe,		
900 ^f		d°		3 ^e	classe.		

Ces prix seraient susceptibles de diminution s'il s'agissait d'appliquer les appareils à des voitures neuves.

Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud système Mousseron, modifié par l'application de chaufferettes en tôle, monté sur la voiture de 1^{re} classe A 483.



DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET	TEMPÉRA- TURES MOYENNES sur les chauffe- rettes.	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse TEMPÉRATURE dans l'intérieur de la voiture		OBSERVATIONS
		de marche	de stationn ^t à Nancy		exté- rieure	inté- rieure			dans le compartim ^t où l'écart est le plus grand	entre tous les com- partiments	
2 avril 1874.	Stat ^t	kilog.	kilog.	couv., vent	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	Coke de gaz, voiture fermée, reg. ouvert.
4 —	35	»	»	beau	+ 16.3	22.6	6.3	45.8	0.5	1	do
5 —	32	1.388	1.210	couvert	+ 6.5	16.8	10.3	33.7	2.5	4	do
31 janv. 1875.	35	1.600	»	beau	+ 2.8	14	11.2	40	4.5	5.5	do
1 ^{er} fév. 1875.	32	1.870	0.780	do	+ 3.6	14.2	10.6	43.5	3	9	do
6 mars 1875.	35	2.330	»	couvert	+ 8.8	17	8.2	51	»	»	do
7 —	32	2.820	0.800	do	+ 12	20.7	8.7	58	»	»	do

do reg. ouvert
jusqu'à Commercy, ensuite fermé complé-
tement.
(Dans toutes les expériences, les bou-
ches de chaleur étaient complétement ou-
vertes.)

Troisième modification des appareils à air chaud, système Mousseron.

(Appareil à foyer contenant 16^{kg} de coke et à chaufferettes en tôle, appliqué à une voiture de 3^e classe.)

A la suite des résultats précédents, nous avons étudié et construit un foyer pouvant contenir 16^{kg} de coke de gaz.

Nous donnons (fig. 1 à 7, planche n° 49) les dessins de ce foyer.

Nous espérons, par cette augmentation de capacité et par celle de la surface de chauffe qui lui correspondait, obtenir une température convenable sur les chaufferettes et un plus grand effet utile, et pouvoir enfin ne charger le foyer qu'à des intervalles de quatre ou cinq heures.

Ce foyer a été monté sur la voiture de 3^e classe munie de chaufferettes en tôle, en ne modifiant que la partie horizontale du tuyau de fumée dont la section a été augmentée d'environ un cinquième. Les dessins de la planche n° 21 représentent l'ensemble des dispositions adoptées.

Résultats calorifiques. — Nous n'avons obtenu qu'un effet utile de 40°,4, et la température au contact des chaufferettes n'a été en moyenne que de 43°,8.

La répartition de la chaleur dans la voiture était sensiblement la même que lorsque l'appareil était muni d'un foyer de 11^{kg}. Les écarts des températures des divers points des chaufferettes se sont accrus. Nous avons en effet constaté des différences de 20° sur une même chaufferette et de 37° sur l'ensemble.

Résumé des expériences. — Nos expériences sur cet appareil se résument dans le tableau ci-contre.

Résumé des expériences faites sur l'appareil à air chaud système Mousseion, modifié par l'application d'un foyer de 46 kilog. et de chaufferettes en tôle, et monté sur la voiture de 3^e classe C 4051.

DATE de l'EXPÉRIENCE	NOMÉRO du train	CONSOMMATION PAR HEBRE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILE	TEMPÉRATURES MOYENNES sur les chauff-ferrettes	ÉCART MAXIMUM la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationnement à Nancy		extérieure	intérieure				
		kilog.	kilog.		degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	
26 déc. 1874.	Stat	»	1.840	»	+ 2.7	40.7	8	44.4	42	Coke de gaz, registre ouvert à moitié.
1 ^{er} janv. 1875.	35	2.383	2.334	couvert	- 6.5	+ 3	9.5	34	6	d° voiture fermée, reg. fermé.
2 —	32	2.473	1.770	pluie, couvert	+ 1.8	7.4	5.6	30	7	d°
6 —	32	2.390	»	couvert	+ 5	46.2	11.2	46.8	40	d°
22 fév. 1875.	35	2.566	»	beau	+ 0.9	40.6	9.7	44.3	41	d°
23 —	32	2.525	1.592	beau, vent	- 0.3	42.8	13.1	47	44	d°
16 mars 1875.	35	2.166	»	couvert	+ 5.8	48	42.2	51	8	d°

Les portières d'un côté de la voiture ont été ouvertes pendant dix minutes au milieu de ce dernier voyage.
(Dans toutes les expériences, les bougies de chaleur des compartiments extrêmes étaient ouvertes complètement; celles des compartiments intermédiaires aux trois quarts, et celle du compartiment du milieu à moitié.)





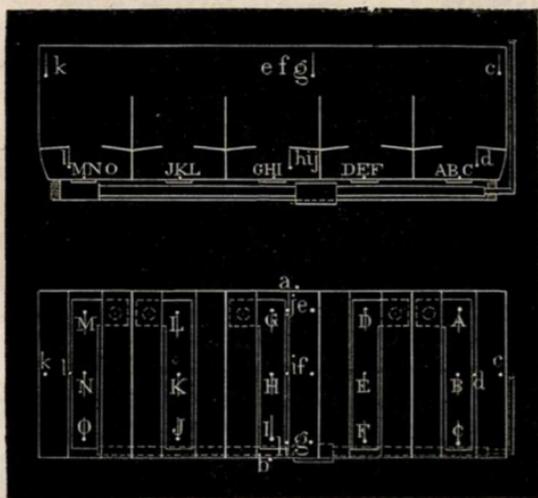
EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

Expérience en stationnement du 26 décembre 1874.

— Nous reproduisons le procès-verbal de l'expérience en stationnement du 26 décembre 1874.

Nous avons indiqué sur la planche n° 28 les courbes des six thermomètres intérieurs *c, d, f, i, k, l*, des trois thermomètres *B, H, N*, placés au contact des chauffettes, et du thermomètre extérieur *a*.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Expérience en marche du 16 mars 1875. — Nous reproduisons aussi le procès-verbal de l'expérience en marche du 16 mars 1875, qui montre l'influence de l'ouverture des portières.

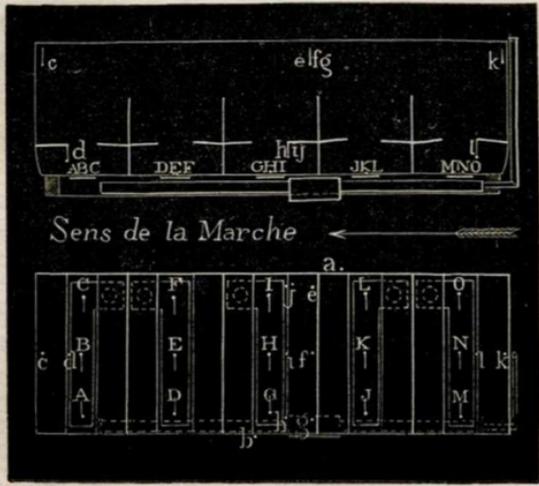
Sur le graphique de la planche n° 28, nous indiquons les courbes des six thermomètres intérieurs *c, d, f, i, k, l*,



EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

des trois thermomètres *B, H, N*, placés au milieu des chaufferettes, et du thermomètre extérieur *a*.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Consommation de combustible. — La consommation de coke de gaz s'est élevée à 2^{kg},500 par heure de marche et à 2^{kg} par heure de stationnement.

Nous avons une déperdition de chaleur considérable par le rayonnement du foyer et des conduits et par les produits de la combustion, ce qui explique le faible effet utile obtenu avec d'aussi grandes consommations.

Prix de revient du chauffage. — La dépense de combustible serait par voiture de :

$$2^{kg},500 \times 0,04 = 0,10 \text{ par heure de marche,}$$

$$2^{kg} \times 0,04 = 0,08 \text{ d° stationnement.}$$

Tableau des températures.

STATIONS	THERMOMÈTRES extérieurs		INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS													INDICATIONS DES THERMOMÈTRES AU CONTACT DES CHAUFFERETTES													ÉTAT DU TEMPS CHANGEMENTS DE COMBUSTIBLE et observations	
	H E U R E S	deg. deg.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
			deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.	deg. deg.		deg. deg.
Paris (44°).	mid.	+ 9 10,5	44	45	48	48	48	18	18,5	19	21	19	19	19	43	45	36	64	52	43	73	52	43	72	68	53	69	55	30	Temps convertissant toute la durée de l'essai.
"	1 ^h	10	16	18	20	20	19	20	21	22	20,5	24	24	24	47	49	40	58	48	45	72	52	42	83	76	55	82	75	39	
"	2 ^h	11	47	20	23	24	22	23	22	21,5	25	28	27	29	57	52	45	61	56	49	70	61	53	87	77	62	87	85	69	
"	3 ^h	12	21	23	25	25	25	26	23	24	27	29	29	30	59	59	48	65	52	52	65	55	45	83	82	63	91	83	68	Chargeant de combust.
"	4 ^h , 10	13	20	21	23	23	23	24	23	24	24	26	26	26	40	50	46	58	52	45	64	50	41	57	60	46	55	61	48	
"	4 ^h , 20	"	17	16	18	18	18	19	19	19	21	22	22	22	40	39	34	56	46	39	61	48	38	55	50	44	49	50	44	
"	6 ^h	8	45	44	46	47	47	47	47	47	49	49	49	49	35	29	32	49	39	30	60	41	39	46	49	39	40	43	42	do à 6 ^h 40.
"	7 ^h	4	13	15	17	17	17	17	18,5	19	19	16	30	32	44	43	37	46	40	65	48	37	57	55	36	36	47	47		
"	8 ^h	4,5	43	43,5	43	46	45	43	46	47	48	48	48	48	47	43	40	49	41	35	35	43	41	65	59	49	38	42	43	do à 9 ^h 30.
"	9 ^h	4	42	44	46	45	46	46	47	48	48	48	48	48	54	49	30	61	53	51	39	61	56	60	60	45	35	49	47	
"	10 ^h	3	43	44	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	58	51	33	65	59	52	67	62	58	61	49	51	62	57	35	Les constatations de 4 ^h 20 et de 11 ^h 45 ont été faites, après avoir ouvert les portières d'un côté de la voiture pendant dix minutes.
Nancy (47°.)	11 ^h 35	5	46	43	46	46	47	43	44	44	43	44	43	44	28	37	37	34	40	43	32	43	51	52	47	40	35	51	41	
"	11 ^h 45	"	8,5	10	14	14	14	14	14	10	11	11,5	11,5	11	25	31	29	32	40	41	30	41	48	49	45	35	51	48	39	
"	soir																													

Prix de revient de l'installation de l'appareil. — Nous estimons que l'application à nos voitures actuelles de l'appareil Mousseron, avec chaufferettes en tôle, donnerait lieu aux dépenses suivantes :

720 ^f		par voiture de 1 ^{re} classe ou mixte,
820 ^f	d ^o	2 ^e classe,
920 ^f	d ^o	3 ^e classe.

Remarque générale sur l'entretien des appareils Mousseron. — L'entretien des appareils Mousseron a été presque nul pendant les deux hivers de nos expériences et s'est borné à quelques réparations aux registres et aux grilles de foyer, ou au remplacement de celles-ci lorsqu'elles étaient brûlées.

Toutefois la tôle mince qui, sauf le foyer, constitue cet appareil, ne durera que peu d'années.

Le conduit de fumée surtout sera promptement corrodé par les gaz chauds et humides; et comme il est peu commode d'en constater l'état par le foyer, il se pourrait que le dégagement de la fumée dans les compartiments indiquât seul la destruction du tuyau.

