



Soit, pour la durée du chauffage :

Heures de marche . . . . .	6,575	×	156	=	1,025,700
	8,563	×	26	=	222,638
					<u>1,248,338</u>

Heures de stationnement. 14,857	×	156	=	2,317,692	
	19,349	×	26	=	503,074
					<u>2,820,766</u>

*Ligne de Vincennes.* — Les véhicules circulant sur la ligne de Vincennes nous donnent, pour les 182 jours de chauffage :

96,825 heures de marche,  
377,415 d° de stationnement.

**Prix des diverses natures de combustibles.** — Dans l'établissement de ces devis, nous adopterons, pour les différents combustibles, les prix de revient ci-après :

Coke de gaz . . . . .	40 <sup>f</sup>	les 1000 <sup>kg</sup> ,
Combustibles agglomérés . . . . .	300 <sup>f</sup>	d°
Houille . . . . .	30 <sup>f</sup>	d°

Ces diverses données préalables étant établies, nous allons faire le devis des dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application, au réseau ci-dessus défini, des appareils de chauffage suivants :

- 1° Poêle.
- 2° Appareils à air chaud.
- 3° Chauffeferrettes avec combustibles agglomérés.
- 4° Chauffage à la vapeur.
- 5° Chauffage à circulation d'eau dans des chauffeferrettes fixes.
- 6° Chauffage avec chauffeferrettes mobiles ordinaires.



I. — CHAUFFAGE AU MOYEN D'UN POËLE.

**Dépenses d'installation.** — Dans les conditions actuelles du matériel roulant des Compagnies françaises divisé en compartiments distincts, le chauffage au moyen de poêles est évidemment inapplicable aux voitures de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> classe. Nous ferons donc le devis d'établissement en le supposant appliqué exclusivement aux 3<sup>es</sup> classes, afin d'en déduire les éléments de dépenses qui nous serviront aux comparaisons ultérieures.

Un appareil convenablement étudié et construit dans de bonnes conditions pourrait être installé au prix de 250<sup>f</sup> dans nos voitures de 3<sup>e</sup> classe.

Nous aurons donc pour dépenses d'installation des appareils sur les 970 voitures de 3<sup>e</sup> classe nécessaires à l'exploitation :

970 × 250 <sup>f</sup> = . . . . .	242,500 <sup>f</sup> »
Construction d'abris pour le combustible et outillage des gares faisant le service des trains chauffés :	
82 installations au prix moyen de 500 <sup>f</sup> l'une. . . . .	41,000 »
Total général des dépenses de première installation. . . . .	<u>283,500<sup>f</sup> »</u>

**Dépenses annuelles. — Combustible.** — En adoptant pour moyenne d'exploitation les consommations de combustibles suivantes :

Par heure et par voiture en circulation, 1<sup>kg</sup>,300 de houille,



DÉPENSES D'APPLICATION DES DIVERS SYSTÈMES 377

Par heure et par voiture en stationnement, 0<sup>kg</sup>,800 de houille,

Nous aurons pour consommation totale de combustible pendant la saison du chauffage :

574,943 heures de circulation	
à 1 <sup>kg</sup> ,300 . . . . .	= 747,425 <sup>kg</sup> ,9
658,242 heures de stationnement à 0 <sup>kg</sup> ,800. . . . .	= 526,593 ,6
	<hr/>
	1,274,019 ,5

Soit 1,274 tonnes de houille à 30 fr. . . 38,220<sup>f</sup> »

*Matières nécessaires à l'allumage des poêles* : 0<sup>f</sup>,05 par appareil et par allumage.

Pour la saison du chauffage. . . . . 11,514 30

**Personnel.** — D'après nos évaluations, le personnel nécessaire au chauffage et les dépenses qui en résultent se décomposent comme suit :

Agents spéciaux du service de jour, 30	} 45 à 3 <sup>f</sup> ,75 = 168 <sup>f</sup> ,75
Agents spéciaux du service de nuit, 15	

Hommes d'équipe détachés pour le service du chauffage au passage des trains dans les gares.

290 heures à 0<sup>f</sup>,30 = 87 »

Frais de main-d'œuvre pour 24 heures. . . . . 255<sup>f</sup>,75

Soit pour la saison du chauffage. . . . 46,546 50

*A reporter.* . . . . 96,280<sup>f</sup> 80



*Report.* . . . . . 96,280<sup>f</sup> 80

**Entretien des appareils.** — Nous admettons que la durée des appareils est limitée à dix années.

Nos dépenses d'entretien seront alors très-réduites, car les appareils placés à l'intérieur des voitures sont efficacement protégés contre les intempéries atmosphériques. Nous évaluons donc la dépense annuelle à 30<sup>f</sup> par voiture, ce qui nous donnera pour la dépense totale d'entretien la somme de. . . . .

29,100 »

**Intérêt et amortissement du capital de première installation.** — Le capital de première installation devant être amorti en 10 années exige une annuité de. . . . .

36,713 80

Total général des dépenses prévues. . . 162,094<sup>f</sup> »

Dépenses imprévues, destruction et avaries des appareils par accident, déchets de combustible, etc. . . . .

12,906 »

Total général des dépenses annuelles. . . 175,000<sup>f</sup> »

II. — APPAREIL A AIR CHAUD, SYSTÈME MOUSSERON.

De tous les appareils à air chaud essayés en France et à l'étranger, l'appareil Mousseron étant celui qui nous semble le plus perfectionné, c'est celui-là même que nous avons dû prendre comme type pour l'évaluation des dépenses qui se rapportent à ce mode de chauffage.



**Dépenses d'installation.** — Nous admettrons comme dépenses de construction et d'installation des appareils les chiffres ci-dessous, établis d'après les prix de revient des appareils que nous avons construits :

App. à chauff. pour voitures de 1 <sup>re</sup> classe et mixtes	—	—	—	700 <sup>f</sup>
—	—	2 <sup>e</sup>	—	800 <sup>f</sup>
—	—	3 <sup>e</sup>	—	900 <sup>f</sup>

Les frais de première installation consisteront donc en :

341 app. p <sup>r</sup> voit. de 1 <sup>re</sup> classe à 700 <sup>f</sup>	=	238,700 <sup>f</sup>
230 — mixtes à 700 <sup>f</sup>	=	161,000 <sup>f</sup>
614 — 2 <sup>e</sup> classe à 800 <sup>f</sup>	=	491,200 <sup>f</sup>
970 — 3 <sup>e</sup> — à 900 <sup>f</sup>	=	873,000 <sup>f</sup>
<hr/>		
2155 app. p <sup>r</sup> une dépense totale de	1,763,900 <sup>f</sup>	1,763,900

Construction d'abris pour le combustible et outillage des gares faisant le service des trains chauffés :

82 installations au prix moyen de 500<sup>f</sup> l'une, 41,000

Total général des dépenses de 1<sup>re</sup> installation, 1,804,900

**Dépenses annuelles. — Combustible.** — Il résulte de nos expériences que l'on peut considérer comme moyennes d'exploitation les consommations suivantes :

Par h<sup>r</sup>e et par voiture en circulation 1<sup>kg</sup>,660 coke de gaz  
— stationnement 1<sup>kg</sup>,400 —

Dans notre devis nous admettons que les foyers doivent être éteints pendant le stationnement des voitures ; mais en raison du service spécial de la ligne de Vincennes, nous avons supposé que les véhicules qui circulent sur cette partie du réseau conservent leurs foyers constamment



allumés pendant 18 heures, durée du service journalier.

Cependant nous compterons une heure de consommation en gare par foyer pour la durée des opérations d'extinction.

De plus, il est nécessaire de faire l'allumage deux heures avant le départ des trains à cause de la lenteur du chauffage dans les voitures au repos.

Nous aurons donc, pour chaque voiture mise en circulation et pour chaque train dont elle fait partie, 3 heures de consommation en stationnement (1).

Le nombre total de véhicules chauffés que doivent fournir les diverses gares du réseau, pour la formation de tous les trains, est en moyenne de 2,505 par période de 24 heures.

La consommation de combustible pendant la saison entière du chauffage sera donc :

1,345,163<sup>h</sup> de marche à 1<sup>kg</sup>,660 = 2,232,970<sup>kg</sup>  
 1,602,640 — stat<sup>t</sup> à 1<sup>kg</sup>,400 = 1,762,904<sup>kg</sup>

Consommation pour l'ensemble  
 du réseau. . . . . 3,995,874<sup>kg</sup>

Soit 3,996 tonnes de coke de gaz à 40<sup>f</sup>. . 159,840<sup>f</sup> »

*Matières nécessaires à l'allumage des foyers* : 0<sup>f</sup>,05 par appareil et par allumage.

Pour la saison du chauffage. . . . . 22,795 50

**Personnel.** — Dans les conditions de fonctionnement que nous venons d'énumérer, le

*A reporter.* . . . . 482,635<sup>f</sup> 50

(1) Il reste à apprécier s'il ne sera pas quelquefois préférable de maintenir les foyers en feu pendant le stationnement, car, dans certains cas, les frais de main-d'œuvre pour l'extinction et l'allumage pourront excéder la dépense de combustible de l'appareil au repos.



*Report.* . . . . . 182,635' 50

personnel nécessaire au service des appareils  
consistera en :

68 agents spéciaux du service de jour,

30 — — — — — nuit.

98

au prix moyen de 3<sup>f</sup>,75 = . . . . . 367<sup>f</sup>,50

Hommes d'équipe détachés pour le  
service du chauffage au passage du  
train dans les gares, 567 h<sup>es</sup> à 0<sup>f</sup>30 = 170<sup>f</sup>,40

Frais de main-d'œuvre pour 24 h. . 537<sup>f</sup>,60

Soit pour la saison du chauffage . . . . . 97,843 20

**Entretien des appareils.** — Les appareils étant  
supposés complètement hors de service dix an-  
nées après leur installation, l'entretien annuel  
ne consistera qu'en réparations de peu d'import-  
ance dont le montant peut être fixé à 40<sup>f</sup> par  
voiture.

La dépense totale d'entretien s'élèvera donc  
pour chaque année à. . . . . 86,200

**Intérêt et amortissement du capital de pre-  
mière installation.** — Le capital de première  
installation, devant être amorti en dix ans, exige  
une annuité de. . . . . 233,734 55

Total général des dépenses prévues. . . . 600,413<sup>f</sup> 25

Dépenses imprévues, destruction et avaries  
des appareils par accident, déchets de combus-  
tible, etc. . . . . 29,586 75

Total général des dépenses annuelles. . . 630,000 »



III. — APPAREIL A COMBUSTIBLES AGGLOMÉRÉS

**Dépenses d'installation.** — D'après nos évaluations, les dépenses de construction des appareils, les frais de montage et de rehaussement des caisses des voitures, s'élèveraient aux chiffres suivants pour nos diverses séries de véhicules :

Voitures de 1 <sup>re</sup> classe et mixte (3 chaufferettes)	— 480 <sup>f</sup>
— 2 <sup>e</sup> — (4 chaufferettes)	— 630 <sup>f</sup>
— 3 <sup>e</sup> — (5 — )	— 780 <sup>f</sup>

Les frais d'établissement des appareils sur les voitures nécessaires au service se résumeront donc ainsi :

341 voitures de 1 <sup>re</sup> classe à 480 <sup>f</sup>	=	163,680 <sup>f</sup>
230 — mixtes à 480 <sup>f</sup>	=	110,400 <sup>f</sup>
614 — 2 <sup>e</sup> classe à 630 <sup>f</sup>	=	386,820 <sup>f</sup>
970 — 3 <sup>e</sup> — 780 <sup>f</sup>	=	756,600 <sup>f</sup>
<u>2,155 appareils p<sup>r</sup> une dép. totale de</u>	<u>1,417,500<sup>f</sup></u>	<u>1,417,500</u>

Construction de hangars pour l'allumage et d'abris pour le combustible, frais de construction et d'installation des fourneaux d'allumage, établissement du petit matériel pour le transport des briquettes allumées, etc.

Dépense moyenne : 1,200<sup>f</sup>.

Pour les 82 gares faisant le service des trains chauffés. . . . . 98,400

Total général des dépenses de 1<sup>re</sup> installation. . . . . 1,515,900<sup>f</sup>



**Dépenses annuelles. — Combustible.** — Nous pensons que d'après les progrès faits journellement dans la fabrication des combustibles agglomérés, le prix moyen des briquettes peut être évalué à 30<sup>f</sup> les 100<sup>kg</sup> et la consommation fixée à 0<sup>kg</sup>,300 par heure pour les deux foyers nécessaires à chaque compartiment (1).

Nous considérons cette consommation comme assez élevée pour admettre qu'elle comprend les déchets résultant de la friabilité du combustible.

Dans l'établissement de notre devis, nous supposons que pour le réseau de l'Est les voitures seront chauffées une heure avant le départ, et que les foyers des voitures de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> classe de la ligne de Vincennes resteront allumés pendant 18 heures.

Nous aurons ainsi pour la saison entière du chauffage :

1<sup>o</sup> Voitures en circulation.

1 <sup>res</sup> classes et mixtes (3 appareils)	440,986 <sup>h</sup>	de chauffage
2 <sup>es</sup> classes — (4 — )	552,268 <sup>h</sup>	—
3 <sup>es</sup> classes — (5 — )	582,372 <sup>k</sup>	—
	<u>1,575,626<sup>h</sup></u>	<u>de chauffage.</u>

Ces chiffres, comparés au nombre d'appareils montés sur les voitures de 3<sup>e</sup> classe, nous donnent :

(1) Nous rappellerons que les chemins de fer allemands nous ont indiqué les consommations suivantes de combustibles agglomérés par compartiment et par heure :

Berlin-Anhalt . . . . .	0 <sup>kg</sup> ,255
Berlin-Potsdam-Magdebourg . . . . .	0 <sup>kg</sup> ,200 à 0 <sup>kg</sup> ,250
Hanovre . . . . .	0 <sup>kg</sup> ,250 à 0 <sup>kg</sup> ,390
Alsace-Lorraine . . . . .	0 <sup>kg</sup> ,333



1 <sup>res</sup> classes et mixtes	440,986	×	3	=	1,322,958 <sup>h</sup>
2 <sup>es</sup> classes	552,268	×	4	=	2,209,072
3 <sup>es</sup> classes	—	582,372	×	5	= 2,911,860
					6,443,890 <sup>h</sup>

La consommation pour le chauffage des voitures en circulation sera donc de :

$$6,443,890^h \times 0^{kg}, 300 = 1,932,167^{kg}$$

Auxquels il y a lieu d'ajouter 1/10<sup>e</sup> de la consommation ci-dessus pour perte de combustible résultant de l'obligation de l'emploi d'un type unique de briquettes

193,216 <sup>kg</sup>	70
2,125,383 <sup>kg</sup>	

*2<sup>o</sup> Chauffage des voitures avant le départ.*

Le nombre total de véhicules que doivent fournir les gares est, en moyenne, de 2,505 par période de 24 heures.

Ces 2,505 véhicules se répartissent ainsi :

Voitures de 1 <sup>re</sup> classe et mixtes	743
— 2 <sup>e</sup> classe	519
— 3 <sup>e</sup> classe	1,243

Le chauffage de ces voitures avant le départ des trains occasionnera alors pour 24 heures, et proportionnellement au nombre d'appareils installés dans chaque classe, la consommation suivante :

Voit. de 1 <sup>re</sup> cl. et mixtes.	743	×	3	×	0 <sup>kg</sup> , 300	=	668 <sup>kg</sup> , 700
— 2 <sup>e</sup> cl. . . . .	519	×	4	×	0 <sup>kg</sup> , 300	=	622 <sup>kg</sup> , 800
— 3 <sup>e</sup> cl. . . . .	1,243	×	5	×	0 <sup>kg</sup> , 300	=	1,864 <sup>kg</sup> , 500
							3,156 <sup>kg</sup> , 000



Et, pour les 182 jours de chauffage :

$$3,456^k \times 182 = 574,392^{kg}.$$

La consommation de combustible se résume donc ainsi :

Chauff<sup>re</sup> des voit. en circul<sup>on</sup>. 2,125,383<sup>kg</sup>,70

— avant le départ. 574,392<sup>kg</sup>

---

2,699,775<sup>kg</sup>,70

Soit 2,700 tonnes à 300<sup>f</sup>. . . . . 810,000 »

*Allumage des briquettes.*

Les 2,505 véhicules entrant chaque jour dans la composition des trains comprennent un chiffre total de 10,520 compartiments dont les foyers doivent être allumés une fois par 24 heures.

Nous admettons que la briquette placée dans chacun des foyers exigera pour son allumage 5 litres de gaz ou 1<sup>er</sup>,5 de pétrole.

Le prix de revient du gaz étant de 0<sup>f</sup>,30 le mètre cube et celui du pétrole de 1<sup>f</sup> le kilogramme, nous aurons comme dépense journalière :

$$10,520 \times 2 \times 0,0015 = 31<sup>f</sup>,56$$

Et pour la saison du chauffage. . . . . 5,743 95

**Personnel.** — Nous considérons que toutes les opérations qui précèdent et qui suivent la mise en place des briquettes exigent un temps moyen de six minutes pour les deux foyers de chaque chaufferette.

Le personnel nécessaire aux diverses

---

*A reporter.* . . . . 815,743<sup>f</sup> 95



*Report.* . . . . . 815,743' 95

gares du réseau pour le chauffage des voitures par les chaufferettes à combustibles agglomérés, se décomposera alors ainsi :

44 Agents spéciaux du service de jour  
5 — — — — — nuit

49

Au prix moyen de 3',75 = . . . 183',75

Hommes d'équipe détachés pour le service du chauffage, 600 heures à 0',30 = . . . . . 180 »

Frais de main-d'œuvre pour 24 h. 363',75

Soit pour les 182 jours de chauffage. . . 66,202 50

**Entretien des appareils.** — Comme dans les devis précédents, nous fixons la limite de durée des appareils à dix années, et nous estimons alors que les dépenses annuelles d'entretien, ne consistant qu'en petites réparations et dans le renouvellement des paniers à combustibles, ne dépasseront pas 10' par chaufferette.

Nous aurons donc pour les trois classes de voitures :

1<sup>res</sup> classes et mixtes (3 appareils)

$$571 \times 3 \times 10' = 17,130'$$

2<sup>mes</sup> — (4 app.) 614  $\times$  4  $\times$  10' = 24,560'

3<sup>mes</sup> — (5 app.) 970  $\times$  5  $\times$  10' = 48,500'

Dépense totale d'entretien. . . 90,190' 90,190 »

*A reporter.* . . . . . 972,136' 45



*Report.* . . . . . 972,136<sup>f</sup> 45

**Intérêts et amortissement du capital de première installation.** — Le capital de première installation, devant être amorti en dix années, exige une annuité de . . . . .

196,309 05

Total général des dépenses prévues. . 1,168,445<sup>f</sup> 50

Dépenses imprévues, destruction et avaries d'appareils par accident, déchets et excédants de combustible. . . . .

21,554 50

Total général des dépenses annuelles 1,190,000<sup>f</sup> »

IV. — APPAREIL A CIRCULATION DE VAPEUR.

**Dépenses d'installation.** — D'après nos appréciations, le prix moyen d'établissement et d'installation des appareils sur nos différents types de véhicules s'élèverait aux chiffres suivants :

Voitures de 1<sup>re</sup> classe et mixtes (6 tuyaux de chauffe et appareils de réglage) . . . . . 600<sup>f</sup>

Voitures de 2<sup>e</sup> classe et mixtes (8 tuyaux de chauffe et appareils de réglage) . . . . . 750<sup>f</sup>

Voitures de 3<sup>e</sup> classe (10 tuyaux de chauffe sans appareil de réglage). . . . . 800<sup>f</sup>

La dépense d'application des appareils sur le matériel à voyageurs nécessaire au service se décomposera donc en :

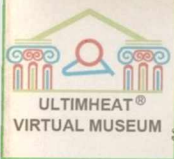
341 voit<sup>es</sup> de 1<sup>re</sup> classe à 600<sup>f</sup> = 204,600<sup>f</sup>

230 — mixtes à 600<sup>f</sup> = 138,000<sup>f</sup>

614 — de 2<sup>e</sup> classe à 750<sup>f</sup> = 460,500<sup>f</sup>

970 — de 3<sup>e</sup> classe à 800<sup>f</sup> = 776,000<sup>f</sup>

2,155 app. pour la somme de (*à reporter*). 1.579,400<sup>f</sup> »



*Report.* . . . . . 1,579,100' »

D'après le roulement que nous avons établi, le chauffage de tous les trains du réseau exigera l'établissement de 134 chaudières spéciales.

Le service des trains facultatifs, la réserve pour les trains imprévus et les réparations, demanderont un supplément de 28 appareils, ce qui portera le nombre total des chaudières à 162.

Ces chaudières devront être installées dans des véhicules spécialement construits pour les recevoir, et dont elles occuperont environ un tiers de la surface.

Le prix de revient de chaque chaudière se résumera donc comme suit :

Dépense de construction et d'installation . . . . .	2,500'
Un tiers du prix de revient du véhicule . . . . .	2,000'
	4,500'

L'établissement des 162 chaudières nécessaires au service demandera donc une dépense totale de . . . . . 729,000' »

Installation de magasins à combustible dans 82 gares à 100' l'un. . . . . 8,200' »

Total général des dépenses de première installation . . . . . 2,316,300' »

**Dépenses annuelles. — Combustible. —** Nous admettrons



qu'en exploitation la consommation ne dépassera pas 2<sup>kg</sup> de houille par voiture et par heure.

Nous supposons que le chauffage des voitures commencera deux heures avant le départ des trains, et que la consommation de combustible en stationnement pour les 2,505 véhicules qui partent chaque jour des diverses gares du réseau sera de :

1<sup>kg</sup> par voiture pour la première heure d'allumage,  
 2<sup>kg</sup> — — deuxième — — ,  
 Soit 3<sup>kg</sup> par voiture et par chaque départ.

Nous aurons donc pour consommation de combustible pendant la saison du chauffage :

(1) 1,575,626 heures de chauffage de voitures en marche à 2<sup>kg</sup>. . . . . = 3,151,252<sup>kg</sup>  
 911,820 heures de chauffage  
 de voit. en stationn<sup>t</sup> à 1<sup>kg</sup>,5 = 1,367,730<sup>kg</sup>  
4,518,982<sup>kg</sup>

Soit 4,519 tonnes de houille à 30<sup>f</sup> . . . 135,570<sup>f</sup> »

**Eau.** — En admettant que 1<sup>kg</sup> de houille vaporise 4<sup>kg</sup> d'eau, la consommation totale pour la durée du chauffage s'élèvera à 18,076<sup>m<sup>3</sup></sup> à 0<sup>f</sup>,10, soit une dépense de . . . 1,807<sup>f</sup> 60

*Dépenses accessoires des chaudières.*

Fagots d'allumage, huile, graisse, entretien et renouvellement du petit outillage, balais, etc.

*A reporter.* . . . . . 137,377<sup>f</sup> 60

(1) Ce chiffre comprend les heures de stationnement du matériel de Vincennes supposé chauffé constamment en raison de son service spécial.



<i>Report.</i> . . . . .	137,377 <sup>f</sup> 60
0 <sup>f</sup> ,20 par jour et par chaudière pour la durée du chauffage. . . . .	5,387 <sup>f</sup> 20

**Personnel.** — En fixant à dix heures sur vingt-quatre la durée moyenne du service des chauffeurs de route, le nombre de ces agents nécessaires pour assurer le roulement journalier sera de 183.

Le salaire des chauffeurs de route, y compris l'indemnité de déplacement, étant de 6<sup>f</sup> par jour, la dépense quotidienne pour le personnel de route s'élèvera à :

$$183 \times 6 = 1,098^f$$

Nous admettons en outre que le départ de chaque train nécessitera la présence d'un homme d'équipe pendant les deux heures qui précèdent le départ.

Le nombre des trains étant d'environ 412 par vingt-quatre heures, nous aurons pour dépense du personnel à poste fixe :

$$412 \times 2 \times 0^f,30 = 247^f,20.$$

Les frais de personnel se résument donc ainsi pour la saison du chauffage :

Personnel de route . . .	199,836 <sup>f</sup> »	
— à poste fixe. . .	44,990 <sup>f</sup> 40	
	244,826 <sup>f</sup> 40	244,826 <sup>f</sup> 40

**Entretien des appareils.** — La durée des appareils étant limitée à dix années, nous

<i>A reporter.</i> . . . . .	387,591 <sup>f</sup> 20
------------------------------	-------------------------





*Report.* . . . . . 387,591<sup>f</sup> 20

pouvons admettre que les frais annuels d'entretien ne dépasseront pas 65<sup>f</sup> par voiture, en comprenant dans cette somme le renouvellement des conduits en caoutchouc qui établissent la communication entre les véhicules.

Dans les mêmes conditions de durée, l'entretien des chaudières ne consistera que dans leur nettoyage complet, la réfection des joints et le renouvellement des grilles, et nous pensons que la dépense annuelle n'excédera pas 80<sup>f</sup>.

Nous aurons donc, comme frais d'entretien :

2,155 appareils de voitures à 65 <sup>f</sup>	140,075 <sup>f</sup>	
162 chaudières à 80 <sup>f</sup> . . . . .	12,960 <sup>f</sup>	
	<hr/>	
Dépense totale . . . . .	153,035 <sup>f</sup>	153,035 <sup>f</sup> »

**Intérêt et amortissement du capital de première installation.** — Le capital de première installation, devant être amorti en dix années, exige une annuité de . . . . .

Total général des dépenses prévues . . . . . 299,960<sup>f</sup> 85

Dépenses imprévues, destruction et avaries des appareils et des chaudières par accidents, déchets et excédants de combustible . . . . . 840,587<sup>f</sup> 05

Total général des dépenses annuelles. . . . . 34,412<sup>f</sup> 95

Total général des dépenses annuelles. . . . . 875,000<sup>f</sup> »



V. — APPAREIL A CIRCULATION D'EAU.

**Dépenses d'installation.** — D'après les prix de revient que nous avons établis, les frais de construction et d'installation des appareils s'élevaient à :

550 <sup>f</sup>	pour les voitures de 1 <sup>re</sup> classe et mixtes,
650 <sup>f</sup>	— — — 2 <sup>e</sup> classe,
720 <sup>f</sup>	— — — 3 <sup>e</sup> classe.

La dépense de première installation, pour tout le réseau de l'Est (y compris la ligne de Vincennes), se décomposera donc ainsi :

341 voitures de 1 <sup>re</sup> classe à 550 <sup>f</sup>	=	187,550 <sup>f</sup>
230 — mixtes à 550 <sup>f</sup>	=	126,500 <sup>f</sup>
614 — de 2 <sup>e</sup> classe à 650 <sup>f</sup>	=	399,100 <sup>f</sup>
970 — de 3 <sup>e</sup> classe à 720 <sup>f</sup>	=	698,400 <sup>f</sup>
<hr/>		
2,155 appareils pour une dé-		
pense totale de . . . . .	4,411,550 <sup>f</sup>	4,411,550 <sup>f</sup> »

Construction d'abris pour combustible et outillage des gares faisant le service des trains chauffés :

82 installations au prix moyen de 500 <sup>f</sup>	
l'une . . . . .	41,000 <sup>f</sup> »

Total général des dépenses de première	
installation . . . . .	4,452,550 <sup>f</sup> »

**Dépenses annuelles.** — Nous avons établi qu'il était préférable, au point de vue de l'économie de la main-d'œuvre, d'un chauffage convenable et surtout pour éviter tout



risque de congélation, de maintenir les foyers constamment allumés pendant la saison du chauffage.

Nous admettons donc l'entretien continu des foyers, et, dans ces conditions, nous avons déterminé les consommations de combustible et le personnel nécessaires au service du chauffage.