Le nettoyage des conduits n'a donné lieu à aucune main-d'œuvre importante; l'activité du tirage emportait par le haut de la cheminée presque toutes les cendres qui s'introduisaient dans les tuyaux. Il suffisait, après environ cent cinquante heures d'allumage, d'ouvrir le petit registre placé à l'extrémité de la conduite horizontale, de faire tomber la suie en frappant légèrement la cheminée et de nettoyer l'extrémité du tuyau horizontal avec le tisonnier. Cette opération était facilement faite par les agents chargés de la surveillance des foyers.



En résumé, les essais que nous avons entrepris sur les appareils à air chaud (systèmes Mousseron primitif et perfectionné) ont mis en évidence les faits suivants :

1° L'air chaud se distribue à l'intérieur de la voiture suivant la loi des densités, de manière que les voyageurs ont toujours la tête plus chaude que les pieds.

2° Les essais que nous avons faits pour ramener la chaleur sous les pieds nous ont conduits à des dispositions coûteuses, compliquées et peu pratiques.

3° L'air chaud avait fréquemment une odeur très-désagréable, provenant d'un faible tamisage des gaz de la combustion à travers les parois métalliques chauffées.

4° Les voyageurs de 1^{re} et 2^e classe se plaignaient de maux de tête et fuyaient les compartiments chauffés à l'air chaud; les voyageurs de 3^e classe, au bout de quelques heures de séjour, ouvraient les portières en grand, de sorte que le bénéfice du chauffage était complètement perdu.

Nous ne croyons donc pas que ce mode de chauffage réponde aux exigences du problème à résoudre. Du reste nous reviendrons sur ce sujet dans notre résumé général.



CHAPITRE VII

ESSAIS ET EXPÉRIENCES SUR LE CHAUFFAGE DES VOITURES A L'AIDE DE CHARBONS AGGLOMÉRÉS

(BRIQUETTES. — CHARBON NOUVEAU. — CHARBON DE PARIS.

APPAREIL A CHAUFFERETTES AVEC COMBUSTIBLES AGGLOMÉRÉS, SYSTÈME GRANDJEAN.

Principe et description. — Dès le début de nos expériences, M. Grandjean nous proposa un appareil disposé spécialement pour chauffer les pieds des voyageurs au moyen de combustibles agglomérés, et essayé sur les chemins de fer hollandais. — Un seul appareil chauffe les pieds de tous les voyageurs occupant un compartiment; à cet effet, l'appareil est disposé entre les banquettes, et sa face supérieure, de 0^m,300 de largeur sur 2^m de longueur, affleure le niveau du plancher.

La chaufferette Grandjean, que représentent les figures 6 à 10 de la planche n° 22, est construite entièrement en tôle. Elle consiste en trois enveloppes concentriques rivées à une même plaque qui forme le dessus de l'ap-

pareil, présente en son milieu une bouche de chaleur et, à ses extrémités, deux ouvertures rectangulaires pour l'introduction des paniers contenant les charbons.

Sous la bouche, le dessus de la chaufferette est doublé d'une tôle qui détermine un intervalle communiquant avec l'espace ménagé entre les deux enveloppes intérieures.

Les ouvertures rectangulaires sont fermées par des couvercles consistant en deux tôles séparées par une couche d'air. Pour éviter tout contact direct, le dessus de la chaufferette est recouvert d'un grillage en fer étamé.

Chacune des extrémités de la chaufferette est fermée par une tôle percée de trous, contre laquelle sont rivées les trois enveloppes.

Pour régler l'introduction de l'air dans la capacité intérieure, on dispose d'un clapet mobile maintenu dans telle position que l'on veut à l'aide d'un petit verrou et d'un secteur à trous (fig.).

Une cloison verticale divise la capacité intérieure de la chaufferette en deux parties égales (fig.) sans communication entre elles.

Sur chacun des côtés de l'appareil, et de part et d'autre de la cloison de séparation que nous venons d'indiquer, trois tubes traversant les enveloppes font communiquer avec l'atmosphère l'intérieur de la chaufferette.

Paniers à combustible. — Les paniers, dans lesquels on charge les charbons allumés, consistent en caisses rectangulaires en tôle, dont les côtés longitudinaux sont perforés. Pour les transporter, on introduit un crochet dans l'ouverture que présente la traverse fixée en leur milieu et à leur partie supérieure (fig.).

La position des paniers dans l'intérieur des chaufferettes est déterminée dans le sens longitudinal, par des

Vierge & Luy

équerres en tôle rivées sur l'enveloppe intérieure; dans le sens transversal, par des ressorts fixés sur les grands côtés du panier, et enfin dans le sens vertical par la forme recourbée d'une des équerres.

Installation de la chaufferette dans les voitures. — La chaufferette est encastrée de toute son épaisseur dans le plancher de la voiture, et sa face supérieure forme une saillie qui permet de la maintenir par des vis. Une enveloppe en bois protège les trois autres grandes faces du contact de l'air extérieur.

Fonctionnement de l'appareil. — Quand les paniers remplis de charbons allumés sont mis en place, l'air nécessaire à la combustion s'introduit par les fonds et la quantité en est réglée au moyen des clapets. La sortie de la fumée se fait par les tubes horizontaux placés au milieu de la chaufferette. Pour que le sens de la marche n'influe pas sur cette sortie, on a placé une cloison dans l'axe de la chaufferette, de façon à faire obstacle au courant d'air qui pourrait s'établir par les tubes.

Le rayonnement direct des foyers chauffe les couvercles et les parties voisines, tandis que le milieu du dessus de la chaufferette est échauffé en partie par les produits de la combustion et principalement par l'air qui, pénétrant par les trous percés dans les tôles des extrémités, s'échauffe au contact des deux enveloppes intérieures, puis se dégage dans la voiture par la bouche de chaleur.

L'air confiné entre les deux parois extérieures n'est en réalité qu'une enveloppe protectrice contre le refroidissement.

Combustibles employés. — Nous avons essayé de chauffer



ces appareils avec les charbons agglomérés désignés dans le commerce sous les noms de charbon nouveau et de charbon de Paris.

Charbon nouveau. — Sa composition. — Le charbon nouveau est fabriqué en cylindres de 0^m,035 à 0^m,038 de diamètre et de 0^m,110 de longueur, pesant environ 0^{kg}100.

D'après l'analyse sa composition est la suivante :

Matières combustibles (brûlant sans flamme et sans produire de coke)	73 ^{kg} ,20
Cendres.	26 ^{kg} ,80
	<hr/>
	100 ^{kg} ,00

L'analyse des cendres donne :

Acide carbonique.	18 parties.
Chaux	30 —
Silice	36 —
Phosphate de sesquioxyde de fer	12 —
Magnésie et acide phosphorique	3 —
Pertes	1 —
	<hr/>
	100 parties.

Nous avons payé ce charbon 16^f les 100^{kg}, et les fournisseurs nous ont déclaré ne réduire ce prix à 11^f que pour une consommation annuelle minimum de 300,000^{kg}.

Charbon de Paris. — Sa composition. — Le charbon de Paris est vendu en cylindres de mêmes dimensions et de même poids que le charbon nouveau.

Nous lui avons trouvé la composition suivante :

Matières combustibles.	75.4
Cendres.	24.6
	<hr/>
	100.0

Les cendres contiennent 30 % de chaux et ne donnent pas de traces de silicates.

Le prix était de 16^f les 100^{kg}.

Allumage du combustible. — Pour les premiers essais, on a allumé les charbons sur des feux de forge; mais ce procédé n'est possible que pour l'allumage d'un petit nombre de morceaux.

de
Appareil d'allumage Grandjean. — M. Grandjean nous a livré avec sa chaufferette un appareil composé d'un cylindre vertical en tôle, renfermant deux grilles superposées et surmonté d'une cheminée. Sur la grille inférieure on entretient un feu clair de bois et copeaux, et sur la grille supérieure on place les charbons agglomérés. On peut ainsi allumer en une heure cent soixante cylindres, soit la quantité nécessaire au chargement de quatre chaufferettes seulement.

(s)
Chargement du combustible. — Les charbons allumés sur toute leur surface sont rangés les uns contre les autres dans les paniers qui, une fois remplis, sont portés dans les chaufferettes.

Chaque panier contenant vingt morceaux de charbon, il faut, par chaufferette, quarante morceaux, soit 4^{kg}.

gn
Le chauffage d'une voiture exige donc :

gn
12^{kg} par voiture de 1^{re} classe (trois compartiments).

16^{kg} d° 2° d° (quatre d°),

20^{kg} d° 3° d° (cinq d°).

Résultats calorifiques. — Le compartiment du bout de la voiture de 2^e classe, muni de la chaufferette Grandjean,

n'étant occupé que par l'expérimentateur et les fenêtres étant tenues fermées, on a constaté les résultats suivants :

Température intérieure. — La température moyenne dans la voiture a été de 9° plus élevée que celle de l'atmosphère, et elle était sensiblement la même en tous les points du compartiment.

Température des chaufferettes. — La moyenne des températures de la plaque supérieure de la chaufferette observée pendant une expérience a été de 50°, mais ces températures présentent de très-grandes variations.

Tandis qu'un quart d'heure après la mise en place des paniers, la plaque est chauffée en certains points à 70°, 110° et même 130°, au bout de six heures/elle n'est plus qu'à 45°, et enfin, dix heures après l'allumage, sa température est réduite à 25° environ.

La chaufferette est très-inégalement chauffée, et nous avons constaté que la température des couvercles des foyers était souvent supérieure de 45° à celle de la plaque touchant la bouche de chaleur.

Résumé des expériences. — Les résultats moyens fournis par la chaufferette Grandjean, dans nos diverses expériences, sont résumés dans le tableau (suivant)

Expérience du 8 avril 1874. — Nous reproduisons le procès-verbal de l'une de nos expériences en marche, celle du 8 avril 1874, ce qui met bien en relief la décroissance rapide des hautes températures auxquelles le dessus de la chaufferette est porté après la mise en place des paniers.

e/

8/

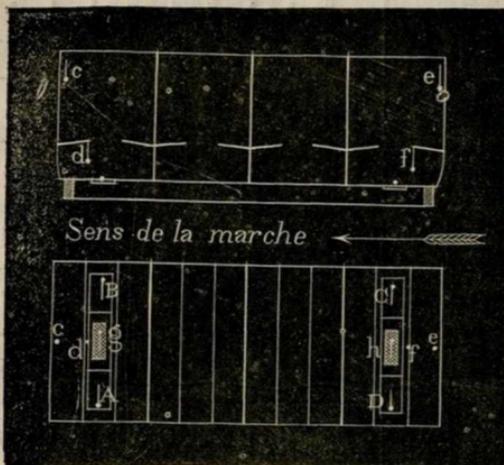
page 246



Appareil à chaufferettes, système Grandjean, monté sur la voiture de 2^e classe/B 384.