**Combustible.** — Les consommations de 1<sup>kg</sup>,400 à l'heure par voiture en marche et de 0<sup>kg</sup>,800 par voiture en stationnement, que nous considérons comme moyennes d'exploitation, étant admises, nous aurons pour la saison entière du chauffage :

1,345,163 <sup>h</sup> de marche à 1 <sup>kg</sup> ,400	= 1,883,228 <sup>kg</sup> ,2
3,198,481 <sup>h</sup> de station <sup>t</sup> à 0 <sup>kg</sup> ,800	= 2,558,544 <sup>kg</sup> ,8
	4,441,773 <sup>kg</sup> ,0

Soit 4,442 tonnes de coke de gaz à 40<sup>f</sup> . . . 177,680<sup>f</sup> »

**Personnel.** — Le personnel nécessaire au service du chauffage se résume ainsi :

71 Agents spéciaux du service de jour.	
48 d° de nuit.	
119	

Au prix moyen de 3<sup>f</sup>,75 = . . . 446<sup>f</sup>,25

Hommes d'équipe détachés pour le service du chauffage au passage des trains dans les gares, 578<sup>h</sup> à 0<sup>f</sup>,30 = . . . . . 173,40

Frais de main-d'œuvre pour 24<sup>h</sup> 619<sup>f</sup>,65

Soit, pour toute la saison du chauffage,

619<sup>f</sup>,65 × 182 = . . . . . 112,776 30

*A reporter.* . . . . . 290,456<sup>f</sup> 30



*Report.* . . . . . 290,456<sup>f</sup> 30

**Entretien des appareils.** — En limitant à dix années la durée des appareils, l'entretien actuel ne consistera qu'en de légères réparations et dans le remplacement de quelques pièces détériorées par le feu. Les frais d'entretien peuvent alors être évalués à 50<sup>f</sup> par voiture, ce qui occasionnera une dépense totale de :  $2,155 \times 50^f = . . . . .$  107,750 »

**Intérêt et amortissement du capital de première installation.** — Le capital de première installation, devant être amorti en dix années, exige une annuité de. . . . . 188,105 25

Total général des dépenses prévues. . . 586,311 55

Dépenses imprévues, destruction et avaries d'appareils par accident, excédants et déchets de combustibles. . . . . 33,688 45

Total général des dépenses annuelles. . 620,000 »

## VI. — CHAUFFERETTES MOBILES A EAU CHAUDE.

**Dépenses d'installation.** — 1<sup>o</sup> *Bouillottes.* — D'après les conditions actuelles du chauffage de nos voitures de 1<sup>re</sup> classe, le nombre de chaufferettes nécessaires pour assurer le service dans les gares, ainsi que pour faire face aux besoins de la réserve centrale et au remplacement des appareils en réparation, est de deux par compartiment.

Si nous admettons ce même chiffre pour le chauffage des voitures des trois classes, nous trouvons que les 1,916



DÉPENSES D'APPLICATION DES DIVERS SYSTÈMES. 395

véhicules nécessaires à l'exploitation du réseau principal exigent 16,160 chaufferettes, et que les 239 voitures de la ligne de Vincennes nécessitent 1,960 chaufferettes, soit pour l'ensemble du réseau un chiffre total de 18,120 appareils, entraînant, au prix de 18<sup>f</sup> la chaufferette, une dépense de. . . . . 326,160<sup>f</sup> »

2° *Chaudières.* — Dans ce devis, nous supposons que l'on adopte la chaudière Field, à air libre, qui nous paraît devoir donner de bons résultats comme rapidité de production et économie de combustible.

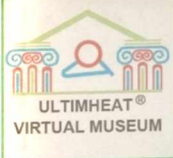
L'examen de l'importance du service dans les 72 gares du réseau (Est et Vincennes) où s'effectueraient la préparation des trains et le renouvellement des chaufferettes, nous conduit à installer :

42 chaud. d'un vol. d'eau utilisable de 1,000 litres au prix de 1,415 <sup>f</sup> . . .	59,430 <sup>f</sup>	
33 chaud. d'un vol. d'eau utilisable de 500 litres au prix de 900 <sup>f</sup> . . . .	29,700	
14 chaud. d'un vol. d'eau utilisable de 250 litres au prix de 685 <sup>f</sup> . . . .	9,590	
6 chaud. d'un vol. d'eau utilisable de 120 litres au prix de 510 <sup>f</sup> . . . .	3,060	

Soit 95 ch. p<sup>r</sup> une dépense tot. de 101,780<sup>f</sup> 101,780 »

3° *Dépenses d'installation dans les gares.* — L'établissement des conduites d'eau,

*A reporter.* . . . . . 427,940<sup>f</sup> »



*Report.* . . . . . 427,940<sup>f</sup> »

les frais d'installation des chaudières, la construction d'abris ou l'appropriation des locaux pour les chaudières et les bouillottes, etc., s'élevant en moyenne à 3,000<sup>f</sup> dans chaque gare, monteront à la somme totale de . . . . . 216,000 »

4° *Petit matériel.* — Chaque gare doit posséder 2 chariots pour le transport des bouillottes, soit pour 144 chariots, au prix de 90<sup>f</sup> l'un, une dépense de . . . . . 12,960 »

Total général des dépenses de 1<sup>re</sup> install. 656,900 »

**Dépenses annuelles. — Combustible.** — La consommation moyenne de combustible peut être évaluée à 50 grammes de houille par litre d'eau élevé à 100°, cette consommation comprenant les excédants de combustible nécessaires pour maintenir l'eau à une température convenable pendant les intervalles des trains.

La quantité d'eau chaude que devront fournir chaque jour les diverses gares du réseau s'élèvera à environ 300,000 litres.

Par 24 heures, la consommation de combustible sera donc de 15,000<sup>kg</sup>, soit pour la saison de chauffage, 2,730 tonnes qui, au prix de 30<sup>f</sup>, nous occasionneront une dépense de . . . . . 81,900<sup>f</sup> »

**Eau.** — La consommation d'eau, étant de 300,000 litres par 24 heures, donnera pour les 182 jours de chauffage une dépense de 54,600 mètres cubes à 0<sup>f</sup>10, soit. . . . . 5,460 »

*A reporter.* . . . . . 87,360 »



DÉPENSES D'APPLICATION DES DIVERS SYSTÈMES.

*Report.* . . . . . 87,360' »

**Personnel.** — Nous avons fixé le personnel nécessaire au service d'après le nombre de bouillottes qui devaient être maintenues par chaque gare.

Le nombre d'agents nécessaires dans ce système de chauffage sera de 253 par 24 heures.

La dépense de personnel, au prix moyen de 3<sup>f</sup>,75 par agent, s'élèvera à 948<sup>f</sup>,75 par jour, et pour toute la durée du chauffage à 172,672 50

**Entretien des appareils.** — 1° *Chaufferettes.* — La durée moyenne des chaufferettes est de cinq années. Pendant ce temps de service, les dépenses annuelles d'entretien sont peu importantes et consistent en quelques réparations aux corps, dans l'étamage et le remplacement des bouchons obturateurs. On peut les évaluer à 1<sup>f</sup>,50 par appareil.

La dépense totale annuelle d'entretien sera donc de 18,000 × 1<sup>f</sup>,50 . . . . . 27,000 »

2° *Chaudières et conduites d'eau.* — Les chaudières et conduites convenablement entretenues pourront être maintenues en service pendant quinze années, et leur entretien annuel entraînera à une dépense de 100<sup>f</sup> par installation.

*A reporter* . . . . . 287,032<sup>f</sup> 50



*Report.* . . . . . 287,032<sup>f</sup> 50

Pour l'ensemble du réseau, la dépense annuelle de ce chef sera de . . . . . 7,200 »

3° *Chariots.* — Les chariots auront une durée moyenne de dix années et la dépense d'entretien annuelle de chacun d'eux sera de 15<sup>f</sup>, soit pour dépense totale une somme annuelle de . . . . . 2,160 »

**Intérêt et amortissement du capital de première installation.** — Le capital de première installation des chaufferettes, devant être amorti en cinq années, exige une annuité de . . . . . 75,310<sup>f</sup> 35

Le capital de premier établissement des chaudières, ainsi que les dépenses d'installation dans les gares, devant être amortis en quinze années, exigent une annuité de . . . . . 30,602<sup>f</sup> 20

Le capital de première installation des chariots, dont l'amortissement doit avoir lieu en dix ans, demande une annuité de . . . . . 1,678 30

Total général des dépenses prévues. . . . . 403,983<sup>f</sup> 35

Dépenses imprévues . . . . . 6,016 65

Total général des dépenses annuelles. 410,000<sup>f</sup> »

Nous résumerons ce chapitre dans le tableau ci-contre qui présente, sous une forme synoptique, l'indication générale des dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application, à un même réseau, des six principaux systèmes de chauffage essayés sur les chemins de fer.



**TABLEAU RÉCAPITULATIF des Dépenses résultant de l'application, sur les lignes de la Compagnie de l'Est, des divers systèmes de chauffage des trains.**

SYSTÈME DE CHAUFFAGE	DÉPENSES ANNUELLES							TOTAL des dépenses annuelles
	DÉPENSES D'INSTALLATION	COMBUSTIBLES et frais d'allumage	EAU	PERSONNEL	ENTRETIEN des appareils	INTÉRÊT et amortissement	DÉPENSES Imprévues	
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Poêle appliqué <i>seulement</i> aux voitures de 3 <sup>e</sup> cl. . . . .	283,500 »	43,734 30	»	46,546 50	29,100 »	38,713 20	42,906 »	175,000 »
Chaufferettes mobiles à eau chaude . . . . .	656,900 »	81,900 »	5,460 »	172,672 50	36,380 »	407,580 85	6,016 65	410,000 »
Appareil à circulation d'eau chaude dans des chauff- ferettes fixes . . . . .	4,452,550 »	177,680 »	»	112,776 30	107,750 »	188,105 25	33,688 45	630,000 »
Appareil à air chaud (sys- tème Mousseron) . . . . .	4,804,900 »	482,635 50	»	97,843 20	86,200 »	233,734 55	29,586 75	630,000 »
Chauffage par circulation de vapeur . . . . .	2,316,300 »	140,957 20	4,807 60	244,823 40	153,035 »	266,960 85	34,412 95	875,000 »
Appareil à chaufferettes chauffées par combusti- bles agglomérés . . . . .	1,515,900 »	815,743 95	»	66,202 50	90,190 »	196,369 05	21,554 50	1,490,000 »



ULTIMHEAT®  
VIRTUAL MUSEUM



En rapportant les dépenses totales indiquées dans le tableau précédent aux éléments caractéristiques d'un réseau quelconque, tels que longueur kilométrique, recettes des voyageurs, voiture-kilométrique, voyageur-kilomètre, il sera possible de tirer de ces chiffres des données générales qui pourront s'appliquer, sans trop d'erreurs, à tout autre réseau de chemins de fer. C'est ce que nous ferons dans le chapitre suivant, consacré à nos conclusions.

A large, empty rectangular grid area, likely a table or chart, with faint lines forming a grid structure. The grid is approximately 10 columns wide and 10 rows high, though the lines are very light and some are missing, particularly in the lower half of the page.

## CHAPITRE XII

### RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE CES ÉTUDES. — EXAMEN CRITIQUE DES DIVERS SYSTÈMES. — CONCLUSIONS, SPÉCIALEMENT EN CE QUI CONCERNE LE RÉSEAU FRANÇAIS.

Maintenant que nous avons terminé les études techniques auxquelles sont consacrés les chapitres précédents, nous allons tirer de cette sorte d'enquête générale, ainsi que des expériences auxquelles nous nous sommes livrés, les résultats pratiques et les conclusions qui s'en dégagent.

Commençons par jeter un coup d'œil d'ensemble sur la série des solutions adoptées ou tentées sur les divers chemins de fer européens. Pour faciliter cet examen, nous avons dressé le tableau ci-contre, qui donne le moyen d'embrasser la situation d'une manière en quelque sorte panoramique.

Ce tableau fait ressortir trois faits principaux qu'il nous paraît important de mettre en lumière.

**Le nombre des solutions appliquées en Europe se réduit à sept.** — On remarquera d'abord que le nombre des solutions adoptées ou tentées par les Administrations de chemins de fer n'est pas aussi multiplié qu'on aurait pu le supposer. Toutes ces Compagnies, qui exploitent plus de 400,000 kilomètres de chemins de fer répandus en

Europe dans les conditions les plus diverses, et qui ont évidemment étudié la question, chacune avec son programme et ses idées individuelles, toutes ces Compagnies ont été amenées, en quelque sorte fatalement, par la pente naturelle de la pratique des choses, à un nombre très-limité de systèmes. Elles ont écarté, soit d'instinct, soit à la suite d'études spéciales, ces solutions excentriques, quelquefois séduisantes au premier abord, dont nous avons parlé au chapitre X, et tous les systèmes essayés ou adoptés sur les chemins de fer du continent se réduisent à sept.

**L'Angleterre s'en tient à la bouillotte d'eau chaude.** — En second lieu, l'Angleterre, ce pays que l'on considère comme la terre classique du confortable, du bon sens et de la vie pratique, est restée complètement en dehors du mouvement qui s'est produit sur le continent. Malgré les rigueurs de leur climat, nos voisins s'en tiennent simplement à la boule d'eau chaude pour les premières classes, et quelquefois pour les secondes et troisièmes classes, mais à titre facultatif et moyennant paiement par les voyageurs d'une légère indemnité. Les Chemins de fer anglais, consultés par nous, ont presque tous invariablement répondu « qu'ils « n'avaient fait aucune recherche ni aucune dépense pour « étudier d'autres appareils de chauffage, les boules à eau « chaude satisfaisant suffisamment leur clientèle. »

**L'Allemagne et l'Autriche appliquent tous les systèmes.** — C'est en Allemagne et en Autriche que le problème du chauffage des voitures a été poursuivi avec le plus d'ardeur. L'Allemagne du Nord s'est particulièrement distinguée dans ces recherches qui ont été poussées fort loin, dans lesquelles chaque Administration de chemins de fer a tenu à honneur de figurer et où des sommes considé-



rables ont été dépensées. Mais, contrairement à une opinion assez généralement répandue dans le public français, la question n'est point résolue en Allemagne.

**Le problème du chauffage en Allemagne en est toujours à la période des essais.** — Les Administrations de chemins de fer désirent arriver à chauffer les voitures de toutes classes et ne négligent aucun effort pour y parvenir ; mais, en fait, *ces voitures ne sont pas toutes chauffées* : on en est encore, dans ce pays, à la période des tâtonnements et des essais. Ce qui le prouve suffisamment, ce sont les déclarations des Chemins allemands eux-mêmes, que nous avons déjà fait connaître, et que nous allons rappeler. On y verra que si certaines Administrations se déclarent complètement satisfaites du système qu'elles ont essayé ou adopté, d'autres au contraire trouvent que ce même système laisse subsister encore de nombreuses difficultés d'application. Tout d'abord, voici quelle est la conclusion des administrations allemandes au congrès tenu à Dusseldorf en 1874 : « De ces nombreux systèmes de chauffage, en partie appliqués, *en partie restés à l'état d'essais*, aucun n'a acquis jusqu'à ce jour une préférence marquée. » (Voir, dans les Pièces annexes, la traduction de ce document.)

Les chemins de fer royaux de la Westphalie déclarent que le chauffage au moyen de briquettes est le *meilleur pour les voitures divisées en compartiments*, tandis que l'Administration de l'Alsace-Lorraine nous écrit (page 31) « qu'elle n'étendra plus l'application de ce système, et qu'elle fera l'essai du chauffage à la vapeur. Elle trouve trop considérables les dépenses d'achat et de manipulation du combustible aggloméré, et surtout elle a eu à constater divers accidents provenant de l'installation de l'appareil entre les pièces de bois du plancher. »

Le chauffage à la vapeur est très en faveur en Bavière, où il a été installé avec un très-grand soin et une parfaite intelligence des conditions à remplir. Mais ce mode de chauffage n'est point apprécié partout de la même manière. Ainsi la Direction des chemins de fer du Hanovre nous a écrit (page 30) : « En 1868 on a expérimenté le chauffage « par la vapeur sur deux trains-postes de Cologne à Ber-  
« lin. La vapeur était produite par une chaudière spéciale.  
« On a renoncé à ce système, à cause de la grande diffi-  
« culté de chauffer au degré convenable chaque comparti-  
« ment (*le plus souvent la chaleur s'élevait au point de*  
« *provoquer les plaintes des voyageurs*), de bien raccor-  
« der entre elles les conduites, d'obtenir promptement en-  
« fin des diverses Compagnies les voitures aménagées né-  
« cessaires pour la composition des trains express allant  
« de Cologne à Berlin. Les frais d'entretien et de premier  
« établissement étaient en outre *très-considérables*. »

La Compagnie des chemins de fer de Brunswick nous dit de son côté (page 86) : « On a abandonné définitive-  
« ment le chauffage à la vapeur, parce que la pose des  
« raccords entre les voitures retarde la composition des  
« trains et exige une main-d'œuvre coûteuse; enfin on dimi-  
« nue la puissance de traction de la locomotive, si l'on  
« prend à la chaudière la vapeur nécessaire au chauffage  
« des trains. »

D'autre part, la Direction des chemins de fer suédois ne se montre pas très-satisfaite, puisqu'elle s'exprime ainsi (page 127) : « Dans les trains mixtes la vapeur est fournie  
« par une chaudière spéciale, et dans les trains express  
« par la locomotive. *Pendant les deux derniers hivers,*  
« *qui ont été très-rigoureux, des accidents provenant*  
« *de l'engorgement des tuyaux de conduite et de distri-*  
« *bution par de la glace ou par des morceaux de caout-*



« chouc, ont souvent interrompu le service des appareils.  
« De plus, des fuites de vapeur se sont souvent produites  
« dans les raccords. »

Mais ce qui nous semble caractériser le mieux l'état d'indécision des esprits en Allemagne, c'est cette déclaration des Chemins de fer de l'Etat du grand-duché de Bade : « La Direction a l'intention d'abandonner l'emploi des chauffe-rettes à eau chaude, mais elle ne sait pas encore par quel système de chauffage elle les remplacera. » (Page 79.)

Nous nous arrêtons dans ces citations ; mais nous pourrions les multiplier encore, car, ainsi qu'on aura pu le constater à la lecture de la première partie de ce travail, il n'est pas un mode de chauffage essayé en Allemagne qui n'ait à la fois ses partisans et ses détracteurs. Et si nous insistons sur ces divergences d'opinion, ce n'est nullement, qu'on veuille bien le croire, par un stérile amour de critique, mais pour bien établir combien la question est difficile et combien elle est susceptible de diviser les esprits les plus sensés. Les Administrations allemandes sont de la plus entière bonne foi dans leurs objections comme dans leurs éloges, et elles méritent la reconnaissance de tous pour les efforts qu'elles ont tentés afin de résoudre un problème qui intéresse à un aussi haut degré le bien-être du plus grand nombre. Mais ce qui ressort bien clairement de ces aveux pleins de sincérité, c'est que le chauffage d'un train de chemin de fer, cette question si simple en apparence, sur laquelle chacun en France a, en quelque sorte, sa solution toute prête, est en réalité pleine de difficultés et de complications.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on examine dans leur ensemble les divers systèmes essayés, on reconnaît qu'ils se divisent en deux catégories. Les uns entraînent l'obligation d'établir entre les diverses voitures d'un train une canali-

sation continue; les autres, au contraire, s'appliquent séparément à chaque véhicule sans exiger entre eux aucune communication.

**Dans les conditions actuelles de l'exploitation française, il faut rejeter tout système exigeant la solidarité des voitures.**

— Dès l'abord se pose cette question, en quelque sorte préjudicielle : *Les études faites par la Compagnie de l'Est sur les réseaux étrangers et sur son propre réseau ont-elles révélé quelques faits précis à l'appui d'un système ou d'un autre?*

Nous n'hésitons pas à répondre à cette question que dans la pratique la jonction des voitures présente les plus grandes difficultés. Les conduites de raccordement des chauffages à la vapeur sont munies, comme nous l'avons dit, de soupapes qui se lèvent automatiquement pour dégager ces conduites de l'eau de condensation. Ces soupapes sont des organes délicats donnant lieu à un entretien coûteux, et il est arrivé fréquemment qu'elles ne fonctionnaient pas et que les tuyaux de raccordement étaient dès lors exposés à tous les inconvénients de la congélation. Or, si un tuyau de jonction crève, non seulement la voiture à laquelle il appartient cesse d'être chauffée, mais toutes celles qui suivent sont instantanément privées de chauffage.

Nous ne pouvons guère admettre que le système essayé à la Compagnie des Charentes pendant les hivers de 1873-1874 et 1874-1875 puisse apporter un nouvel argument en faveur du principe de la solidarité des voitures; nous rappelons que les expériences tentées sur un petit nombre de voitures sont loin d'avoir donné de bons résultats, et que la Compagnie a complètement abandonné ce mode de chauffage pour les motifs fort sérieux développés à la page 172.

Quant au chauffage au gaz essayé sur une très-petite



échelle par les chemins de fer de l'État Belge, il présente cette particularité ingénieuse que la conduite générale qui amène le gaz pour l'éclairage des voitures sert en même temps à alimenter les becs établis sous les planchers, de sorte que le chauffage n'entraîne aucune sujétion spéciale, la communication entre les voitures étant assurée au préalable pour l'éclairage du train. Cette disposition rend la question du chauffage solidaire de celle de l'éclairage.

Malheureusement, cette question de l'éclairage par le gaz n'est point encore entrée dans une voie qu'il soit permis de considérer comme définitive et vraiment pratique. Le gaz distribué dans le train provient d'un réservoir unique placé dans un fourgon et est amené dans chaque voiture à l'aide de tuyaux fixes reliés entre eux par des raccords mobiles en caoutchouc. Mais l'Etat Belge n'a pas tardé à s'apercevoir qu'une telle disposition rendait absolument impossible le retrait ou l'addition d'une voiture en cours de route et, pour répondre à ce besoin impérieux de toute exploitation de chemins de fer, il a placé, de distance en distance, un certain nombre de voitures munies de réservoirs secondaires destinés à alimenter le train pendant la durée limitée des manœuvres. Cette disposition complique beaucoup le système : si la manœuvre dure trop de temps, les voitures séparées du réservoir principal sont subitement plongées dans l'obscurité. Aussi beaucoup d'Ingénieurs en Belgique pensent-ils que, si l'on veut éclairer les voitures au gaz, il faut, comme sur un certain nombre de chemins anglais, et sur le *Métropolitain* en particulier, munir chaque voiture d'un réservoir distinct et spécial. Dans ce cas, le principe de la jonction des voitures n'existe plus, et nous rentrons, au contraire, dans le principe opposé. L'éclairage au gaz est d'ailleurs extrêmement coûteux, et, si, à titre d'essai, il a été appliqué à un certain nombre de trains

express, l'Etat Belge a reculé jusqu'à ce jour devant une application plus générale. Il n'est donc point permis de dire que les expériences tentées pour le chauffage par le gaz aient apporté des arguments en faveur du principe de la jonction des voitures. Nous rappelons d'ailleurs que les frais considérables d'installation et de consommation auxquels donne lieu le chauffage au gaz l'ont fait abandonner par l'Etat Belge après un petit nombre d'essais.

Déjà nous l'avons remarqué dans le cours de ce travail, et nous le répéterons encore : S'il s'agissait d'établir un chemin de fer dans un pays nouveau, avec un matériel neuf et créé en quelque sorte de toutes pièces, il serait possible de l'étudier en vue de la jonction des appareils de chauffage. Mais il n'en est point ainsi : le matériel des compagnies françaises doit être utilisé tel qu'il est, et ce matériel, provenant de Compagnies diverses fusionnées, est essentiellement variable dans sa construction, sa forme et ses dimensions. En outre, les exigences des relations internationales amenant dans les trains des voitures étrangères, belges, allemandes et italiennes, les voyageurs de long parcours demandent avec raison qu'on leur évite des transbordements, et on va maintenant, dans la même voiture, de Paris à Berne, à Bruxelles et à Vienne. Serait-il possible dès lors de relier toutes ces voitures en leur appliquant un mode de chauffage uniforme et une jonction continue? Comment réunir en un tout unique des éléments aussi hétérogènes?

D'autre part, à mesure que les réseaux s'étendent, de nouveaux embranchements viennent se greffer sur les lignes principales : ainsi, en comprenant les dernières concessions de la Compagnie de l'Est, par exemple, il y aura treize stations d'embranchement entre Paris et Avricourt, et seize entre Paris et Belfort. Chacun de ces embranche-

ments apportera son contingent de voyageurs, et quelquefois ses voitures. De là de très-grandes difficultés à intercaler ces véhicules de toute provenance sans amener de solution de continuité dans un système de chauffage qui ne peut avoir d'efficacité que si tous les éléments qui le composent s'enchaînent sans interruption.

Certains Ingénieurs ont exprimé l'opinion que la communication entre les voyageurs et les agents d'un même train étant indiquée comme une des nécessités d'un avenir prochain, il fallait dès à présent étudier la question du chauffage au point de vue exclusif de la continuité des communications de toute nature.

L'idée serait certainement soutenable si, en même temps qu'on assure les communications des voyageurs, on assurerait par les mêmes moyens la communication des appareils de chauffage; mais il n'en est point ainsi.

Jusqu'à ce jour, du moins, les moyens de communication les moins imparfaits qu'on ait trouvés sont la corde qui unit les agents du train, en passant par-dessus toutes les voitures, ou les appareils électriques; or, ces solutions n'ont rien de commun avec la continuité du chauffage. Vouloir établir *a priori* une corrélation obligatoire entre des choses absolument distinctes par leur nature, c'est superposer les difficultés sans en avancer la solution.

Enfin l'enquête à laquelle nous avons procédé sur les systèmes de chauffage essayés par les chemins de fer du continent, et dont le détail a été donné dans les précédents chapitres, peut se résumer par des chiffres qui semblent avoir une importante signification dans la question présente.

Sur cinquante-huit Administrations de chemins de fer qui ont fait des essais et appliqué des systèmes divers de chauffage, quarante-quatre ont choisi exclusivement des appareils distincts par voiture, et quatorze ont fait usage

d'appareils exigeant la communication des véhicules. Observons, en outre, et c'est là le fait le plus important, qu'à l'exception des chemins de fer de l'Est Bavaïois, de l'État Bavaïois, de Charles-Louis de Gallicie et de l'État Suédois, aucune Administration de chemin de fer n'a admis *exclusivement* le système à communication.

Les Administrations des chemins de fer Rhénans, de l'Est de Prusse, du grand-duché de Bade, de Berlin-Hambourg, de la Haute-Silésie, de l'Empereur-Ferdinand du Nord et Nicolas de Russie, n'emploient ce système (chauffage à la vapeur) que pour les trains express composés de voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe; mais les voitures de 3<sup>e</sup> classe et les trains omnibus sont chauffés, soit par des poêles, soit par des chaufferettes à agglomérés, en un mot, par des appareils distincts pour chaque voiture. Or, le problème que nous poursuivons en France est surtout de chauffer les voyageurs de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> classe.

En dernière analyse, et quoiqu'il soit difficile d'établir sur la matière des principes absolus, nous résumerons ainsi la question : *Il résulte de l'examen des faits et des expériences tentées sur les divers chemins de fer du continent, qu'étant donné le matériel actuel des chemins de fer et les conditions de l'exploitation en France, il faut chercher la solution du chauffage des voyageurs de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> classe en plaçant sur chaque véhicule des appareils indépendants.*

Ce premier point établi, et après avoir éliminé par ces discussions préalables les systèmes évidemment à rejeter, il nous reste à apprécier chacun des modes de chauffage qui se partagent actuellement, à des titres divers, la préférence des chemins de fer en Europe.

Pour procéder à cet examen, nous reprendrons les chiffres de dépenses de toute nature donnés page 399, en les rapportant aux principaux éléments de l'exploitation et du trafic, ce qui nous conduit au tableau ci-contre :

## RÉSUMÉ GÉNÉRAL. ET CONCLUSIONS.

Tableau résumant les dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application, à un même réseau (1), des divers systèmes de chauffage existants, dépenses rapportées aux éléments principaux de l'exploitation et du trafic.