DATE de l'expérience	NUMÉRO du train	CONSUMATION par HEURE de marche pour un comparti- ment	ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILISÉ	TEMPÉRATURES MOYENNES sur les chauf- ferettes	ÉCART MAXIMUM des températures dans le comparti- ment en expérience	OBSERVATIONS
				extérieure	intérieure				
19 déc. 1873.	35	kilog. »	»	degrés + 5.2	degrés 45.9	degrés 10.7	degrés 50	degrés 1	Deux châssis ouverts pendant trois heures; combustion incom- plète.
20 —	32	»	»	+ 4.3	44.3	40	37.3	1	Foyers éteints après huit heures de marche; allumage défectueux; un châssis ouvert pendant tout le parcours.
12 janv. 1874.	35	0.400	»	+ 3.5	42.2	8.7	34.5	3	Voiture fermée; combustion com- plète. La température moyenne sur la chaufferette est prise sur deux observations: une faite au départ, une à l'arrivée.
13 —	32	0.400	»	+ 3.5	42.5	9	22	1.5	Combustion complète. La tem- pérature moyenne sur la chauf- ferette est prise sur trois observa- tions faites: au départ, en cours de route et à l'arrivée.
18 —	35	0.310	»	+ 4.4	41	6.6	30.3	1	Combustion complète après huit heures de parcours.
8 avril 1874.	35	0.370	couvert	+ 9.5	47.5	8	58.3	2	Voiture fermée; combustion com- plète à l'arrivée pour trois foyers; un foyer éteint pendant la marche.
9 —	32	0.360	beau	+ 9.7	47.6	7.9	54.2	2	Combustion tout à fait incom- plète; trois foyers éteints en cours de route.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

i/ (248) =

OBSERVATIONS.

« Les foyers des chaufferettes ont été chargés de 1^{kg},800
« de charbon nouveau, soit 3^{kg},600 par chaufferette et par
« compartiment.

« La combustion a été complète dans les foyers des
« chaufferettes A, B et C; à l'arrivée à Nancy, on trouvait
« encore, en remuant les cendres, quelques petits mor-
« ceaux de charbon incandescents.

« Le foyer de la chaufferette D était complètement éteint
« à Bar-le-Duc; il restait environ 0^{kg},150 à 0^{kg},200 de char-
« bon non brûlé.

« Les thermomètres A, B, C, D, indiquant la tempéra-

Tableau des températures.

STATIONS	HEURES	THERMOMÈTRE calorifère	TEMPÉRATURES INTÉRIEURES					TEMPÉRATURES sur les BOUCHES DE CHAUF du milieu des chaudières		TEMPÉRATURES DES BOUTS DES CHAUFFERETTES				ÉTAT DU TEMPS
			a	b	c	d	e	f	g	h	A	B	C	
Paris (<i>départ.</i>) . . .	midi	11	15	17	16.5	16	46	42	105	113	130	108	Temps convert.	
Meaux	1 ^h .20'	11.5	21.5	22	20.5	19.5	63	48	108	125	121	92	d°	
La Forté	1 ^h .54'	13	24.5	22	21.5	20	57	47	112	115	117	84	d°	
Château-Thierry . .	3 ^h	12	24	22	22	20.5	48	38	99	95	100	55	Vent.	
Épernay	4 ^h .20'	11	24	21	20	19	43	32	90	85	90	44	d°	
Châlons	5 ^h .10'	10	21	20	18	17	39	27	80	64	73	35	Beau temps.	
Blesme	6 ^h .40'	8	17	17	15.5	15.5	40	24	69	50	47	37	d°	
Bar-le-Duc	8 ^h	6.5	13	14	15	15	20	22	41	43	46	30	d°	
Commercy	9 ^h .40'	6	13	13	10.5	10.5	21	17	39	32	30	18	d°	
Nancy (<i>arrivé.</i>) . . .	11 ^h .20' soir	6	12	12	9.5	9.5	15	11	22	19	23	11	d°	

« ture des bouts des chaufferettes, étaient posés directement
« sur les couvercles, le grillage étant relevé. »

Nous reproduisons sur le graphique (de la planche n° *W*)
les courbes des températures indiquées par les thermomètres *e*, *f*, placés à l'intérieur du compartiment; *C*, *D*, placés sur les chaufferettes; *h*, placé sur la bouche de chaleur, et par le thermomètre *a*, placé à l'extérieur.

Consommation de combustible. — En moyenne, dix heures après l'allumage, les charbons étaient consumés ou éteints.

Malgré tous les soins apportés à l'allumage, nous retirions des paniers, après l'extinction, du combustible à moitié brûlé, réduit en petits morceaux et en poussière, qui représentait en moyenne 20 % du chargement. Ce résidu étant inutilisable, on ne peut en tenir compte dans l'évaluation de la dépense.

En admettant donc un chargement de 4^{kg} par chaufferette, une durée totale de dix heures, et le prix de 16^f les 100^{kg}, les dépenses de combustible pour le chauffage seraient, par voiture et par heure, de :

0 ^f ,492	pour les 1 ^{res}	classes ;
0 ^f ,256	d°	2 ^{es} d°
0 ^f ,320	d°	3 ^{es} d°

Nous devons dire ici qu'ayant eu des extinctions fréquentes avec le charbon de Paris, quoique très-bien allumé, nous avons employé le charbon nouveau dans presque toutes nos expériences.

Prix de revient des appareils. — Chaque chaufferette Grandjean reviendrait à environ 150^f, ce prix comprenant l'installation dans les voitures et, d'après les déclarations de l'inventeur, les droits de brevet.



Les prix de revient de l'aménagement des voitures seraient donc de :

450'	pour les	1 ^{re}	classes ;
600'	d°	2 ^{es}	d°
750'	d°	3 ^{es}	d°

Inconvénients de la chaufferette Grandjean. — Des nombreux inconvénients qu'offre la chaufferette Grandjean, le plus grave est l'introduction, dans la voiture, des produits de la combustion.

#n Le joint entre les couvercles des foyers et le dessus de la chaufferette ne peut être parfaitement étanche; aussi a-t-on trouvé que deux heures après l'allumage, l'air recueilli à la surface du plancher contient 0,9 % en volume d'acide carbonique.

Lorsque le compartiment chauffé a été mis à la disposition des voyageurs, ceux-ci ont été souvent atteints de maux de tête après quelques heures de séjour dans la voiture; ils se plaignaient également de la mauvaise odeur dégagée par l'appareil.

≡ L'introduction de paniers, remplis de charbons incandescents, par l'intérieur des compartiments est une cause de dégâts et d'incendie. On ne pourrait évidemment pas constater l'état des foyers ni les recharger en cas d'extinction, lorsque les voitures sont occupées par des voyageurs.

Nous parlerons plus loin des difficultés d'allumage et de manutention, ainsi que du prix élevé des combustibles agglomérés.

Sans même tenir compte ici de ces derniers éléments d'appréciation, nos expériences ont, d'après nous, nettement établi que la chaufferette Grandjean, telle qu'elle nous a été présentée, ne peut être employée au chauffage des voitures de chemins de fer.

APPAREIL A CHAUFFERETTES ET A COMBUSTIBLES
AGGLOMÉRÉS, TYPE EST 1874.

it.

L'emploi, pour le chauffage des voitures, de combustibles agglomérés de bonne qualité présente le grand avantage de réduire la main-d'œuvre au chargement des foyers avant le départ du train. On n'a pour ainsi dire pas à surveiller les appareils pendant la marche.

Enfin ces combustibles se prêtent très-bien à l'emploi de chaufferettes, et il faut reconnaître que dans notre climat, avec la durée moyenne des voyages et avec les habitudes prises, les voyageurs demandent avant tout à avoir les pieds chauds.

Ces considérations nous ont conduits à étudier une chaufferette chauffée par des combustibles agglomérés, répondant aux conditions suivantes :

Chargement du combustible par l'extérieur de la voiture;

Mise en place et visite des paniers à combustible indistinctement par les deux côtés du véhicule, pour ne pas avoir à faire le service par l'entre-voie;

Suppression de toute communication entre le foyer et les compartiments ;

Enfin, allumage rapide des charbons.

Nous allons décrire l'appareil qui a été construit d'après ce programme, et qui fut appliqué à une voiture de 3^e classe.

Description. — La chaufferette que représentent les figures de la planche , est construite entièrement en tôle; encastrée dans le plancher, elle chauffe le compartiment dans lequel elle est placée, et le fond et les

deux parois latérales sont formés de trois tôles espacées entre elles qui, recourbées à angle droit à leur partie supérieure, sont rivées à une tôle striée formant le dessus de la chaufferette.

(N) Chaque extrémité de l'appareil est fermée par une tôle verticale, dans laquelle est pratiquée une ouverture que ferme une porte à deux vantaux, montée sur charnières et qu'un verrou maintient en place.

e) L'air nécessaire à la combustion pénètre dans la chaufferette par des trous percés dans les portes et dont on règle l'ouverture au moyen d'un petit registre en tôle mince; cet air pénètre en outre par des trous percés dans les trois enveloppes au centre du fond de la chaufferette.

== Au milieu de celle-ci, et sur chacun de ses côtés, quatre tubes en cuivre rouge traversent les trois enveloppes; ils sont destinés à la sortie de la fumée. Des écrans en tôle sont placés dans la chaufferette devant l'ouverture de ces tubes, afin de s'opposer aux rentrées d'air qui gêneraient la sortie des gaz.

Pour la préserver du rayonnement direct du combustible, qui la porterait à une trop haute température, la face supérieure de la chaufferette est doublée par une tôle horizontale régissant dans toute la longueur de l'appareil.

Paniers à combustibles. — Les charbons allumés sont placés à côté les uns des autres et sur un seul rang dans des paniers en tôle ayant la forme d'une caisse plate. Les côtés longitudinaux de ces paniers sont perforés, et au-dessus du fond est disposée une claié en fil de fer, afin que l'air atteigne les charbons sur toute leur surface.

Les paniers portent aux extrémités des poignées de forme telle qu'elles s'accrochent indistinctement les unes

aux autres et qu'elles ne peuvent plus se séparer une fois les paniers engagés dans les chaufferettes.

Cette disposition permet d'introduire et de retirer les deux paniers par l'une ou l'autre des extrémités de la chaufferette, et d'éviter ainsi le service par l'entre-voie.

Pour s'opposer au ballotement des paniers dans la chaufferette, on a limité leur jeu au milieu de l'appareil par les écrans placés devant les tubes à fumée, et aux extrémités par des tôles verticales terminées par des plans inclinés. ②

Dégagement d'air chaud dans la voiture. — L'air extérieur peut s'introduire entre les deux enveloppes extérieures par des trous ovales placés aux extrémités et en dessous de la chaufferette. Cet air s'échauffe au contact des parois du foyer, puis, par des fentes longitudinales ménagées au milieu de l'appareil, il pénètre dans l'espace compris entre la tôle striée et le dessus du foyer. De là l'air chauffé se dégage dans le compartiment par une bouche de chaleur rectangulaire dont on peut régler l'ouverture. ①

Couche d'air isolante. — L'air renfermé entre les deux enveloppes extérieures ne sert que de couche isolante. ②

Installation de l'appareil. — La chaufferette est encastrée dans le plancher, sur lequel elle repose par la saillie de sa face supérieure.

Des traverses rapportées entre les brancards de caisse soutiennent les extrémités des frises du plancher, coupées par le passage des chaufferettes.

Surhaussement de la caisse de la voiture sur son châssis. — Pour introduire les paniers à combustibles par l'extérieur



des voitures sans couper ni même entailler les brancards de caisse, nous nous sommes décidés à surhausser la voiture, ce que nous avons fait au moyen de pièces de bois placées sous chacune des traverses de caisse.

La hauteur intérieure donnée à la chaufferette, l'épaisseur réduite des paniers, enfin l'abaissement du seuil des portes de l'appareil obtenu en terminant en plans inclinés, les deux enveloppes extérieures nous ont permis de réduire ce surhaussement à 0^m050. Les paniers, pour pouvoir être introduits, doivent être inclinés, mais l'obliquité nécessaire ne gêne aucunement la manœuvre. L'augmentation de la hauteur d'emmanchement est admissible; pour la partager nous avons simplement interposé une cale de 0^m025 sous la petite palette de marchepied; les attaches de la caisse au châssis sont donc les seules ferrures à modifier.