SYSTÈME  DE CHAUFFAGE	DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT			DÉPENSES ANNUELLES du chauffage	DÉPENSES TOTALES ANNUELLES DU CHAUFFAGE comprenant les frais de combustible, d'allumage, d'eau, de personnel, d'entretien des appareils, d'intérêt et d'amortissement du capital de pre- mier établissement et les dépenses imprévues				
	DÉPENSES totales	rapportées à chaque voiture en service	rapportées à chaque kilomètre en exploitation		pour 1,000 <sup>e</sup> de recettes- voyageurs	par	par	par	par
						voiture- heure	voiture- kilomètre	voiture- kilomètre	voyageur- kilomètre
fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.		
Poêle appliqué aux voitures de 3 <sup>e</sup> classe seulement . . .	283,500 »	292 26	126 11	175,000 »	9,209	0,30432	0,009879	0,001142	
Appareil à air chaud (système Mousseron) . . . . .	1,804,900 »	837 54	802 90	630,000 »	17,997	0,46827	0,014974	0,002726	
Appareil à combustibles ag- glomérés . . . . .	1,515,900 »	703 43	674 33	1,130,000 »	33,306	0,88474	0,028324	0,005140	
Appareil à circulation de va- peur (système bavaïrois) . . .	2,316,300 »	1,074 84	1,030 38	875,000 »	25,027	0,65052	0,020809	0,003784	
Appareil à circulation d'eau chaude dans des bouillottes fixes . . . . .	1,452,500 »	674 03	646 13	620,000 »	17,713	0,46094	0,014742	0,002386	
Chaufferettes à eau chaude . .	656,900 »	304 82	290 43	410,000 »	11,714	0,30483	0,009753	0,001772	

(1) Réseau actuel des chemins de fer de l'Est.

Ce tableau nous semble devoir fournir des renseignements utiles pour tous les réseaux de chemins de fer, en ce sens qu'il permet de se faire une idée approximative des dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application à un réseau quelconque des divers systèmes considérés. Ainsi, en supposant que l'effectif composant les voitures des cinq grandes Compagnies françaises soit nécessaire pour le service d'hiver et que toutes ces voitures soient chauffées, on arrive à dresser le tableau ci-contre. (Page 413).

**Classification au point de vue de la dépense.** — Nous rappelons d'ailleurs, pour compléter ces renseignements, que le chauffage d'un voyageur transporté à un kilomètre donnerait lieu pendant l'hiver et suivant ces divers systèmes aux dépenses suivantes.

PRIX DU CHAUFFAGE SUIVANT LES DIVERS SYSTÈMES  
POUR UN VOYAGEUR TRANSPORTÉ A UN KILOMÈTRE.

Combustibles agglomérés. . . . .	0 <sup>f</sup> ,005,149
Chauffage à la vapeur . . . . .	0 <sup>f</sup> ,003,784
Chauffage à l'air chaud. . . . .	0 <sup>f</sup> ,002,726
Circulation d'eau chaude (thermo-siphon). . . . .	0 <sup>f</sup> ,002,686
Bouillottes mobiles. . . . .	0 <sup>f</sup> ,001,772
Poêles (3 <sup>es</sup> classes seulement) . . . . .	0 <sup>f</sup> ,001,442

Ces chiffres parlent suffisamment par eux-mêmes; ils donnent sur la question des dépenses tous les renseignements nécessaires. Nous allons donc examiner les conditions d'application de chaque système, en commençant par le plus coûteux.

**Tableau indiquant les dépenses de toute nature auxquelles donnerait lieu l'application, sur les six grandes Compagnies françaises, des principaux systèmes de chauffage employés actuellement sur les divers chemins de fer de l'Europe.**

DÉSIGNATION des COMPAGNIES	Poêles (3 <sup>es</sup> classes seulement)		Air chaud (système MOUSSERON)		Combustibles agglomérés		Circulation de vapeur (système bavarois)		Circulation d'eau chaude <small>(Thermo-siphon de la Cie de l'Est.)</small>		Chaufferettes à eau chaude	
	DÉPENSES		DÉPENSES		DÉPENSES		DÉPENSES		DÉPENSES		DÉPENSES	
	d'établissement	annuelles	d'établissement	annuelles	d'établissement	annuelles	d'établissement	annuelles	d'établissement	annuelles	d'établissement	annuelles
Paris à Lyon	francs 431.000	francs 440.800	francs 2.443.200	francs 1.643.200	francs 2.052.000	francs 3.103.500	francs 3.135.400	francs 2.281.700	francs 1.966.100	francs 1.617.200	francs 880.200	francs 1.068.900
Orléans . . .	302.200	273.300	2.477.500	933.600	2.080.800	1.769.000	3.179.400	1.300.500	1.993.800	921.800	901.700	609.300
Nord . . . . .	174.000	184.600	1.278.100	793.100	1.073.500	1.503.600	1.640.300	1.105.500	1.028.600	783.500	465.200	517.900
Ouest . . . . .	226.200	187.700	2.078.800	913.800	1.746.000	1.725.300	2.667.800	1.268.900	1.672.900	869.300	756.000	594.400
Midi . . . . .	183.300	158.300	1.113.100	490.100	934.000	925.600	1.438.500	680.500	895.800	482.300	405.200	318.800
Est . . . . .	283.500	175.000	1.804.900	630.000	1.515.300	1.190.000	2.316.300	875.000	1.452.500	620.000	656.300	410.000
TOTAUX . . . . .	1.603.200	1.419.700	11.195.600	5.409.800	9.403.100	10.217.600	14.367.700	7.512.100	9.009.700	5.324.100	4.074.800	3.519.300

CHAUFFAGE AVEC COMBUSTIBLES AGGLOMÉRÉS.

**Appréciation critique du chauffage avec combustibles agglomérés.** — Ce mode de chauffage n'est admissible qu'à la condition de chauffer les pieds et non les sièges, ce qui exige le relèvement des caisses sur les châssis pour introduire de l'extérieur les chauffeuses munies de charbon. Malgré les progrès réalisés dans la fabrication des agglomérés, qu'on est parvenu à faire durer douze et quatorze heures, l'effet calorifique de ce combustible diminue rapidement, en raison de la couche croissante de cendre qui l'enveloppe et forme obstacle au rayonnement. La plupart des chemins allemands appuient sur les risques d'incendie que présentent ces boîtes à feu intercalées au milieu du plancher et sur les dangers d'asphyxie résultant d'un défaut dans l'étanchéité des parois. En outre, le charbon aggloméré coûte environ *300 francs la tonne*, et aussi longtemps que l'industrie ne sera pas parvenue à produire ce charbon dans des conditions vraiment économiques, c'est-à-dire à abaisser ce prix au quart de sa valeur actuelle, ce procédé ne nous semble appelé à prendre aucune part au chauffage des trains en France.

CHAUFFAGE A LA VAPEUR.

**Examen critique du chauffage à la vapeur.** — Le chauffage à la vapeur est appliqué, comme on l'a vu, de deux façons différentes : tantôt la vapeur est prise à la locomotive, tantôt elle est fournie par une chaudière spéciale installée dans un fourgon à bagages.





Le premier de ces systèmes semble, au premier abord, le plus avantageux : on utilise une source de chaleur qui existe déjà dans le train et, en confiant une partie du service du chauffage au mécanicien et au chauffeur de la machine, on limite l'augmentation de personnel; mais un examen plus attentif en révèle les sérieux inconvénients :

1° Il est nécessaire de commencer à chauffer les voitures une heure environ avant le départ des trains; or, si on calcule la durée moyenne des trajets sur le réseau de l'Est, par exemple, et si on tient compte du temps nécessaire pour la mise en état des machines, on arrive à conclure que l'effectif des locomotives devrait être augmenté d'un cinquième pour assurer le service du chauffage, d'où résulterait une dépense de première installation considérable et dont on ne semble pas tenir compte en Allemagne.

2° Les voitures à voyageurs doivent toujours être placées immédiatement derrière le tender pour les raccorder à la prise de vapeur; il est donc impossible d'appliquer ce système aux trains mixtes dans lesquels on place, pour la commodité du service, les voitures à voyageurs en arrière du train. Les règlements français prescrivent d'ailleurs d'atteler dans les trains mixtes les wagons chargés de rails immédiatement derrière le tender.

3° L'expérience a établi (*voir* page 49) qu'on ne peut chauffer efficacement au moyen de la vapeur prise à la locomotive plus de douze voitures, et en France, sauf sur les lignes secondaires, la composition des trains omnibus, et même des trains express, dépasse notablement ce nombre.

On ne peut donc songer à appliquer dans notre pays le chauffage à la vapeur qu'en employant des chaudières spéciales qui seraient placées au milieu des trains, et dont la

production de vapeur suffirait au chauffage de vingt-quatre voitures.

Ce système de chauffage à la vapeur a l'avantage incontestable de posséder une grande énergie calorifique, de pouvoir être réglé suivant la température extérieure, en admettant que les appareils intérieurs mis à la disposition du public fonctionnent bien, de chauffer enfin un train entier au moyen d'un foyer unique entretenu pendant la marche même.

Ses inconvénients, plus nombreux et surtout plus importants que ses avantages, proviennent des risques que comporte incontestablement l'emploi des appareils à vapeur, de la communication obligée entre les voitures, déjà appréciée plus haut, et de la dépendance mutuelle des appareils. Résumons successivement ces divers points :

1° Les conduites de vapeur qui traversent les voitures doivent être très-bien construites, car, à la moindre fuite, les voitures se rempliraient de vapeur brûlante ; de plus, il est indispensable que l'on puisse régler l'admission de la vapeur dans les tuyaux de chauffe, ce qui exige une installation très-soignée et, conséquemment, fort coûteuse.

2° Les frais d'entretien sont également très-élevés ; les tuyaux de raccord en caoutchouc ne durent en moyenne que deux ans ; les joints doivent être souvent resserrés ; les divers robinets, les soupapes automatiques, les appareils de réglage ont besoin d'être fréquemment rodés et nettoyés.

3° Nous avons souvent constaté, sur les voitures allemandes amenées par le service international dans notre gare de Paris, que les appareils de réglage ne pouvaient pas fonctionner. Les personnes qui voyageaient en Allemagne dans ces voitures étaient donc exposées, suivant la



situation du véhicule dans le train et la position des appareils de réglage, à avoir beaucoup trop chaud ou à n'être nullement protégées contre le froid, et probablement ce défaut d'entretien est-il l'origine des critiques nombreuses dirigées, en Allemagne même, contre le chauffage à la vapeur.

4° Du reste, les appareils à vapeur sont exposés à tous les accidents qui peuvent résulter de la congélation de l'eau dans les tuyaux, soit après la marche d'un train si l'on a oublié d'ouvrir tous les robinets, soit même pendant le trajet dans de grands froids, et en cas d'admission insuffisante de vapeur, comme on l'a éprouvé en Suède lors de l'adoption de ces appareils.

5° Le principal inconvénient qu'entraîne pour l'exploitation la communication entre les voitures, est l'impossibilité d'intercaler dans les trains, et dans telle position que l'on veut, des voitures de Compagnies étrangères non pourvues du même système de chauffage.

Dans un train chauffé à la vapeur, les appareils des diverses voitures dépendent les uns des autres, et tous de la chaudière. Que celle-ci manque, le train n'est plus chauffé; qu'un tuyau de conduite ou de raccord crève, et la vapeur ne peut plus pénétrer dans les appareils placés à l'arrière de la rupture.

6° Si l'on a, pendant de grands froids, à retirer une voiture d'un train ou à en ajouter une, on doit faire ces opérations avec une grande rapidité, sinon l'eau de condensation peut geler dans les appareils qui ne communiquent plus avec la chaudière.

7° En cas de déraillement ou de collision, une chaudière placée au milieu du train peut aggraver considérablement les suites de l'accident. Enfin, on multiplie les risques

d'explosion, car le nombre des chaudières nécessaires pour chauffer tous les trains d'un réseau est considérable.

Les chemins Bavarois et celui de l'Est de Prusse font seuls une application très-étendue de ce système; mais cette application n'est pas encore *générale*: ainsi les voitures placées dans les trains de marchandises ne sont pas chauffées en Bavière; de son côté, l'Est de Prusse a repoussé ce chauffage pour les voitures circulant sur les lignes d'embranchement.

Les autres Administrations allemandes ne chauffent à la vapeur que certains trains-postes, de composition limitée et constante.

En résumé, ce système tend à se généraliser en Allemagne comme chauffage de luxe et pour améliorer le confortable des premières classes. En France, le but que nous poursuivons est tout autre; les rigueurs du climat n'exigent pas d'ailleurs un mode de chauffage aussi énergique, et le tempérament du voyageur se prêterait difficilement à des séjours prolongés dans un wagon dont la température intérieure dépasse généralement 20°. Tous les voyageurs français qui ont circulé dans les trains chauffés à la vapeur en rapportent une impression générale de malaise. En résumé, — et si l'on tient compte des objections que nous venons de récapituler, — on est conduit à conclure que ce mode de chauffage ne paraît pas approprié à l'exploitation des chemins de fer français.

#### CHAUFFAGE A L'AIR CHAUD.

**Examen critique du chauffage à l'air chaud.** — Nous avons expérimenté un grand nombre d'appareils à air chaud et nous en avons donné la description détaillée;



nous résumerons comme suit le résultat de nos expériences, tant sur le réseau de l'Est que sur les réseaux étrangers.

Les appareils à air chaud, tels qu'ils sont généralement employés en Allemagne, et tels que nous les avons essayés pendant l'hiver 1874 (appareils Mousseron, n<sup>os</sup> 1 et 2), sont entachés de vices fondamentaux inhérents au système lui-même.

1<sup>o</sup> L'air chaud, introduit à l'intérieur de la voiture, se distribue suivant la loi des densités, de sorte qu'en général les pieds des voyageurs sont notablement plus froids que la tête, — ce qui constitue un mode de chauffage éminemment nuisible à la santé, et en quelque sorte apoplectique.

2<sup>o</sup> L'air, ayant une capacité calorifique extrêmement faible (0,2377 par kilogramme à pression constante), est essentiellement impropre à retenir et à emmagasiner la chaleur. Il en résulte qu'une voiture remplie d'air chaud ne renferme en réalité qu'un approvisionnement insignifiant de calorique, et que cette faible quantité de chaleur disparaît presque immédiatement lorsqu'on ouvre les glaces ou les portières. Avec ce système de chauffage, le voyageur est donc soumis à des alternatives incessantes de chaud et de froid, — ce qui est une cause de malaise intolérable.

3<sup>o</sup> Les foyers métalliques au contact desquels s'échauffe l'air, et en particulier les foyers en fonte, ne sont point étanches aux gaz. Lorsque la chaleur du foyer est trop intense, les gaz provenant de la combustion (acide carbonique et oxyde de carbone) passent au travers de la paroi métallique comme au travers d'un crible et viennent se mélanger avec l'air chaud, — ce qui explique la mauvaise

odeur et les maux de tête dont se plaignent fréquemment les voyageurs.