Fourneau pour l'allumage du combustible. — Nous avons construit un fourneau pour l'allumage du charbon nouveau qui nous servait pour nos essais. Les charbons, placés sur un gril, étaient exposés à la flamme d'un feu de bois clair; trois grils, contenant chacun la charge d'un panier, étaient superposés dans le fourneau, et on les rapprochait successivement du feu de façon à rendre continue l'opération de l'allumage.

er Cet appareil n'a donné que de très-médiocres résultats; il fallait une heure et demi pour l'allumage des 25^{kg} de combustible nécessaires au chauffage d'une 3^e classe; cet insuccès est dû principalement à la difficulté d'allumage qu'offre le charbon nouveau.

Combustibles Grandjean et Cohen. — Pendant le cours de nos essais, MM. Grandjean et Cohen nous présentèrent

successivement deux combustibles agglomérés en briquettes rectangulaires.

Le charbon de bois formait le principal élément de ces charbons, de qualités à peu près identiques.

Le prix du charbon Grandjean était de 22^f50 les 100^{kg} et celui du charbon Cohen de 30^f les 100^{kg}.

Une briquette de ces charbons, exposée à la flamme d'un bec de gaz, s'allumait parfaitement au bout d'une minute, mais la combustion ne se continuait pas toujours progressivement comme l'annonçaient les fournisseurs. Ces deux combustibles se brisaient facilement et s'effritaient même par la trépidation de la marche de la voiture. Nous avons eu surtout avec le charbon Grandjean des extinctions dues à ce que les parties incandescentes se détachaient ainsi de la briquette. La friabilité de ces combustibles serait en service une cause de déchets considérables que l'on ne saurait évaluer à moins de 25 %.

Résultats calorifiques. — Nous indiquerons séparément les résultats calorifiques donnés par chacun des combustibles agglomérés dont nous avons fait usage.

Durant toutes les expériences, la voiture ne fut occupée que par l'expérimentateur et les portes et fenêtres étaient tenues fermées.

Emploi du charbon nouveau. — En chauffant les cinq chaufferettes avec du charbon nouveau, nous avons trouvé que la température moyenne dans la voiture s'élevait de 70°,3 au-dessus de la température extérieure.

A 6^m,30 du plancher on constatait 3° de plus que sous le pavillon.

La chaleur se répartissait assez également en tous les points du véhicule; l'on ne constatait pas, en effet, d'écarts

Végét. à Port Leta (70)

supérieurs à (70°) entre les thermomètres placés au milieu et aux deux extrémités de la voiture.

La moyenne des constatations faites pendant la durée de la combustion, qui variait de six à neuf heures, donna une température de 47° au contact des chaufferettes / mais la chaleur n'était pas uniforme en tous les points des chaufferettes : nous avons trouvé des différences de 35°.

La température atteignait son maximum presque immédiatement après la mise en place des paniers à combustible; elle s'est élevée jusqu'à 87° dans certains essais. A partir de ce maximum, la température s'abaissait d'une façon continue et très-rapide; au bout de six heures, elle n'était plus que de 40°.

Charbon Cohen. — Nous n'avons pu essayer les briquettes Cohen que dans une seule chaufferette. La température de la tôle striée était de 50° une heure et demie après la mise en place des paniers; elle atteignait un maximum de (12°) au bout de trois heures; enfin elle revenait à 50° sept heures et demie après le chargement.

Les charbons étaient complètement brûlés huit heures et demie après l'allumage.

Charbon Grandjean. — Le charbon Grandjean ne fut également expérimenté que dans une seule chaufferette.

Une heure et demie après la mise en place des paniers, la température au contact de la chaufferette était de 50°; trois heures après, on obtenait un maximum de 96°; enfin, au bout de sept heures la température était retombée à 50°.

La durée totale de la combustion a été de sept heures.

Résumé des expériences. — Dans le tableau (suivant) nous

02

voit

page 257

Appareil à chaufferettes avec combustibles agglomérés de la Compagnie de l'Est, monté sur la voiture de 3^e classe C 4286.

DATE de L'ÉPREUVE	NOMBRE du train	CONSOMMATION pour les CINQ COMPARTIMENTS		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET UTILE	TEMPÉRATURE MOYENNE sur les chauffe- rettes	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température de l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		par heure de marche	par heure de stationnement		extérieure	intérieure				
9 déc. 1874.	Stat	kilog. »	kilog. »	pluie	+ 7.1	degrés 15.1	degrés 8	degrés 48.3	degrés 5.5	Charbon nouveau. { Voiture fermée, Combustion très-incomplète. Température prise sur la chaufferette du milieu de la voiture.
10 —	35	»	»	beau	+ 4.3	10.2	5.9	33.5	7	do { Voiture fermée, Combustion très-incomplète.
21 —	Stat	»	2.300	»	+ 1.1	»	»	47.7	»	do { Voiture fermée. Registres des portes complètement ou- verts.
5 janv. 1875.	35	3.000	»	couvert	+ 8.1	+ 14.7	6.8	46.7	7	do
25 —	35	2.500	»	beau	+ 9.3	+ 13.3	4	38.4	5	do
17 fév. 1875.	Stat	»	1.500	»	+ 5.1	»	»	73.9	»	Briquette Colchen. { Voiture fermée, Expérience faite sur une seule chauffe- rette.
18 —	35	1.750	»	»	+ 2.8	»	»	49.3	»	do
22 mars 1875.	35	2.000	»	»	+ 3.1	»	»	46.4	»	Briquette grandjean. { Voiture fermée, Expérience faite sur une seule chauffe- rette. Les registres des deux portes complètement ouverts une heure après le départ.

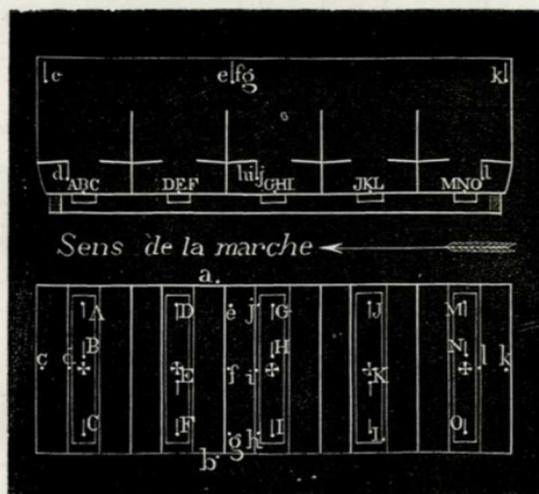
résumons les expériences diverses faites sur la voiture de 3^e classe munie de chaufferettes.

Expérience en marche du 5 janvier 1875. — Nous indiquerons ici tous les résultats obtenus dans l'une des expériences qui ont été faites en marche avec le charbon nouveau.

On remarquera les différences que présentent les températures observées à un même moment et la rapidité de leur décroissance.

Sur la planche n° 28 nous avons reproduit par des courbes les variations des thermomètres G, H, I, placés sur la chaufferette du compartiment du milieu, *c, d, f, i, k, l*, suspendus dans la voiture, et enfin du thermomètre *a*, exposé à l'air extérieur.

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Tableau des Températures.

HEURES	THERMOMÈT. extérieurs		INDICATIONS DES THERMOMÈTRES INTÉRIEURS													INDICATIONS DES THERMOMÈTRES PLACÉS SUR LES CHAUFFÉTTES													OBSERVATIONS	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
soir	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	deg.	
1 ^h	+ 9	+ 9	43	40,5	44	45	44	45	48	45	43	47	50	67	67	85	44	80	80	37	78	32	70	87	81	95	61			Temps convert.
2	9	9	43	40,5	46	46,5	46	45	50	46	45	48	52	70	67	83	40	67	70	32	77	51	68	72	70	47	46			do
3	8,5	8,5	43	46	45	46	46	47	50	46	44	47	52	52	53	72	37	61	61	51	68	43	42	57	64	59	32			do
4	8	8	42	45	44,5	45	45	45	49	46	43	45	51	47	47	62	34	57	61	43	55	36	53	47	55	52	25			Phlo.
5	6	7	41	43	43	44	43,5	44,5	47	44	42	44	47	51	51	53	48	51	41	46	27	26	58	58	58	25	20			Temps convert.
6	7	8	40	41	42	43	43	42	46	43	41	42	43	49	51	47	24	28	37	34	30	17	21	25	25	23	13			do

Consommation de combustibles et prix de revient du chauffage. — Pour obtenir les résultats calorifiques ci-dessus indiqués, on chargeait dans chaque chaufferette les poids de combustible suivants :

4 ^{kg}	de charbon nouveau,
3 ^{kg}	— Cohen,
2 ^{kg} ,7	— Grandjean.

D'après la durée moyenne de la combustion de ces agglomérés, la consommation par heure de chauffage a été, pour une voiture de 3^e classe, de :

2 ^{kg} ,500	de charbon nouveau,
1 ^{kg} ,750	— Cohen,
2 ^{kg}	— Grandjean.

Le chauffage d'une voiture de 3^e classe reviendrait donc par heure, d'après les prix précédemment indiqués, à :

2 ^{kg} ,5	× 0 ^f ,16	= 0 ^f ,40	en employant le charbon nouveau,
1 ^{kg} ,75	× 0 ^f ,30	= 0 ^f ,525	— — Cohen,
2 ^{kg}	× 0 ^f ,225	= 0 ^f ,45	— — Grandjean.

Dépenses d'installation des chaufferettes dans les voitures.

— D'après nos évaluations, les dépenses nécessaires pour la confection des chaufferettes, leur installation dans les voitures et le surhaussement de ces dernières, s'élèveraient aux chiffres suivants :

480 ^f	par voiture de 1 ^{re} classe (à trois compartiments),
630 ^f	— — 2 ^e — (à quatre —),
780 ^f	— — 3 ^e — (à cinq —).

Dans ces chiffres, la dépense du rehaussement entre pour 100^f par voiture en moyenne.



Conclusions des expériences faites sur les chaufferettes et sur les combustibles agglomérés. — Pour assurer le succès du chauffage à l'aide de charbons agglomérés brûlant dans des chaufferettes, il faut un combustible s'allumant facilement, brûlant avec lenteur, régularité et constance, enfin dont on puisse faire varier la durée de combustion par de simples changements de dimensions. Il faut que ce combustible soit assez solide pour résister sans trop de déchets aux manipulations, et que, de plus, il ne se désagrège pas sous l'action de la chaleur.

Aux prix actuels, le chauffage par combustibles agglomérés coûte cinq fois plus que le chauffage au moyen des appareils où l'on brûle du coke.

Il faudrait donc que, tout en améliorant considérablement la qualité des agglomérés, on parvint à en diminuer notablement les prix, et ce résultat nous paraît fort difficile à atteindre. Il n'a pas été obtenu en Allemagne où les agglomérés sont très-employés dans les caisses de chauffage disposées sous les sièges.

On peut songer à diminuer la consommation des agglomérés en limitant la surface en ignition : la proposition en a été faite ; mais il en résulte de telles complications dans les appareils, que nous avons rejeté promptement cette idée.

Nous nous résumons donc en disant que la possibilité de chauffer des voitures au moyen de charbons agglomérés brûlant dans des chaufferettes nous semble dépendre exclusivement de la nature et du prix du combustible employé. De notables progrès ont été faits dans la fabrication de ces charbons qui atteignent presque les conditions voulues de qualité et de durée au feu ; mais ces combustibles coûtent encore 300^f la tonne, et tant qu'on ne sera



EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

pas parvenu à les produire à 100' au maximum, il n'est point téméraire de dire qu'ils n'entreront pas dans le domaine pratique. Le chauffage des voitures ne peut, en effet, être appliqué d'une manière générale que s'il est susceptible d'une solution économique.

CHAPITRE VIII

ESSAIS ET EXPÉRIENCES SUR LE CHAUFFAGE DES VOITURES AU MOYEN D'UN COURANT D'EAU CHAUDE CIRCULANT DANS DES APPAREILS FIXES (THERMO-SYPHON).

APPAREILS A CIRCULATION D'EAU, SYSTÈME WEIBEL ET BRIQUET.

Au moment où la Compagnie de l'Est entreprit ses études, la Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale chauffait, depuis le commencement de l'hiver 1872-1873, un certain nombre de ses voitures au moyen d'un appareil construit par MM. Weibel et Briquet, de Genève.

Principe de l'appareil. — Dans cet appareil, l'eau que contient une chaudière placée sous la caisse de chaque véhicule s'échauffe au contact d'un foyer central, et se distribue dans des tuyaux de chauffe horizontaux placés sous les banquettes au moyen d'une canalisation horizontale et verticale fixée en partie à l'intérieur de la caisse. Dans ce système, l'eau est donc employée comme véhicule de chaleur.

L'intérieur de la canalisation communiquant avec l'at-

mosphère, on n'a pas à redouter le danger d'explosion.

Cet appareil, absolument assimilable aux thermosiphons employés au chauffage des maisons et des serres, présentait évidemment, dès l'abord, par sa tuyauterie étendue, de sérieux inconvénients pratiques. Néanmoins nous avons jugé utile de l'étudier attentivement pour nous rendre compte de son mode de fonctionnement et des perfectionnements dont il peut être susceptible.

Appareils Weibel et Briquet montés par la Compagnie de l'Est. — Deux appareils, ne différant entre eux que par le diamètre des tuyaux de conduite d'eau et par la position de la chaudière, ont été montés sur des voitures de 3^e classe de la Compagnie de l'Est.

Nous décrirons d'abord celui qui nous semble présenter les meilleures dispositions. Il est dessiné sur la planche n° 23 et nous le désignerons sous le nom d'*Appareil n° 1*.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL N° 1.

L'appareil n° 1 a été monté sur une voiture de 3^e classe, dont le compartiment de l'extrémité voisine de la chaudière était séparé des autres par une cloison pleine allant du plancher au pavillon, les quatre autres compartiments restant en communication en dessous des banquettes et au-dessus des appuie-têtes.

Chaudière. — La chaudière, représentée en détail par les figures 4, 5 et 6 de la planche n° 23, est circulaire. Entre ses parois, l'eau vient s'échauffer au contact du foyer placé au centre. Fondue d'une seule pièce, la chaudière est fermée en dessus par une couronne qui porte la tubulure

destinée au départ de la fumée. Cette pièce est surmontée du couvercle du foyer avec lequel fait corps la trémie servant au chargement du combustible.

Position de la chaudière. — La chaudière (voir figures 4, 2 et 3, planche n° 23) est montée à l'une des extrémités de la voiture, dans l'angle du brancard et de la traverse extrême, en dehors et en dessous de la caisse.

La trémie, de peu de longueur, se relève à fleur du brancard de caisse et est fermée par un couvercle à charnière que maintient en place l'inclinaison même du bec de la trémie.

Départ de la cheminée. — Le tuyau de fumée sort horizontalement du dessus de la chaudière, et, après avoir passé sous l'extrémité de la traverse extrême, se relève presque sur l'angle du panneau de bout.

Il était donc exposé à tous les courants d'air résultant de la marche du train. Ayant reconnu les inconvénients de cette disposition, nous avons ramené la cheminée vers le milieu du panneau, ainsi que le représentent les figures 2 et 3.

Contenance de la chaudière. — Le foyer et la trémie peuvent ensemble contenir 13^{ks} de coke de gaz.

Grille. — La grille est en fonte, de forme circulaire et munie de pattes en saillie s'engageant entre des oreilles venues de fonte sur le fond de la chaudière. Elle est maintenue en place par un axe servant à l'articulation, et par un verrou mobile, disposition qui permet de faire rapidement tomber le feu.

La grille est placée à découvert sous la chaudière, les

barreaux formant, avec l'axe de la voiture, un angle de 45°.

Canalisation. — La canalisation des appareils Weibel et Briquet est faite au moyen de tuyaux en fer à gaz; les tuyaux de chauffe et les deux extrémités des conduites de départ et de retour sont en cuivre rouge.

Les figures 1, 2 et 3 de la planche 23 indiquent les dispositions adoptées pour cette canalisation.

Conduite de départ d'eau. — Le tuyau de départ d'eau se raccordant avec une tubulure située à la partie supérieure de la chaudière, pénètre dans la caisse en traversant le plancher presque au-dessus de la chaudière et aboutit à un tuyau de chauffe placé en long sous la banquette du compartiment du bout. A l'extrémité de ce tuyau de chauffe la conduite se relève verticalement dans l'angle opposé à la chaudière et, arrivée à la hauteur des courbes, court horizontalement le long du battant du pavillon jusqu'à l'aplomb du dernier siège double de l'autre extrémité de la voiture. A ce point (fig. 1), la conduite redescend verticalement dans l'angle du dossier et traverse la banquette pour aboutir à un double système de tuyaux de chauffe placé sous les sièges du compartiment extrême et du compartiment voisin. (Fig. 1 et 3.)

Une couple semblable de tuyaux de chauffe se trouve sous la banquette double placée entre le deuxième et le troisième compartiment à partir de la chaudière. Ces tuyaux sont en communication avec la conduite de départ d'eau au moyen d'un branchement descendant le long du dossier des sièges, et contre la paroi latérale de la voiture.

Conduite de retour d'eau. — La conduite de retour d'eau est placée à l'extérieur de la voiture, le long du brancard

du châssis, et du côté opposé au tuyau de départ; elle aboutit à une tubulure placée à la partie inférieure de la chaudière. Les extrémités des tuyaux de chauffe communiquent avec cette canalisation au moyen de branchements verticaux qui traversent le plancher.

Section des conduites. — La conduite de départ a été établie en tuyaux de 0^m,027 de diamètre intérieur depuis la chaudière jusqu'aux tuyaux de chauffe du milieu, et son prolongement en tuyaux de 0^m,021 de diamètre intérieur.

La canalisation de retour est faite en deux sections dont les tuyaux ont exactement les mêmes diamètres intérieurs que ceux qui constituent les deux sections correspondantes de la conduite de départ.

Tuyaux de chauffe. — Les tuyaux de chauffe sont en cuivre rouge de 0^m,090 de diamètre extérieur et d'une longueur de 2^m; ils sont accouplés deux à deux à une de leurs extrémités par un tuyau en fer, comme le représentent les figures 7 et 8, planche n° 23.

Par cette disposition un seul branchement vertical alimente deux tuyaux de chauffe.

Un branchement spécial relie chaque tuyau de chauffe à la conduite de retour, comme le montrent les figures 1, 12 et 13.

Le tuyau de chauffe placé dans le compartiment voisin de la chaudière est en communication directe avec celle-ci, et n'est en somme que le commencement de la conduite de départ dont le diamètre a été porté à 0^m,090 pour augmenter la surface de chauffe sous la banquette.

Vase d'expansion. — Le vase d'expansion (fig. 9 et 10), placé sur le toit de la voiture (fig. 1 et 2) établit la com-



munication de l'appareil avec l'air extérieur, permet la dilatation de l'eau lors de son échauffement, et contient en réserve une certaine quantité de liquide en vue des pertes qui peuvent se produire par évaporation. Ce vase, fait en tôle étamée, est soudé sur la couverture en zinc. Une conduite partant de sa base, et pénétrant dans la voiture, le met en communication avec le tuyau de départ d'eau.

Flotteur. — Un flotteur en zinc (fig. 9), muni d'une tige qui dépasse le vase d'expansion, sert à indiquer la hauteur de l'eau et en même temps à atténuer les mouvements violents du liquide qui pourraient se produire dans les manœuvres des voitures. De plus, un couvercle intérieur, affectant la forme d'un entonnoir, est placé à la partie supérieure du vase d'expansion et offre ainsi une surface oblique sur laquelle viennent se perdre les oscillations du liquide contenu dans le vase. Cet entonnoir est percé pour le passage de la tige du flotteur, et des trous, placés sur sa circonférence, permettent le dégagement de la vapeur et des bulles d'air contenues dans l'eau.

Un couvercle extérieur, que traverse la ligne du flotteur, ferme le vase d'expansion.

Conduite de remplissage de l'appareil. — On remplit l'appareil et on y introduit la quantité d'eau nécessaire pour réparer les pertes, au moyen d'un entonnoir placé contre le vase d'expansion. (Fig. 9 et 11.)

Robinet de vidange. — Sur une tubulure, placée à la partie inférieure de la chaudière, est fixé le robinet destiné à la vidange de l'appareil.

Joints. — Pour les extrémités des conduites de départ

et de retour et pour les milieux des branchements qui relie les tuyaux de chauffe à la conduite de retour, on a adopté des joints à brides ; tous les autres raccords des tuyaux sont faits au moyen de manchons à vis.

Ces joints se sont bien comportés, et nous n'avons eu pendant la durée des expériences qu'une seule fuite un peu sérieuse, qui a été d'ailleurs arrêtée par un simple resserrage.

Volume d'eau contenu dans l'appareil. — La capacité de l'appareil est de 400 litres.

Poids de l'appareil. — On peut évaluer à 400^{kg} le poids total de l'appareil vide.

DISPOSITIONS SPÉCIALES DE L'APPAREIL N° 2.

Comme nous l'avons déjà dit, cet appareil ne diffère du précédent que par la position du montage de la chaudière sur la voiture et par le diamètre des tuyaux de départ et de retour d'eau.

Position de la chaudière. — La chaudière est suspendue sous le plancher de la voiture, à l'intérieur du châssis, contre l'une des traverses extrêmes, entre la tige de tampon et l'attache de l'une des chaînes de sûreté.

La trémie et le tuyau de fumée, partant du dessus de la chaudière, passent à travers le plancher sous la dernière banquette et se dirigent obliquement vers le panneau de fond qu'ils traversent.

La trémie de chargement a, en outre, une position



oblique par rapport à l'axe du châssis, de façon à rapprocher le plus possible son ouverture de la paroi latérale de la voiture.

Contenance de la chaudière. — La chaudière et la trémie contiennent ensemble 16^{hs} de coke à gaz.

Section des conduites de départ et de retour d'eau. — Le diamètre intérieur du tuyau de départ est de 0^m,033 depuis la sortie de la chaudière jusqu'à la rencontre du branchement vertical des tuyaux de chauffe du milieu. A partir de ce point, la conduite est réduite à 0^m,027 de diamètre intérieur.

La conduite de retour a un diamètre intérieur de 0^m,033 dans toute sa longueur.

Position de la cheminée. — Après avoir traversé le panneau de fond de la voiture, la cheminée monte verticalement et se trouve assez voisine du milieu du panneau pour ne pas être frappée par le courant d'air pendant la marche du train.

Volume d'eau contenu dans l'appareil. — Cet appareil contient 120 litres d'eau.

Dépenses d'installation des appareils à circulation d'eau chaude Weibel et Briquet. — Si nous considérons le développement de la tuyauterie et les complications du montage, nous ne croyons pas que l'on puisse estimer à moins de 800^f la dépense de l'installation d'un appareil Weibel et Briquet à une de nos voitures actuelles, cette dépense variant avec le type de la voiture et la disposition adoptée pour les tuyaux de chauffe.

RÉSULTATS CALORIFIQUES.

APPAREIL N° 4.

Résultats des expériences faites avec une voiture spéciale occupée par l'expérimentateur. — **Effet utile.** — La voiture n'étant occupée que par l'agent chargé des essais, et toutes les fenêtres étant tenues constamment closes, l'appareil n° 4 a donné un effet utile moyen de 40°,5.