Toutes les tentatives que nous avons faites pour améliorer ces appareils, en cherchant à ramener la chaleur vers les pieds et à créer une sorte de *volant calorifique* destiné à suppléer à l'insuffisance de l'air comme véhicule de chaleur, toutes ces tentatives, disons-nous, ont été vaines. Nos boîtes d'air chaud placées sur le plancher sous la forme de vastes réservoirs occupant tout le bas de la voiture, nos chaufferettes d'air chaud disposées dans l'axe de chaque compartiment, nos chaufferettes d'eau et de sable chauffées par l'air chaud, n'ont donné que des résultats médiocres, et nous amenaient à des appareils coûteux et compliqués.

Nous nous croyons en droit de conclure de nos expériences que tout système de chauffage consistant à envoyer dans les voitures des courants d'air chaud, quels que soient d'ailleurs les appareils employés à chauffer cet air, est mauvais en principe et préjudiciable à la santé publique, et qu'il serait infiniment préférable de laisser les voyageurs endurer les rigueurs des frimas, pendant les jours, — assez peu nombreux du reste, — des hivers froids de notre pays, que de les condamner à séjourner dans des étuves malsaines, contre lesquelles le public français serait unanime à protester.

#### CHAUFFAGE AU POËLE.

**Examen critique du chauffage au poêle.** — Ici nous intervertissons l'ordre admis jusqu'à présent dans ce résumé critique, qui avait suivi la succession décroissante des dépenses, pour donner notre appréciation sur le chauffage au



moyen de poêles, parce qu'il présente avec le système précédent un certain nombre de points communs :

1° Ce mode de chauffage présente des inconvénients analogues aux appareils à air chaud, au point de vue de la mauvaise répartition de la chaleur. Malgré les écrans protecteurs, les voyageurs placés près de l'appareil ont à endurer des températures souvent intolérables, tandis que les voyageurs placés aux extrémités de la voiture sont à peine chauffés.

2° L'installation des poêles est impossible dans des voitures à compartiments séparés.

3° De tous les appareils, le poêle est le plus dangereux, car chaque voiture porte avec elle un foyer de charbon incandescent qui se répand à l'intérieur en cas de collision ou de déraillement.

Plusieurs accidents graves sont résultés de l'emploi de ce mode de chauffage sur les chemins étrangers, entre autres celui qui est arrivé le 24 décembre 1875 sur la ligne d'Odessa, en Russie (107 soldats brûlés dans l'incendie allumé par les poêles des voitures dans un train déraillé).

Ce mode de chauffage est incontestablement le plus simple et le plus économique; on s'explique la faveur dont il jouit sur certains chemins suisses, allemands et autrichiens, et particulièrement avec le matériel dit « américain »; mais nous n'hésitons pas à dire qu'il est inapplicable au matériel français actuel. Au reste, l'expérience que nous en avons tentée sur notre réseau a été décisive : les voyageurs placés près des poêles ouvraient invariablement leurs portières en grand pour combattre la chaleur qui les incommodait, et les voitures munies de ce mode de chauffage étaient littéralement désertées du public.

APPAREIL A CIRCULATION D'EAU CHAUDE DANS DES  
CHAUFFERETTES FIXES.

Appareil de 1874, étudié et construit par la Compagnie de l'Est. (Voir Pl. 25 et 26.)

**Examen critique du système à circulation d'eau chaude dans des bouillottes fixes (thermo-syphon de la Compagnie de l'Est).**

— Ce mode de chauffage présente les avantages suivants :

1° Il maintient, sous les pieds des voyageurs, une température constante d'environ 60°.

2° Il élève la température intérieure de la voiture d'environ 10° au-dessus de la température extérieure.

3° Il évite toute ouverture de portières lors du renouvellement des chaufferettes.

Ces conditions résoudraient la question aussi complètement que possible si elles ne présentaient pas, comme contre-partie, certains inconvénients.

1° Chaque voiture est munie d'un foyer. A la vérité, ce foyer, de dimensions fort restreintes, est en dehors de la voiture; il est d'ailleurs alimenté au coke, et on sait que ce combustible, lorsqu'il est répandu à l'état de morceaux isolés, s'éteint très-rapidement. Il n'en est pas moins incontestable que, si minime que soit le risque d'incendie, il existe, et qu'à ce point de vue spécial un système qui ne comporterait pas de foyer du tout serait supérieur.

2° Quelque simple qu'il soit, l'appareil à eau chaude demandera des réparations et, pendant tout le temps que celles-ci dureront, la voiture sera paralysée et enlevée au service de l'exploitation.

3° Nous ne parlerons que pour mémoire de la congélation possible des tuyaux. Les essais divers que nous avons tentés pour y remédier, — en introduisant dans l'eau des





substances telles que la glycérine, destinées à retarder le point de congélation, — n'ont donné aucun résultat vraiment susceptible d'entrer dans la pratique journalière. Le seul moyen d'éviter complètement cet inconvénient, ainsi que ceux de l'allumage et de la mise en marche, est d'entretenir les appareils en feu *depuis le premier jusqu'au dernier jour de chauffage*. La consommation du combustible n'en est que fort peu augmentée comme nous l'avons démontré. C'est d'ailleurs dans cette hypothèse que nos devis ont été établis, et l'on a vu cependant (page 412) que ce mode de chauffage occupe comme situation économique le second rang, le poêle à part, dans la liste générale que nous avons donnée.

Nous croyons donc que le système à circulation d'eau chaude répond, dans nos climats, de la manière la plus satisfaisante aux conditions d'un excellent chauffage, et qu'il importe de l'expérimenter sur une assez grande échelle pour se rendre un compte exact du degré d'importance que pourraient prendre, dans le service journalier de l'exploitation des chemins de fer, les inconvénients que nous venons de signaler.

#### BOUILLOTES MOBILES A EAU CHAUDE.

**Examen critique du système de chauffage avec bouillottes mobiles.** — Ce système est trop connu du public pour que nous ayons à revenir encore sur ce que nous en avons déjà dit. Il présente l'inconvénient de chauffer peu, lorsque l'eau n'est point assez chaude au départ, ce qui arrive souvent, il faut le reconnaître. Toutes les deux ou trois heures, il exige l'ouverture en grand des portières pour le renouvellement de l'eau; enfin, il nécessite le manie-ment d'un grand nombre de bouillottes. Ainsi, le chauf-

page complet du réseau de l'Est, par ce système, demanderait 18,000 bouillottes environ, et, à la gare de Paris-Est seulement, on sera amené à manutentionner dans une journée 5,000 chauffeuses.

Mais on a, croyons-nous, exagéré ces inconvénients qui, en réalité, ne sont que de second ordre.

Le principal obstacle qui s'est opposé jusqu'à ce jour à la généralisation de l'emploi des bouillottes mobiles provient surtout du mode actuel de chauffage de l'eau, mode tellement primitif qu'il s'oppose à toute application un peu étendue.

Sur la plupart des chemins de fer, en effet, on emploie pour chauffer l'eau un récipient ordinaire assimilable à une marmite de grande dimension. Quant aux chauffeuses, elles sont manipulées une à une; chacune d'elles est débouchée, vidée, placée sous un robinet d'eau chaude, remplie de nouveau et rebouchée. C'est la reproduction, sans changement, du mode d'opérer des ménagères frileuses qui, depuis une respectable antiquité, garnissent leur lit d'une bouteille d'eau chaude pour adoucir la rigueur des nuits d'hiver.

Il est cependant possible d'appliquer au chauffage des bouillottes des procédés plus perfectionnés; chaque jour la mécanique moderne triomphe en effet de difficultés bien autrement grandes. Nous avons indiqué deux moyens de résoudre la question: l'un (page 347), perfectionné par la Compagnie d'Orléans, consiste à réchauffer les bouillottes par l'injection rapide et simultanée de jets de vapeur à haute pression; l'autre (page 352), imaginé par la Compagnie de l'Est, consiste à plonger mécaniquement les bouillottes dans un bain d'eau à 100°, sans les boucher ni les déboucher. Que l'on adopte l'un ou l'autre des procédés, il n'est pas moins démontré que la question du



chauffage rapide de l'eau des bouillottes mobiles nécessaires aux voitures des trois classes est désormais résolue, et qu'il est dès à présent possible de pourvoir l'exploitation des chemins de fer d'un mode de chauffage qui, sans être parfait, répond d'une manière satisfaisante aux conditions à remplir.

En résumé, *c'est à l'eau chaude seule, contenue soit dans des bouillottes fixes, soit dans des bouillottes mobiles, qu'il faut demander la solution du problème dans nos climats.*

Est-il donc surprenant qu'il en soit ainsi ? Un corps ne peut rendre que la quantité de chaleur qu'il a absorbée; d'où résulte que la substance qui possédera la plus forte capacité calorifique sera la mieux appropriée au chauffage. Or, de tous les corps de la nature, c'est l'eau qui possède le pouvoir calorifique le plus élevé; c'est donc l'eau qu'il faut choisir. Les personnes qui ont proposé de prendre pour véhicules de la chaleur le sable, les briques, les métaux, l'air, la vapeur d'eau, ont certainement perdu de vue l'une des propriétés les plus remarquables de l'eau, et ont oublié de jeter les yeux sur la table de la chaleur spécifique des corps, car elles y auraient lu ce qui suit :

*Capacité calorifique des corps ci-dessous :*

Eau . . . . .	1,	par kilog.
Sable . . }	. . . . . 0,2000	
Brique . }		
Fonte . . . . .	0,1298	
Air . . . . .	0,2377	par kilog.
Vapeur d'eau . . .	0,4750	

Ces chiffres expliquent l'insuccès de toutes les tentatives faites pour substituer des chaufferettes de sable, de



## RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS.

Maintenant la question nous semble avoir fait un grand pas. Les renseignements que nous avons puisés à l'étranger, l'opinion des étrangers eux-mêmes, les expériences que nous avons faites sur notre propre réseau, — mieux encore, — l'avis du public librement exprimé, ont dégagé le problème d'un certain nombre de solutions qu'on doit considérer comme étrangères et comme définitivement écartées.

Le programme est réduit à ces simples termes :

« Chauffer les pieds des voyageurs au moyen de l'eau  
« chaude. »

Sur ce programme, toutes les Compagnies françaises se sont mises à l'œuvre, et nous croyons savoir que, dès l'hiver prochain, les compartiments de toutes classes des trains de grand parcours seront munis de chaufferettes à eau chaude fixes ou mobiles. Si on veut bien se reporter à ce qui se passe actuellement à l'étranger, et au chaos qui enveloppe encore la question dans le pays où les procédés sont les plus nombreux et les plus multipliés, on restera convaincu que la France n'aura bientôt, sous ce rapport, rien à envier aux autres nations. Elle aura su profiter, cette fois, de l'expérience acquise chez ses voisins, et elle n'aura qu'à s'applaudir de s'être arrêtée à une solution que le temps a mûrie et que l'étude a consacrée.

FIN.

# ANNEXES



ANNEXES

## ANNEXE A.

### Note sur l'incapacité des gaz à emmagasiner la chaleur.

La quantité de chaleur que l'on peut fournir à l'air d'un compartiment, lorsqu'on fait abstraction du rayonnement extérieur, n'augmente pas indéfiniment avec la température de la source de chaleur. Le nombre de calories emmagasinées dans l'intérieur du compartiment tend vers une limite finie lorsque la température de la source tend vers l'infini.

En effet, soient :

$V$  le volume du compartiment,

$C$  la chaleur spécifique de l'air sous pression constante,

$t$  la température de l'air à l'intérieur du compartiment,

$p$  le poids spécifique de l'air à 0°.

A mesure que la température de l'air s'élève à l'intérieur du compartiment, cet air se dilate ; une partie s'échappe à l'extérieur, une autre partie reste à l'intérieur et est soumise à la pression atmosphérique que nous supposons constante.

Le poids de l'air qui est resté à l'intérieur du compartiment est évidemment, d'après la loi de Gay-Lussac :

$$\frac{p V}{1 + \alpha t}$$

La quantité de chaleur qu'il renferme est, par suite :

$$\frac{p V c t}{1 + \alpha t}$$

Cette expression peut se mettre sous la forme :

$$\frac{p V c}{\frac{1}{t} + \alpha}$$



ANNEXE A.

qui a pour limite  $\frac{p V c}{\alpha}$  lorsque  $t$  augmente indéfiniment, ou, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$p = 1,293 \quad c = 0,2377 \quad \alpha = 0,003663$$

D'où  $\text{lim.} = 83,893 V$ ,

c'est-à-dire que par mètre cube la limite est de 83 calories 893.

Il va sans dire que, dans la pratique,  $t$  ne dépasse pas  $25^\circ$  en moyenne, de sorte que si, à l'origine, la température est de  $-10^\circ$ , la quantité de chaleur que doit emmagasiner l'air, indépendamment de celle qui se perd par le rayonnement des parois, est :

$$p V c \left( \frac{t}{1 + \alpha t} - \frac{t_0}{1 + \alpha t_0} \right)$$

Ou bien, en chiffres :

$$V 83,893 \left( \frac{25}{298} + \frac{10}{263} \right) = V 83,893 \times 0,1091 = V 9,152,$$

c'est-à-dire 9,15 calories par mètre cube.



## ANNEXE B.

### Note sur le chauffage des bouillottes au bain-Marie.

Un géomètre bien connu de toutes les personnes qui s'occupent de cinématique, M. Marcel Deprez, a eu l'idée d'appliquer la loi de Newton à nos expériences, ce qui l'a conduit à une formule très-pratique et qui représente avec une grande exactitude les phénomènes du réchauffage par immersion.

Soit  $\Theta$  la température d'une bouillotte à un instant  $t$ ; en admettant la loi de Newton par laquelle l'accroissement de température  $d\Theta$  correspondant à l'accroissement de temps  $dt$  est proportionnelle à la différence  $T - \Theta$  de la température extérieure  $T$  (celle du bain) et la température intérieure  $\Theta$  de la bouillotte, on a de suite :

$$d\Theta = K (T - \Theta) dt.$$

D'où, en intégrant entre des limites  $\Theta_0$  et  $\Theta_1$

$$t = \frac{1}{K} \log. \text{Nép.} \frac{T - \Theta_0}{T - \Theta_1}$$

Si nous prenons au thermomètre la température d'une bouillotte de la Compagnie de l'Est plongée dans un bain d'eau chaude, toutes les 10 secondes, par exemple, et si nous considérons quatre températures deux à deux consécutives  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_n, \Theta_{n+1}$ ; d'après l'équation précédente, elles répondront à l'égalité

$$\frac{T - \Theta_1}{T - \Theta_2} = \frac{T - \Theta_n}{T - \Theta_{n+1}}$$

Voici un relevé d'observations faites de 10 en 10 secondes : 21°, 30, 36, 42, 47, 51, 56, 59, 62, 64, 67, 69, 71.5, 73, 75.5, 77, 78, 79, 80, la température du bain étant constamment de 97°.

Or, en appliquant la formule précédente à l'intervalle 30 — 36, considérant le terme 64, on obtiendrait le suivant par la formule :

$$\Theta_{n+1} = T - \frac{(T - \Theta_n)(T - \Theta_2)}{T - \Theta_1}$$



## ANNEXE C.

- D. Chauffage au moyen de combustibles agglomérés ;  
E. — — de l'eau chaude ;  
F. — — des produits de la combustion ;  
G. — — de chaufferettes (à l'eau chaude ou au sable).

### A.

Le système de chauffage au moyen de la vapeur a été appliqué par les administrations suivantes :

Chemin de fer grand-ducal de l'État Badois, dans les trains express et de nuit ;

Chemin de fer de Berlin à Hambourg, pour tous les trains de voyageurs dans les quatre classes ;

Chemin de fer royal de l'État Bavarois, pour tous les trains express et postes et certains trains mixtes ;

(Chez ces trois administrations, la vapeur est fournie aux appareils de chauffage par une chaudière spéciale installée dans le fourgon à bagages.)

Chemin de fer de l'Est Bavarois, pour tous les trains postes et de voyageurs ;

Chemin de fer de Breslau-Schweidnitz-Freibourg, pour tous les trains de grande vitesse et de voyageurs ;

Chemin de fer du Nord Empereur-Ferdinand, dans les voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe des trains de grande vitesse entre Vienne et Cracovie ;

Chemin de fer de la Basse-Silésie et Marche, pour un train express et un train poste dans les voitures directes ;

Chemin de fer de la Haute-Silésie, pour les voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe dans les trains express et postes ;

(Chez les cinq administrations qui précèdent, la vapeur est empruntée à la chaudière de la locomotive.)

Chemin de fer Charles-Louis de Gallicie et chemin de fer royal de l'Est de Prusse (1), pour les voitures des trains ordinaires de voyageurs, chauffées avec la vapeur fournie par une chaudière spéciale

---

(1) La Direction des chemins de fer de l'Est Prussien communique, en outre, les renseignements suivants sur son appareil de chauffage par la vapeur :

« Les conduites de vapeur sont placées sous les caisses des voitures et reliées entre celles-ci au moyen de tuyaux en caoutchouc. La chaudière est munie d'un robinet de prise de vapeur communiquant avec une soupape de sûreté et un manomètre.

« Un garde spécial est chargé du réglage du robinet pendant la marche ; il



installée dans le fourgon à bagages ; pour les trains express, chauffés au moyen de la vapeur prise à la chaudière de la locomotive ;

Chemin de fer de l'Ouest Impératrice-Élisabeth, pour les voitures directes en destination de la Bavière entrant dans la composition des trains express. Ces voitures ne sont cependant pas chauffées sur le propre parcours de ce chemin ;

Chemin de fer Rhénan, pour les voitures directes de Vienne à Cologne, qui sont en outre aménagées pour le chauffage au moyen de combustible aggloméré ;

Chemin de fer de l'État Saxon ; le chauffage par la vapeur a été appliqué à titre d'essai à plusieurs trains ;

Chemin de fer de l'État Hongrois, qui a abandonné le chauffage par la vapeur à cause des fuites fréquentes qui se produisaient dans les conduites, et aussi en raison de l'impossibilité d'intercaler les voitures étrangères dans les trains chauffés suivant ce système.

## B.

Le chauffage au moyen de poêles placés à l'intérieur des voitures se fait avec de la houille ou du coke et a été adopté par les administrations suivantes :

assure, en outre, la mise en fonctionnement des appareils, l'écoulement de l'eau de condensation, le montage et le démontage des tuyaux de communication, etc.

« Les tuyaux de chauffe proprement dits sont installés sous les banquettes et isolés de tous côtés par une double enveloppe protectrice en tôle.

« Le devant de cette chambre de chauffage est mobile et disposé de manière à pouvoir être ouvert ou fermé à volonté au moyen d'un agencement spécial.

« Dans les angles des compartiments se trouvent les tuyaux de ventilation qui sont en communication avec la chambre de chauffage et peuvent être interceptés au moyen d'un registre qui se ferme quand l'enveloppe du tuyau de chauffe est ouverte, et réciproquement.

« Il résulte de cette disposition que la chaleur dégagée par les tuyaux de chauffe se répand, suivant les besoins, dans l'intérieur du compartiment ou dans l'atmosphère, et que l'on peut facilement régler l'élévation de la température.

« Afin d'activer le renouvellement de l'air, les tuyaux de ventilation sont munis d'aspirateurs Wolpert.

« L'espace compris entre l'enveloppe extérieure des tuyaux de chauffe et le dessous du siège, et qui est complètement isolé, n'est pas sujet à s'échauffer si l'on pratique quelques trous dans les tuyaux de ventilation au-dessus du registre.

« La disposition qui vient d'être décrite, perfectionnée de manière à rendre le régulateur parfaitement accessible aux voyageurs, a donné de très-bons résultats. Elle permet en même temps d'obtenir la ventilation désirable. »

(Note du Secrétaire du Congrès.)

ANNEXE C.

1° Dans les voitures de 3° et 4° classe.

Chemin de fer Alfold-Fiume (section de Grosswardein-Esseig),

- Berg-Marche,
- Berlin-Görlitz et Halle-Sorau-Guben,
- de Buschtehrad,
- de Graz-Köllach,
- de l'État de Hanovre,
- de Leipzig-Dresde,
- de Magdebourg-Leipzig,
- de Mein-Weser,
- de Thuringe.

2° Dans les voitures de 3° classe.

Chemin de fer grand-ducal de l'État Badois,

- Lemberg-Czernowitz-Jassy,
- Mein-Neckar,
- de l'État Autrichien,
- Sud de l'Autriche,
- Palatinat,
- de la Theiss,
- de Westphalie,
- royal de l'État Wurtembergeois.

3° Dans les voitures de 4° classe.

Chemin de fer de Berlin-Anhalt,

- de la Haute-Silésie,
- Sud de la Prusse orientale,
- Est Hongrois,
- État Hongrois.

Le chemin de fer royal de l'Est Prussien applique ce système aux trains de banlieue et aux trains d'embranchement.

Le chemin de fer Rhénan l'applique aux wagons-postes et de service (fourgons), ainsi qu'à une voiture spéciale.

Le chauffage au moyen de poêles est en outre à l'essai sur :

Le chemin de fer Nord-Ouest Autrichien sur quarante-cinq voitures de 3° classe,

Le chemin de fer Jonction Sud-Nord de l'Allemagne sur trente voitures de 3° classe,

Le chemin de fer Ouest Impératrice Elisabeth.

Les administrations ci-après ont établi, dans leurs voitures de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> classe, des poêles alimentés au charbon de bois :

- Chemin de fer Grand-ducal Badois,
- Berlin-Görlitz,
- Halle-Sorau-Guben.

Les voitures-salons de ces trois chemins sont chauffées par le même procédé.

Le chemin royal de l'État Wurtembergeois fait usage, dans ses voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe, de poêles alimentés au bois.

Les voitures-salons du chemin de fer du Sud de l'Autriche sont chauffées au moyen de poêles alimentés à la brique.

Enfin, ce système a été abandonné par le chemin de fer de Berlin-Stettin, qui redoutait des incendies.

### C.

Le mode de chauffage au moyen de calorifères placés sous les caisses des voitures a été adopté par :

Le chemin de fer de l'État Hongrois, pour les voitures de 3<sup>e</sup> classe (l'appareil est à foyer vertical et alimenté à la houille ou au coke) ;

Le chemin de fer du Nord Empereur-Ferdinand, dans quatre-vingt-dix-sept voitures de toutes classes, mais principalement de 3<sup>e</sup> classe ;

Le chemin de fer Ouest Impératrice-Élisabeth, dans des coupés-lits et dans les voitures-salons ;

Le chemin de fer de la Haute-Silésie, dans les voitures de 3<sup>e</sup> classe.

L'appareil de ces trois dernières administrations est un poêle horizontal combiné avec une circulation d'air et une ventilation (système Thamm et Rothmüller).

La méthode a été appliquée à titre d'essai sur les lignes :

Grand-ducales Badoises,

De la Basse-Silésie et Marche,  
Rhénanes,

De l'État Hongrois.

Le chemin de fer de Lemberg-Czernowitz-Jassy a l'intention d'en faire l'application aux voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe qu'il fera construire dans l'avenir.

Des essais de calorifères horizontaux alimentés au charbon aggloméré (système Kiénast) ont été faits par :

ANNEXE C.

Le chemin de fer Grand-ducal de l'État Badois,

- de Berlin-Hambourg,
- Rhénan.

D.

Le chauffage au moyen du combustible aggloméré, avec appareils fermés disposés sous les sièges ou dans le plancher entre les sièges, a été adopté, principalement pour les voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe, par les lignes ci-après :

Chemin de fer Berg-Marche,

- Berlin-Anhalt (dans les 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> classes),
- Berlin-Hambourg,
- Berlin-Potsdam-Magdebourg,
- Brünswick,
- Hanovre,
- Cologne-Minden,
- Magdebourg-Halberstadt,
- Mein-Weser,
- État Néerlandais,
- Basse-Silésie et Marche,
- Sud de la Prusse orientale,
- Palatinat,
- Est Prussien (pour les trains de banlieue et des embranchements),
- Rhénan,
- Thuringe,
- Tilsit-Insterbourg,
- Westphalie.

Les lignes suivantes ont appliqué le système à titre d'essai :

Chemin de fer Altona-Kiel,

- Berlin-Görlitz et Halle-Sorau-Guben,
- État Saxon,
- Jonction Sud-Nord de l'Allemagne.

La méthode a été abandonnée par le chemin de fer de l'État Autrichien.

E.

Le système de chauffage à l'eau chaude a été adopté par :

Le chemin de fer Nord Empereur-Ferdinand, pour les voitures du train impérial,

Le chemin de fer Ouest Impératrice-Élisabeth, pour quelques voitures-salons.

Les appareils de ces deux administrations consistent en de grandes caisses communiquant entre elles et alimentées au moyen de l'eau d'un tender chauffé à la vapeur.

Le chauffage par l'eau chaude a encore été appliqué par :

Le chemin de fer Rhénan, à une voiture-salon.

Le chemin de fer de l'État Hongrois a fait l'application à titre d'essai du système Weibel-Briquet.

## F.

Le chauffage des voitures au moyen des gaz de la combustion a été mis en essai sur le chemin de fer Empereur François-Joseph, mais n'a pas encore été adopté définitivement.

## G.

L'emploi des bouillottes pour le chauffage des voitures est en usage, principalement pour les compartiments de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe, sur les lignes suivantes :

Chemin de fer Alföld-Fiume (section de Grosswardein à Esseig),

- Altona-Kiel,
- Grand-ducal Badois,
- Berlin-Görlitz et Halle-Sorau-Guben (chaufferettes au sable),
- Berlin-Stettin,
- Buschtehrad,
- Graz-Köflach,
- Nord Empereur-Ferdinand (lignes d'embranchement),
- Ouest Impératrice-Élisabeth,
- Cologne-Minden,
- Leipzig-Dresde,
- Magdebourg-Leipzig,
- Mein-Neckar,



ANNEXE C.

Chemin de fer État Néerlandais,

- Nord-Ouest Autrichien,
- Rhénan,
- État Saxon,
- Jonction Sud-Nord de l'Allemagne,
- Theiss,
- Est Hongrois,
- État Hongrois,
- Ouest Hongrois,
- Vorarlberg.

De ce qui précède, il résulte que le chauffage est appliqué :

- A. Au moyen de la vapeur, par treize administrations (dont une à titre d'essai) ;
- B. Au moyen de poêles, par vingt-neuf administrations (dont trois à titre d'essai) ;
- C. Au moyen de calorifères extérieurs, par neuf administrations (dont cinq à titre d'essai) ;
- D. Au moyen de combustible aggloméré, par vingt-trois administrations (dont cinq à titre d'essai) ;
- E. Au moyen de l'eau chaude, par quatre administrations (dont une à titre d'essai) ;
- F. Au moyen des produits de la combustion, par une seule administration et à titre d'essai ;
- G. Au moyen de chaufferettes mobiles, par vingt-quatre administrations.

Nous donnons ci-après les renseignements fournis par les diverses administrations, relativement à la deuxième partie de la question, c'est-à-dire le prix de revient de chacun de ces systèmes.

Les chiffres produits se rapportent cependant principalement à la consommation de combustible, sans qu'il ait été tenu compte des dépenses d'installation, de main-d'œuvre, d'exploitation, ni des frais d'entretien des appareils. On ne peut donc établir entre ces dépenses qu'une moyenne générale qui serait la suivante :

$$A : B : C : D = 1 \frac{1}{2} : 1 : 1 : 2.$$

Il eût été très-désirable pourtant que les administrations eussent accordé plus d'attention à ce côté de la question, afin de permettre,



lors de l'application générale du chauffage des voitures, qui est imminente, de résoudre en même temps le point économique de la question.

INDICATION DES DÉPENSES.

A. *Chauffage au moyen de la vapeur :*

Chemin Grand-ducal Badois : 0<sup>fr</sup>,046428 par wagon-mille ou 0<sup>fr</sup>,00619 par voiture-kilomètre (sans intérêt ni amortissement des frais de premier établissement).

Chemin Royal Bavarois : 0<sup>fr</sup>,05357 par compartiment et par heure (pour les matières et la main-d'œuvre).

Chemin Berlin-Hambourg : 0<sup>fr</sup>,015625 par essieu-mille ou 0<sup>fr</sup>,002083 par essieu-kilomètre.