Résultats obtenus dans les quatre compartiments restés en communication. — Dans les quatre compartiments restés en communication, la chaleur se répartissait comme suit :

Les écarts de température entre les points les plus chauds et les plus froids étaient en moyenne de 4°.

Près du pavillon la température était toujours plus élevée de 2° qu'au niveau du plancher.

Les points les plus froids se trouvaient sous la banquette du compartiment extrême opposé à la chaudière et quelquefois près du pavillon de ce même compartiment.

Le point le plus chaud de la voiture était sous le pavillon, contre la cloison de séparation intérieure du compartiment isolé.

Enfin, l'écart des températures, d'un côté à l'autre de la voiture, était en moyenne de 1°,5, la température étant toujours plus élevée du côté de la conduite d'arrivée d'eau.

Compartiment isolé. — Dans le compartiment isolé du côté de la chaudière, l'air était souvent plus chaud près



du plancher qu'en tout autre point; parfois les températures étaient égales ou supérieures de $0^{\circ},5$ près du pavillon.

Les écarts d'un côté à l'autre du compartiment étaient plus sensibles; ils s'élevèrent à 5° et furent en moyenne de 3° environ.

Temps nécessaire au chauffage des voitures. — Le temps nécessaire pour chauffer la voiture à une température convenable pour être livrée aux voyageurs (soit 10°) était en moyenne de deux heures.

Influence de l'ouverture des portières. — L'ouverture des portières avait une influence assez faible; elle ne déterminait qu'une perte de chaleur de 2 à 3° . Le retour à la température initiale demandait environ une heure.

Influence des chargements. — Les chargements du foyer ne se faisaient pas sentir par un abaissement de température dans l'intérieur de la voiture; avec ces appareils on peut donc limiter le nombre des chargements d'après la consommation du foyer.

Influence du refroidissement de la cheminée. — Comme nous l'avons dit, la cheminée montait primitivement contre l'angle extérieur du panneau de bout. Cette disposition nous a permis de constater l'influence du refroidissement par le courant d'air résultant de la marche du train. L'appareil fonctionnait très-bien lorsque la cheminée se trouvait à l'arrière, tandis que des extinctions fréquentes se produisaient lorsqu'elle était à l'avant. La consommation devenait presque nulle et l'appareil ne chauffait plus. On a reporté la cheminée obliquement vers le milieu du pan-

neau (fig. 2 et 3) pour la garantir dans les deux sens de la marche ; les résultats fournis par l'appareil devinrent alors constants, et simultanément la consommation et la marche du foyer prirent une allure régulière.

Influence du sens de la marche. — Aucune observation n'a pu nous démontrer que le sens de la marche ait eu une influence quelconque sur le fonctionnement de l'appareil, à condition toutefois que la cheminée fût à l'abri des courants d'air.

Voiture occupée par les voyageurs. — Les écarts de température sont moins sensibles lorsque la voiture est occupée par les voyageurs. La différence de température entre le haut et le bas n'a plus été alors que de 1° , la couche d'air près du pavillon étant la plus chaude. L'écart latéral était également réduit à 1° en moyenne.

Résumé des expériences. — Nous résumons dans le tableau ci-après (*voir* page 274) toutes les expériences que nous avons faites sur l'appareil n° 1.

Expérience en marche du 2 mars 1875. — Nous reproduisons *in extenso* le procès-verbal de l'expérience du 2 mars 1875.

Elle montre la lenteur du chauffage à partir du moment où l'on allume le feu dans la chaudière.

Sur la planche n° 29, nous avons tracé les courbes se rapportant au thermomètre extérieur *a* et aux thermomètres intérieurs *d, g, q, r, u, y*.

Pendant toute la durée de cette expérience, la voiture n'a été occupée que par l'expérimentateur, et toutes les ouvertures ont été tenues fermées. (*Voir* à la page 275 la



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST.

Résumé des expériences faites sur l'appareil à circulation d'eau n° 1 (système Weibel et Briquet) monté sur la voiture de 3^e classe C 4261. — Canalisation de 0m,021 et 0m,027 de diamètre.

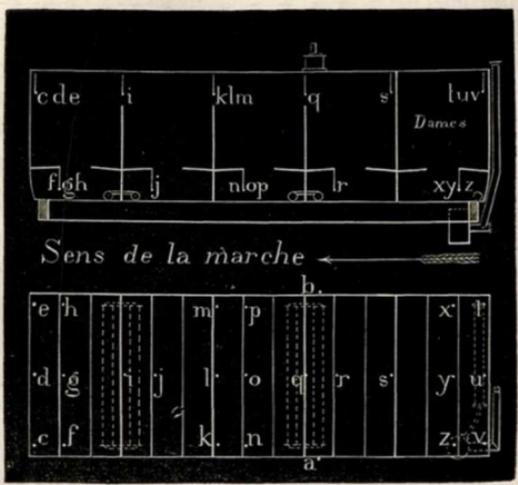
DATE de L'EXPÉRIENCE	NUMÉRO du train	CONSUMMATION PAR HEURE		ÉTAT du TEMPS	TEMPÉRATURES MOYENNES		EFFET	ÉCART MAXIMUM entre la plus haute et la plus basse température l'intérieur de la voiture	OBSERVATIONS
		de marche	de stationnat à Nancy		extérieure	intérieure			
11 janv. 1874,	32	kilog.	kilog.	brumeux	degrés	degrés	degrés	degrés	(Voiture aménagée avec un compartiment de dames isolé; les quatre autres compartiments sont seuls en communication.) Cheminée sur l'angle; quatre des sept intervalles des barreaux de la grille sont bouchés. Coke de gaz. Cheminée sur l'angle; grille entièrement découverte. Coke de gaz. do do do
12 —	35	2.096	0.675	beau	+ 3	13	10	5	
13 —	32	1.440	"	pluvieux	- 4	8	4	3	
20 —	35	2.163	0.707	couvert	-10	21	11	4	
21 —	32	1.275	"	pluvieux	-10,5	15	4,5	2	
24 —	35	2.356	1.111	pluvieux	+ 7,7	20,7	13	5	Cheminée au milieu du panneau de fond; grille complètement découverte. Coke de gaz.
25 —	32	2.199	"	temps clair	+ 3	16	13	7	do
26 —	35	2.125	1.920	beau	+ 4,4	14,8	10,4	8	do
27 —	32	"	"	pluvieux	+ 8	18,9	10,9	6	do
7 fév. 1874,	35	1.866	1.650	couvert	+ 2	12,4	10,4	3,5	do
8 —	32	"	"	nuageux	+ 4,2	13,8	9,6	2	do
15 —	35	"	"	pluie	- 8,2	15,3	7,1	7,1	do
16 —	32	"	"	couvert	- 8,5	15,4	6,9	7	do
29 avril 1874,	stationnat!	"	0.800	"	-16,1	23,8	7,7	"	do
30 —	do	"	0.700	"	-19,1	25,3	6,2	"	do
16 fév. 1875,	35	2.150	"	couvert	+ 4,5	15,5	11	8	do
17 —	32	2.100	0.800	couvert, neige	- 2,8	14,2	11,4	3	do
2 mars 1875,	35	2.119	"	do	- 4,3	12,7	8,4	6	do
3 —	32	2.318	0.846	couvert	+ 3,6	16,2	12,6	7	do

THERMO-SYPHON.

275

disposition des Thermomètres, et à la page 276 le tableau des Températures.)

DISPOSITION DES THERMOMÈTRES.



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

Consommation de combustible. — Nous avons exclusivement employé le coke de gaz pour le foyer de l'appareil Briquet. La consommation moyenne, basée sur l'ensemble de toutes nos expériences, a été de 1^{kg},900 pendant la marche et de 1^{kg},100 pendant le stationnement. La consommation est restée sensiblement la même, quel qu'ait été le sens de la marche, depuis le moment où nous avons reporté la cheminée au milieu du panneau de bout.

Prix de revient du chauffage. — Le prix de revient du chauffage, pour le combustible seul, serait donc de :

$$1^{\text{kg}},900 \times 0',04 = 0',076 \text{ par heure de marche}$$

$$\text{et de } 1^{\text{kg}},100 \times 0',04 = 0',044 \quad \text{d}^{\circ} \text{ stationnement.}$$

APPAREIL N° 2.

Effet utile. — L'appareil n° 2 nous a donné, dans l'intérieur de la voiture, une température supérieure de 14° en moyenne à celle de l'air extérieur.

La répartition de la chaleur était suffisamment bonne, car nous n'avons que 3°,5 d'écart entre les points les plus chauds et les plus froids ; la température était un peu plus élevée sous le pavillon que près du plancher.

Consommation de combustible. — La consommation moyenne du foyer de cet appareil a été de 2^{kg} de coke de gaz pendant la marche et de 1^{kg},300 en stationnement.

Prix de revient du chauffage. — D'après cette consommation, le chauffage d'une voiture reviendrait, comme dépense de combustible seulement, à :

2^{kg} × 0',04 = 0',080 par heure de marche
 et à 1^{kg},300 × 0',04 = 0',052 d° stationnement.

Cause de la différence des effets calorifiques fournis par les deux appareils. — Nous venons d'indiquer que l'effet utile de l'appareil n° 2 a été supérieur de 3°,5 à celui de l'appareil n° 1.

Les consommations de combustible de ces appareils étant à peu près les mêmes, nous attribuons ce résultat à la différence des sections des tuyaux de distribution. D'abord la surface de chauffe est un peu plus considérable ; puis, en augmentant dans la limite du possible le diamètre des conduites, on accélère le mouvement du liquide dans l'appareil. Il résulte de là que l'on maintient



l'eau plus chaude, la température des parois de la chaudière restant sensiblement constante par suite de l'excès de puissance du foyer.

OBSERVATIONS COMMUNES AUX DEUX APPAREILS.

Consommation d'eau. — Pendant nos expériences de 1873-74, les appareils restaient constamment remplis d'eau, et le feu était entretenu pendant le stationnement du train. On se bornait à réparer les pertes résultant de l'évaporation, en ajoutant l'eau nécessaire par l'entonnoir du vase d'expansion.

La perte d'eau par l'évaporation pour chaque voyage d'une durée de trente heures, y compris six heures de stationnement, était de cinq litres en moyenne.

Marche des foyers des appareils. — La conduite des foyers des appareils Weibel et Briquet est facile. La combustion n'est pas assez vive pour que des scories se forment et obstruent la grille; cependant un piquage régulier à des intervalles de trois heures environ nous a paru indispensable pendant les expériences.

Avec la capacité des foyers, deux chargements en route suffisaient pendant les onze heures que durait le parcours du train d'essai.

La disposition évasée des foyers facilitait beaucoup la descente du combustible, qui ne restait que très-rarement suspendu, si ce n'est toutefois dans la trémie contournée de l'appareil n° 2 dont la forme a donné lieu à plusieurs extinctions.

Entretien des appareils. — Pendant les deux hivers



THERMO-SYPHON.

qu'ont duré nos expériences, les dépenses d'entretien ont été sans importance ; aucune partie des chaudières ou des conduites n'a été remplacée par suite d'usure ou de détérioration provenant du fonctionnement des appareils.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES APPAREILS WEIBEL ET BRIQUET.

Bien que les résultats obtenus avec l'appareil de MM. Weibel et Briquet ne nous aient pas entièrement satisfaits, et qu'il soit impossible de considérer cette disposition comme une solution pratique du problème du chauffage, les résultats étaient cependant bien préférables à ceux des appareils à air chaud, et beaucoup mieux appréciés du public.

Avantage dû à l'emploi de l'eau chaude. — Il nous était prouvé qu'on ne pouvait obtenir un chauffage continu qu'en employant comme intermédiaire un corps possédant une capacité calorifique suffisante pour faire en quelque sorte un volant de chaleur mettant les voyageurs à l'abri des brusques changements de température dus aux ouvertures des portières.

On peut reprocher à l'appareil Briquet de donner des températures plus élevées à la partie supérieure que près du plancher, de ne pas permettre aux voyageurs de se chauffer les pieds, et enfin d'exiger une canalisation courante à l'intérieur de la voiture sous le pavillon, dans l'angle des cloisons de séparation et sous les banquettes.

Inconvénients de la canalisation à l'intérieur de la voiture.

— La disposition des tuyaux de conduite à l'intérieur de

la voiture est évidemment vicieuse, parce qu'elle rend difficiles le montage et l'entretien de l'appareil, et principalement parce qu'elle peut entraîner des dégâts si des fuites se produisent dans les joints des tuyaux.

Ces fuites, sans grande importance dans une voiture de 3^e classe, seraient surtout à craindre dans les voitures de 1^{re} et de 2^e classe dont les conduites devraient être en partie placées sous les garnitures.

Excès de puissance des chaudières. — Dans les deux appareils expérimentés, la surface rayonnante était trop faible pour la puissance des chaudières; aussi, lorsque la température extérieure était au-dessus de $+ 5^{\circ}$, l'eau était-elle fréquemment portée à l'ébullition.

Ce fait se produisait surtout en marche, lorsque, le foyer n'étant plus complètement rempli de combustible, toute la masse était en feu. Le flotteur se soulevait alors avec force et un mélange d'eau et de vapeur sortait en abondance par le haut du vase d'expansion. Pour un voyage de onze heures, les pertes par l'ébullition s'élevaient jusqu'à cinq ou six litres.

Excès de surface des grilles. — Les grilles, d'une surface totale de $0^{\text{m}^2},0415$, nous ont paru sensiblement trop grandes pour la quantité de chaleur que devait fournir l'appareil, et pendant les expériences nous les avons successivement réduites en bouchant les intervalles des barreaux extérieurs.

Examen critique des dispositions de détail. — Nous terminerons notre examen critique des appareils Weibel et Briquet par quelques observations relatives à des dispositions de détail dont nous avons pu constater les inconvénients.

Conduit annulaire de fumée dans la chaudière. — La disposition circulaire du conduit de fumée dans la chaudière nous a occasionné quelques difficultés pour le ramonage du bas de la cheminée, qui devait être fait environ après cent heures de fonctionnement.

Orifice du départ de fumée. — Les dimensions de l'orifice du départ de fumée étaient suffisantes lorsque l'appareil était en bon état de propreté ; mais la suie, mélangée à la vapeur d'eau qui se dégage du coke du foyer, formait une pâte qui se déposait sur les saillies du haut de la chaudière, et engorgeait promptement l'orifice du tuyau de fumée.

Une petite ouverture était pratiquée sur la couronne du joint de la chaudière afin de permettre le grattage de ces parties ; mais la forme circulaire de la couronne s'opposait à un nettoyage complet que l'on n'eût pu faire qu'en démontant le dessus de la chaudière.

Direction des barreaux des grilles. — Les barreaux des grilles des deux appareils étaient dirigés obliquement sur l'axe de la voiture. Cette direction rendait difficile le piquage des feux ; il vaut mieux que les barreaux soient perpendiculaires aux brancards.

Position de la chaudière de l'appareil n° 2. — Nous avons dit que la chaudière de l'appareil n° 2 était suspendue sous le châssis de la voiture, vers le milieu d'un des panneaux de fond.

Le chargement de son foyer offrait beaucoup de difficultés : il fallait se placer entre deux voitures pour faire cette opération, et le bec de la trémie se trouvait trop élevé lorsque la voiture n'était pas contre un quai.

En outre, le coke restait facilement suspendu dans la trémie qui atteignait forcément, avec cette disposition, une longueur démesurée, et il était nécessaire d'employer le tisonnier pour faire descendre le combustible.



La chaudière de l'appareil n° 1 n'offrait aucun de ces inconvénients.

ÉTUDE D'UN NOUVEL APPAREIL A EAU CHAUDE.

L'appareil de MM. Weibel et Briquet présentait trois inconvénients principaux : il nécessitait l'établissement, à l'intérieur de la voiture, d'une longue canalisation remplie d'eau chaude; il ne chauffait point les pieds des voyageurs; enfin il consommait trop de combustible.

D'autre part, le chauffage à l'eau chaude offrait de tels avantages comme constance, comme salubrité, comme indépendance du mouvement du véhicule, que nous résolûmes d'étudier les perfectionnements dont ce système est susceptible.

Il nous semblait facile de chauffer les pieds en engageant dans le plancher des boîtes métalliques où l'eau chaude circulerait, et de supprimer la production inutile de vapeur en limitant la combustion par la réduction de la grille et de la hauteur du feu.

Mais, à ce moment, nous ne savions pas si nous obtiendrions une circulation suffisamment active de l'eau dans les chaufferettes en plaçant toute la canalisation en dessous de la face supérieure du plancher de la voiture, et c'était là le résultat essentiel à obtenir.

Pour éclaircir spécialement ce point, nous avons été ainsi conduits à étudier les conditions de fonctionnement des appareils de chauffage à l'eau chaude par *circulation continue*, puis à faire des expériences de laboratoire pour leur application spéciale aux voitures.

Théorie du chauffage à l'eau chaude par circulation conti-



nue ou par thermo-syphon. — Les appareils de chauffage à l'eau chaude par circulation continue, souvent désignés sous le nom de thermo-syphons, consistent en une chaudière sur laquelle vient aboutir une canalisation métallique parcourant les espaces à échauffer. L'appareil étant rempli d'eau, si l'on allume du feu dans la chaudière, le liquide que celle-ci renferme s'échauffe et monte vers la partie supérieure de la canalisation. Mais, vu l'incompressibilité du liquide, le mouvement ne peut se produire que si les couches inférieures viennent prendre successivement la place de la première couche déplacée, et les choses se passent comme si toute l'eau de la canalisation était poussée par un véritable piston. Il s'établit ainsi un courant continu qui a pour effet de ramener constamment à la chaudière, c'est-à-dire à la source de chaleur, le liquide qui a parcouru l'intérieur des tuyaux.

Principe du thermo-syphon appliqué par la Compagnie de l'Est au chauffage des voitures. — Le thermo-syphon, tel que nous le jugions applicable au chauffage des voitures à voyageurs, devait être disposé de la manière suivante :

Des caisses métalliques engagées dans le plancher de la voiture et servant de chaufferettes ; — une chaudière suspendue contre l'un des brancards en dessous de la caisse ; — un tuyau de distribution partant du haut de la chaudière et reliant les extrémités des chaufferettes sur l'un des côtés de la voiture ; — un tuyau de retour monté parallèlement au précédent, rattachant les autres extrémités des chaufferettes, puis aboutissant à la partie inférieure de la chaudière.

Dans ces conditions, une hauteur de chute réduite à 0^m,700 ou 0^m,800 était-elle suffisante pour déterminer dans l'appareil une circulation correspondante à l'émission de



chaleur nécessaire pour le chauffage de la voiture, et que nous estimions comprise entre 2,000 et 4,000 calories à l'heure?

La canalisation étant établie comme nous venons de l'indiquer, des quantités d'eau sensiblement égales passeraient-elles dans les diverses chaufferettes, ou bien, au contraire, constaterait-on sur celles-ci de notables différences de température?

Nécessité de faire des expériences. — Le calcul seul ne permet pas de répondre à ces questions, un trop grand nombre de causes variables agissant sur le fonctionnement d'un thermo-siphon (1).

Nous devons donc résoudre le problème expérimentalement, et cela nous conduisit à construire sur des tréteaux un appareil fixe présentant les principales dispositions de celui que nous voulions appliquer aux voitures.

Disposition de l'appareil d'essai. — Cinq tuyaux en cuivre de 0^m,090 de diamètre extérieur et de 2^m de longueur furent disposés horizontalement sur des chevalets; on les plaça parallèlement les uns aux autres et à des intervalles égaux à ceux auxquels seraient établies, dans une voiture de 3^{me} classe, les chaufferettes qu'ils figureraient. (*Voir le croquis ci-contre.*)

Ces tuyaux étaient reliés par leurs extrémités à deux conduites composées de tubes en fer de 0^m,033 de diamètre intérieur et 0^m,042 de diamètre extérieur.

(1) Au point de vue de l'analyse, le problème est complètement déterminé; mais on arrive à des équations et surtout à des intégrations tellement compliquées, qu'il nous a paru impossible d'obtenir par ce moyen aucune formule pratique. La question mériterait, pensons-nous, de tenter l'effort des géomètres.

La conduite qui devait servir de tuyau d'arrivée de l'eau chaude communiquait avec la partie supérieure des tuyaux-chaufferettes, tandis que les raccords établis entre celles-ci et l'autre conduite formant le retour d'eau aboutissaient à la partie inférieure des tuyaux-chaufferettes.

Une petite chaudière verticale nous servait à chauffer l'eau ; elle portait deux tubulures latérales distantes, d'axe en axe, de 0^m,330 et placées l'une au-dessus de l'autre, sur la même génératrice. Au moyen de tubes en caoutchouc, la tubulure inférieure communiquait avec le tuyau de retour, tandis que la tubulure supérieure était reliée avec l'un des tuyaux-chaufferettes. L'eau, après avoir traversé ce tuyau, se distribuait par le tube d'arrivée entre les quatre autres semblables.

La chaudière fut placée successivement dans deux positions différentes, par rapport aux chaufferettes. D'abord elle fut montée en face de l'une des chaufferettes extrêmes, puis vis-à-vis de celle du milieu. Dans cette disposition, l'eau, après avoir traversé le tuyau, se divisait en deux courants opposés et qui n'alimentaient plus chacun que deux chaufferettes.

Un vase cylindrique, monté à l'extrémité du tuyau d'arrivée, servait de vase d'expansion, et mettait en communication l'intérieur de l'appareil avec l'atmosphère.

De petites viroles, soudées aux deux extrémités des cinq tuyaux-chaufferettes et sur les tubulures de la chaudière, permettaient de plonger des thermomètres dans le liquide et de suivre ainsi constamment les variations de la température de l'eau dans toutes les parties de l'appareil.

Dans toutes nos expériences, la hauteur de chute fut de 0^m,610.

En ne tenant pas compte de la chaudière, l'appareil contenait 60 litres d'eau, sa surface de chauffe était de 4^{m²},700



(dont $2^{\text{m}^2},059$ de canalisation), et il pesait $141^{\text{kg}},400$, poids dans lequel le cuivre entrait pour $51^{\text{kg}},755$ et le fer pour $89^{\text{kg}},645$.

L'appareil fut monté dans une vaste salle close dont la température restait sensiblement constante pendant la durée de chaque expérience.

Résultats des expériences. — L'appareil étant ainsi disposé, nous avons constaté que l'eau qu'il contenait pouvait être maintenue à une température constante et supérieure de 66° en moyenne à celle de l'air de la pièce.

La faible hauteur de chute de $0^{\text{m}},610$ suffisait pour déterminer le mouvement de l'eau ; la circulation se faisait même dans la cinquième chaufferette lorsque la chaudière était montée à l'une des extrémités de l'appareil.

Ce thermo-siphon pouvait émettre jusqu'à 3,000 calories par heure.

Chaleur émise. — Pour nous rendre compte directement de l'émission de chaleur, nous avons à un certain moment supprimé les deux communications avec la chaudière, en pinçant les tubes en caoutchouc, puis nous avons noté les températures décroissantes marquées par les thermomètres plongés dans le liquide, et le temps écoulé entre chaque observation.

Connaissant le poids de l'eau contenue dans l'appareil et ceux du cuivre et du fer des pièces qui le constituent, nous avons pu calculer le nombre de calories émises par heure pour différentes valeurs de l'excès de la température de l'eau sur celle de la pièce.

C'est d'après cette méthode que nous évaluons à 2,927 calories la quantité de chaleur émise par heure pour un excès de 66° .

Vitesse de l'eau. — Dans une expérience qui nous donna précisément cet excès de 66° , l'eau sortait de la chaudière à 89° et y rentrait à 72° .

D'après la quantité de chaleur émise, nous concluons qu'en une heure $172^{\text{m}},2$ d'eau devaient passer par la chaudière. Par suite, la vitesse de l'eau dans le tuyau de retour était de $0^{\text{m}},0579$.

Dans d'autres expériences, la vitesse calculée varia de $0^{\text{m}},045$ à $0^{\text{m}},058$.

Constatation expérimentale de la vitesse. — En remplaçant un des tuyaux en fer de la canalisation par un tube en verre, et en mettant en suspension dans l'eau de la sciure de bois, nous avons pu, par ce procédé, constater expérimentalement que la vitesse des filets variait de $0^{\text{m}},020$ à $0^{\text{m}},060$ suivant la distance du filet à la paroi du tube.

Travail dépensé pour maintenir le liquide en mouvement. — Le travail créé par les frottements et par les changements de vitesse et de direction qu'il faut dépenser pour maintenir le liquide en mouvement est extrêmement faible. Dans nos expériences, il a toujours été inférieur à $0^{\text{kgm}},005$ par seconde.

Distribution de la chaleur dans les chaufferettes. — Comme nous l'avons déjà dit, la circulation de l'eau s'est produite dans toutes les chaufferettes. Les températures indiquées par les thermomètres plongés dans les tuyaux de chauffe étaient peu différentes. D'autre part, nous avons pu constater expérimentalement qu'il existe dans l'appareil que nous venons de décrire deux courants distincts : un premier courant principal, partant de la chaudière et y revenant après avoir parcouru la canalisation extérieure, et une série de courants secondaires partant du point de soudure de



chaque tuyau transversal. Les dérivations obtenues par l'interposition des tuyaux transversaux ont donc pour conséquence d'accélérer la rentrée du liquide dans la chaudière et, par suite, d'améliorer le fonctionnement de l'appareil.

Le thermomètre plongé à l'extrémité de la chaufferette où arrivait l'eau de la chaudière et celui qui était placé à la sortie de la dernière chaufferette présentaient des écarts moyens de $14^{\circ},44$ quand la chaudière était montée en bout, et de $12^{\circ},10$ quand elle était montée au milieu de l'appareil.

Position de la chaudière par rapport aux chaufferettes. — De ce qui précède, nous devons conclure qu'il y a intérêt, au point de vue de la répartition de la chaleur dans les voitures, à monter la chaudière vers le milieu de l'appareil, surtout s'il s'agit de voitures de 2^e et de 3^e classe.

C'est après avoir procédé à ces expériences préparatoires que nous avons étudié et appliqué l'appareil que nous allons décrire.

APPAREIL A CIRCULATION D'EAU CHAUDE AVEC CHAUFFERETTES, TYPE *EST*, 1873.

Les résultats de nos expériences nous décidèrent à monter sur une voiture de 3^e classe un thermo-siphon formé de chaufferettes encastrées dans le plancher et alimentées par une canalisation entièrement établie au niveau du plancher.

Pour hâter la construction, nous primes la voiture sur laquelle était appliqué l'appareil n^o 2 de MM. Weibel et Briquet; on utilisa la chaudière sans en changer la position de montage, et aucune modification ne fut apportée à la

trémie de chargement du combustible, ni à la grille, ni à la cheminée.

Canalisation. — Notre thermo-siphon était disposé comme suit :

La conduite de départ pénètre dans la voiture presque au dessus de la chaudière et se prolonge le long du panneau de fond jusqu'à l'angle de la voiture, en se maintenant à 0^m,50 au-dessus du plancher. La conduite se contourne alors pour suivre le côté longitudinal de la voiture, le long du brancard de caisse, en restant encastrée dans le plancher. L'entaille ainsi produite est recouverte, à l'endroit des passages, par une tôle mince vissée sur le plancher.

Des tubulures, se terminant par des joints à brides, sont rapportées sur la conduite de départ dans l'axe de chaque compartiment et se raccordent avec les chaufferettes.

Le retour d'eau se fait par une conduite placée longitudinalement le long du brancard du châssis à 0^m,180 en dessous du plancher et du côté opposé au tuyau de départ.

Cette conduite porte des raccords verticaux se reliant à chaque chaufferette et aboutit à la partie inférieure de la chaudière ; elle est placée horizontalement, ce qui facilite le travail d'installation, — puisque alors tous les raccords sont de même longueur, — sans ralentir cependant la circulation de l'eau.

Les conduites sont en cuivre rouge de 0^m,029 de diamètre intérieur et de 0^m,033 de diamètre extérieur pour le départ, de 0^m,038 et 0^m,042 pour le retour. Le cuivre rouge a été employé sur la voiture d'essai pour faciliter et hâter la construction ; mais la canalisation d'un appareil définitif devrait, à notre avis, être composée de tubes en fer.

Chaufferettes. — Les chaufferettes sont en fonte, en

forme de boîtes rectangulaires, ouvertes aux deux extrémités, et sont fermées par des couvercles à joints plats.

Le couvercle placé du côté de l'arrivée d'eau reçoit sur sa face extérieure oblique le joint à bride du tuyau de distribution. Ce tuyau aboutit à la partie supérieure de la chaufferette.

La sortie de l'eau se fait à l'autre extrémité de la chaufferette par un tuyau débouchant à la partie inférieure et se raccordant avec la conduite de retour.

Le dessus de la chaufferette est strié à 0^m,008 de profondeur afin qu'on ne puisse glisser sur sa surface.

Son épaisseur totale est de 0^m,013 du côté de l'arrivée d'eau et se trouve portée à 0^m,018 du côté opposé.

Cette disposition a été adoptée pour éviter que l'air ne séjourne dans l'appareil lors de son remplissage.

Les chaufferettes affleurent le niveau du plancher et présentent chacune une surface de rayonnement de 0^m,200 de largeur sur 2^m,185, soit 0^m2,437.

Montage des chaufferettes. — Les extrémités des lames du plancher, aboutissant contre chaque chaufferette, sont soutenues par deux traverses en chêne de 0^m,085 sur 0^m,080 fixées aux brancards de cette caisse.

Contre le dessous de ces traverses est cloué un plancher de 0^m,025 d'épaisseur qui constitue ainsi une boîte dans laquelle est placée la chaufferette.

Cette boîte est fermée à ses extrémités par des traverses placées de telle sorte que les joints des tuyaux de raccord restent accessibles.

Pour éviter les pertes de chaleur par les faces latérales et inférieure, on a rempli de sciure de bois le vide existant entre la boîte et la chaufferette.

Quatre oreilles venues de fonte aux extrémités des chauf-

ferettes servent à les fixer par des vis sur les traverses en chêne.

Vase d'expansion. — La disposition vicieuse du vase d'expansion de l'appareil Briquet sur le toit de la voiture nous a conduits à placer celui de notre appareil contre un des panneaux des bouts de la voiture, en baissant considérablement son niveau, ce qui devenait possible après avoir ramené le point le plus haut des conduites à 0^m,050 au-dessus du plancher.

Dans la crainte qu'une certaine quantité d'air ne restât emprisonné dans les chaufferettes, nous avons placé un vase d'expansion à chaque extrémité de la voiture, en les faisant communiquer tous deux avec la conduite de départ qui est plus élevée que celle de retour.

Les vases d'expansion ont la forme de prismes rectangulaires ; ils sont en tôle et montés sur une embase en fonte qui reçoit le joint de raccord avec les conduites. Leur hauteur, par rapport au niveau de remplissage, est assez grande pour que les mouvements brusques des voitures ne puissent projeter de l'eau en dehors.

Flotteurs. — Des flotteurs mobiles sont placés à l'intérieur des vases ; les tiges qu'ils portent indiquent le niveau de l'eau dans l'appareil.

Conduite de remplissage. — Un entonnoir, muni d'un robinet de fermeture et placé contre l'un des vases d'expansion, sert au remplissage de l'appareil par un tuyau aboutissant près de la tubulure inférieure de la chaudière, point le plus bas de l'appareil.

Dilatation de la conduite de départ d'eau. — L'eau, arri-

vant dans le tuyau de départ à une température qui peut atteindre 100° , déterminait une dilatation notable des parties métalliques; d'un autre côté, la conduite, formant une ligne droite d'un bout à l'autre de la voiture, ne pouvait céder sur aucun point, et, par suite de son allongement, agissait obliquement sur les joints de raccord avec les chaufferettes, les décollait et déterminait des fuites qui s'arrêtaient toujours lorsqu'on laissait refroidir l'eau.

Il s'agissait donc simplement de rendre la conduite flexible, et nous y sommes parvenus en la cintrant, entre les chaufferettes, en forme de boucles horizontales.

Alors la dilatation s'est faite sans difficulté et sans fatigue; les joints ont toujours bien résisté depuis ce moment.

Surface de chauffe. — Les faces supérieures des cinq chaufferettes présentent une surface de $2^{\text{m}^2},185$; la surface de la conduite d'arrivée est de $0^{\text{m}^2},950$; la surface de chauffe totale de l'appareil dans l'intérieur de la voiture est donc de $3^{\text{m}^2},135$.

Capacité de l'appareil. — La capacité de l'appareil est d'environ 120 litres.

Résultats des expériences faites avec une voiture spéciale, ne contenant pas de voyageurs. — **Effet utile.** — Lorsque la voiture munie de cet appareil était complètement fermée et ne contenait pas de voyageurs, sa température moyenne intérieure s'est élevée à $12^{\circ},5$ au-dessus de celle de l'air extérieur.

La répartition de la chaleur a été très-satisfaisante.

Les thermomètres placés près du plancher marquaient $3^{\circ},8$ de plus que ceux fixés sous le pavillon.

Le point le plus froid de la voiture se trouvait toujours

près du pavillon, contre le panneau du bout opposé à la chaudière, tandis que la plus forte chaleur se produisait près du plancher du compartiment touchant à la chaudière.

L'écart entre ces deux points a été de 8° à 9° .

Dans le sens latéral, la température était uniforme près du pavillon; mais à $0^m,20$ du plancher l'air du côté de la conduite de départ était plus chaud de $1^{\circ},7$.

Températures au contact des chaufferettes. — La moyenne de toutes les expériences nous donna au contact des chaufferettes une température de 57° .

Nous considérons ce résultat comme très-satisfaisant, cette température ne pouvant guère être dépassée sans devenir gênante pour les voyageurs.

La température des chaufferettes fut assez régulière, l'écart moyen sur une même chaufferette étant de 5° et ne dépassant jamais 10° .

La différence entre le point le plus chaud et le point le plus froid de toutes les chaufferettes de la voiture examinées au même moment fut ordinairement de 11° à 12° et ne dépassa pas 17° .

La température constatée sur la chaufferette du compartiment voisin de la chaudière n'était que très-peu supérieure à celles qu'indiquaient les thermomètres posés sur les chaufferettes des deux compartiments suivants; la chaufferette du quatrième compartiment donnait en moyenne une température de 5° plus basse que les précédentes, et celle du compartiment extrême, fournissant les résultats les moins favorables, présentait avec la chaufferette de l'autre extrémité de la voiture un écart qui fut en moyenne de 14° .

Influence du sens de la marche. — Malgré la position de