Chemin Breslau-Schweidnitz-Freibourg : 0<sup>fr</sup>,0875 par wagon-mille ou 0<sup>fr</sup>,01166 par wagon-kilomètre (y compris les frais de renouvellement et de réparation du matériel).

Chemin Nord Empereur-Ferdinand : 0<sup>fr</sup>,125 par wagon-mille ou 0<sup>fr</sup>,01647 par voiture-kilomètre (y compris l'intérêt et l'amortissement des frais d'installation).

Chemin Est Prussien : de 0<sup>fr</sup>,0520 à 0<sup>fr</sup>,0666 par compartiment et par heure pour l'entretien des appareils, le service et les matières.

Chemin Rhénan : 412<sup>fr</sup>,50, frais d'installation par voiture.

B. *Chauffage au moyen de poêles.*

Chemin Berg-Marche, 0<sup>fr</sup>,0417 à 0<sup>fr</sup>,0520 par voiture et par heure.

— Berlin-Anhalt, 93<sup>fr</sup>,75 par appareil y compris l'installation.

— Berlin-Görlitz et Halle-Sorau-Guben, 0<sup>fr</sup>,1875 par heure pour la consommation de coke ; 0<sup>fr</sup>,125 pour la consommation de charbon de bois.

Chemin Buschtehrad, 0<sup>fr</sup>,0049 par kilomètre et par appareil (y compris l'entretien et les frais d'intérêt et d'amortissement).

Chemin Hanovre, 0<sup>fr</sup>,01042 à 0<sup>fr</sup>,02083 par compartiment et par heure.

Chemin Leipzig-Dresde, 0<sup>fr</sup>,10417 à 0<sup>fr</sup>,20834 de charbon de bois par voiture et par jour.

Chemin Mein-Neckar, 0<sup>f</sup>,00211 par voiture-kilomètre; le poêle coûte 77<sup>f</sup>,04.

Chemin Mein-Weser, 0<sup>f</sup>,00575 pour chaque degré Réaumur (0<sup>f</sup>,00460 par degré centigrade) d'élévation de température par compartiment et par heure.

Chemin État Autrichien, 0<sup>kg</sup>,433 à 0<sup>kg</sup>,166 de charbon par voiture-kilomètre.

Chemin Sud de la Prusse orientale, 0<sup>f</sup>,01111 par compartiment et par kilomètre.

Chemin Est Prussien, 0<sup>f</sup>,05208 à 0<sup>f</sup>,0625 par voiture et par heure.

— Rhénan, 1<sup>kg</sup>,560 de houille par heure; l'appareil revient à 120<sup>f</sup>.

Chemin de la Theiss, 1<sup>kg</sup>,550 de combustible par heure et par poêle. — Le total des dépenses pour le matériel de chauffage, en 1873, s'est élevé à 1,979<sup>f</sup>,85.

Chemin de la Thuringe, 0<sup>f</sup>,03125 par compartiment et par heure.

#### C. Chauffage au moyen de calorifères extérieurs.

Chemin Nord Empereur-Ferdinand, 0<sup>f</sup>,00923 par voiture et par kilomètre (y compris les dépenses d'exploitation et d'entretien et les frais d'intérêt et d'amortissement).

Chemin Rhénan, deux appareils Kiénast, 1,237<sup>f</sup>,50; un appareil Thamm, 900<sup>f</sup>.

Chemin État Hongrois, 0<sup>f</sup>,125 à 0<sup>f</sup>,1483 par voiture et par heure.

#### D. Chauffage au moyen de combustible aggloméré.

Chemin Grand-ducal Badois, environ 0<sup>f</sup>,01238 par voiture-kilomètre.

— Berlin-Anhalt, 168<sup>f</sup>,75 pour frais d'installation par compartiment.

Chemins Berlin-Görlitz et Halle-Sorau-Guben, 0<sup>f</sup>,0625 par compartiment et par heure de fonctionnement.

Chemin Berlin-Hambourg, 0<sup>f</sup>,003194 par essieu-kilomètre.

— Berlin-Potsdam-Magdebourg, 0<sup>f</sup>,01046 à 0<sup>f</sup>,02092 par compartiment-mille, soit 0<sup>f</sup>,00139 à 0<sup>f</sup>,00278 par compartiment et par kilomètre.

Chemin Berg-Marche, 0<sup>f</sup>,3125 par heure et par voiture.

— Brünswick, 0<sup>f</sup>,00208 à 0<sup>f</sup>,00417 par compartiment-kilo-

mètre (frais de service non compris). Frais d'installation par compartiment, 157<sup>f</sup>,50.

Chemin État de Hanovre, 0<sup>f</sup>,0729 par compartiment et par heure.

— Mein-Weser, 0<sup>f</sup>,0166 par compartiment et par degré Réaumur d'élévation de température (0<sup>f</sup>,01328 par degré centigrade).

Chemins Basse-Silésie et Marche, 0<sup>f</sup>,025 à 0<sup>f</sup>,075 par compartiment et par heure.

Chemin État Néerlandais, 0<sup>f</sup>,003141 par compartiment et par kilomètre.

Chemin Sud de la Prusse orientale, 0<sup>f</sup>,0166 à 0<sup>f</sup>,0209 par compartiment et par kilomètre.

Chemin Est Prussien, 0<sup>f</sup>,0625 par compartiment et par heure.

— Palatinat, 0<sup>f</sup>,0420 d° d°

— Rhénan, un appareil Berghausen, 712<sup>f</sup>,50 (installation comprise), deux appareils Berghausen, 600<sup>f</sup> (installation comprise). Dépense de combustible par voiture et par heure, 0<sup>f</sup>,1875 (service non compris).

Chemin Thuringe, 0<sup>f</sup>,075 par compartiment et par heure.

— Tilsit-Insterbourg, 0<sup>f</sup>,0166, frais d'installation par essieu-kilomètre.

#### E. Chauffage au moyen d'eau chaude.

Chemin Rhénan, frais d'installation 562<sup>f</sup>,50. Consommation de combustible, 3<sup>kg</sup>,125 de houille par heure.

#### G. Chauffage au moyen de chaufferettes mobiles.

Chemin Mein-Neckar. Prix d'une chaufferette 22<sup>f</sup>,43. La garniture extérieure est à renouveler après dix-huit mois et revient à 9<sup>f</sup>,38.

Chemin État Néerlandais, 0<sup>f</sup>,0259 par compartiment-kilomètre.

— Rhénan. Le chauffage d'une voiture, y compris les frais d'entretien des appareils, se monte à 345<sup>f</sup> par an, non compris les dépenses de manipulation.

Chemin État Hongrois, 0<sup>f</sup>,28 par voiture et par heure.

---

Quant à la troisième partie de la question relative aux risques d'incendie, les réponses des administrations ne signalent ces ris-



## ANNEXE C.

ques que pour les systèmes de chauffage au moyen de poêles, indiqué *sub B* et *C*, et du chauffage au charbon aggloméré indiqué *sub D*.

En général, les appareils de chauffage au moyen de calorifères placés extérieurement n'ont donné lieu à aucune crainte de danger par le feu. Cependant, sur le chemin de l'Est Hongrois, deux cas d'incendie se sont produits pendant l'hiver 1872-73 et un cas en 1873-74. Ces incendies ont été provoqués par l'échauffement excessif de la cheminée traversant le pavillon de la voiture.

Le chemin de l'État Hongrois explique de la même manière les avaries qui sont résultées d'un chauffage exagéré des poêles placés dans l'intérieur des compartiments. Il a pris des mesures pour remédier à cet état de choses.

Le chemin de la Theiss rapporte que le système de chauffage au moyen de poêles ne peut occasionner d'incendie que lorsque la combustion est poussée outre mesure ou n'est pas surveillée.

L'appareil Kiénast, appliqué par le chemin du Nord Empereur-Ferdinand, n'a présenté aucun risque.

Toutes les administrations qui ont adopté le chauffage au moyen de combustible aggloméré déclarent qu'il n'y a aucun danger d'incendie, si l'on apporte les soins nécessaires à l'entretien du feu et si on emploie un appareil hermétiquement fermé et isolé des sièges. Cependant les chemins Grand-ducal Badois et du Palatinat relèvent que ce mode de chauffage ne saurait être considéré comme exempt de tout risque. D'un autre côté, la Direction du chemin Rhénaïn prétend savoir que des dégâts ont été à plusieurs reprises provoqués par les appareils placés entre les sièges et le plancher.

---

## CONCLUSIONS.

---

De ces nombreux systèmes de chauffage, en partie appliqués, en partie restés à l'état d'essai, aucun n'a encore acquis une priorité décisive (*sic*).

Dans la majeure partie des cas, les appareils à vapeur sont employés pour le chauffage des trains express et postes, dont la composition n'est pas sujette à varier en route, — les appareils à combustible aggloméré, pour les voitures de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe, et les poêles pour les voitures de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> classe.



A l'extension du premier système s'opposent l'échange mutuel du matériel et la nécessité d'installer une chaudière spéciale pour les trains d'une certaine longueur.

Le chauffage par combustible aggloméré exige des dépenses plus élevées et trop de complications dans le service des appareils.

Le chauffage au moyen de poêles ne s'applique que difficilement dans les voitures à compartiments séparés.

Il serait difficile pour l'instant d'évaluer exactement le prix de revient de chaque système. D'après les données obtenues jusqu'ici, le plus coûteux est le chauffage au charbon aggloméré; le moins cher, le chauffage par le poêle.

En ce qui concerne les dangers d'incendie, on n'a pas constaté jusqu'à présent qu'ils soient sérieux, à la condition toutefois que l'entretien et la manipulation ne laissent rien à désirer.



À l'occasion de la tenue de ce séminaire, nous avons eu l'honneur de recevoir de nombreux participants et de leur présenter les résultats de nos travaux. Les échanges ont été très intéressants et nous espérons que ces informations vous seront utiles. Les prochaines réunions se tiendront en septembre et nous vous invitons à y participer. Les dates et les lieux de ces réunions seront communiqués ultérieurement. Nous vous remercions de votre présence et vous souhaitons une bonne nuit.



NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	PRIX	SOMMES	
			par	par
			ARTICLE	CATÉGORIE
	<b>Ferrures. (Suite.)</b>	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	<i>Report. . . . .</i>		<del>60 00</del>	
10	Boulons de 0 <sup>m</sup> 012 × 0 <sup>m</sup> 030 de l'enveloppe en bois du tuyau de départ. . . . .	la pièce » 064	» 64	
4	Tirefonds fixant les supports de la cheminée. . . . .	» 07	» 28	
2	Tirefonds fixant le tuyau de retour d'eau sur la croix de Saint-André. . . . .	» 07	» 14	
10	Tirefonds de l'enveloppe en bois du tuyau de départ.	» 071	» 71	
80	Tirefonds fixant les équerres sur les brancards de caisse et les longrines supportant les chaufferettes.	» 071	5 68	
8	Goujons de 0 <sup>m</sup> 015 × 0.050 avec écrous, fixant la plaque du dessous de la chaudière. . . . .	» 097	» 77	
12	Goujons de 0.012 × 0.032 pour les brides de la chaudière et le robinet de vidange. . . . .	» 065	» 78	
20	Goujons fixant les couvercles sur les chaufferettes.	» 07	1 40	
24	Vis d'attache de l'enveloppe de la chaudière. . . . .	» 02	» 48	
20	Vis T. R. 0.026 × 0.070 fixant les chaufferettes. . . . .	la grosse 5 92	» 83	
40	Vis T. F. 0.020 × 0.020 fixant les plaques de tôle pour recouvrement des tubes sur le plancher. . . . .	» 59 la pièce	» 16	
4	Vis fixant le cendrier sur la grille. . . . .	» 04	» 16	
4	Vis de 0.010 × 0.020 fixant la trémie sur la plaque en fer du dessus de la chaudière. . . . .	» 045	» 18	
20	Vis T. R. fixant les brides rondes des tuyaux de départ d'air sur le plancher. . . . .	la grosse » 60	» 08	
	<i>A reporter. . . . .</i>		83 83	83 83

71,54

XXVI  
XX /

NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	PRIX	SOMMES	
			par ARTICLE	par CATÉGORIE
	<b>Tôlerie.</b>	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	<i>Report. . . . .</i>			83 83
1	Enveloppe en tôle de 0 <sup>m</sup> 001 de la chaudière . . . . .	la pièce 6 90	6 90	
1	Cheminée 2 <sup>m</sup> 930 × 0.080 (tôle de 0 <sup>m</sup> 0015). . . . .	11 10	11 10	
1	Enveloppe de la cheminée 2.930 × 0.100 (tôle de 0 <sup>m</sup> 0.015). . . . .	13 70	13 70	
			31 70	31 70
	<b>Canalisation.</b>			
	TUBES EN FER A RECOUVREMENT.			
	Tubes de 0 <sup>m</sup> 050 de diam. intér. pour conduite de retour . . . . .	le m. l. 6 36	53 42	
5	Raccords à T de 0 <sup>m</sup> 050 de diam. intér. reliant la conduite de retour au tube vertical . . . . .	la pièce 2 25	11 25	
5	Tubes verticaux de 0 <sup>m</sup> 050 de diam. intér. pour raccords de la conduite de retour avec les chaufferettes, longueur 0 <sup>m</sup> 10. . . . .	le m. l. 6 36	3 18	
	Tubes en fer à recouvrement de 0 <sup>m</sup> 045 de diam. intér. pour conduite de départ d'eau. . . . .	5 46	33 74	
5	Raccords à T reliant la conduite de départ au tube vertical (0 <sup>m</sup> 045 de diam. intérieur). . . . .	la pièce 1 85	9 25	
5	Tubes verticaux de 0 <sup>m</sup> 045 de diam. intér. et de 0 <sup>m</sup> 40 de long., pour raccords de la conduite de départ avec les chaufferettes . . . . .	le m. l. 5 46	2 73	
1	Raccord à T pour le vase d'expansion (0 <sup>m</sup> 050 de diam. intér.) . . . . .	la pièce 2 25	2 25	
1	Tube vertical pour le raccord du vase d'expansion, long. 0 <sup>m</sup> 10. . . . .	le m. l. 6 36	» 63	
	<i>A reporter. . . . .</i>		<del>100 00</del>	115 53

6,45



NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	PRIX	SOMMES	
			par ARTICLE	par CATÉGORIE
	<b>Canalisation. (Suite.)</b>	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	TUBES A GAZ.			
	<i>Report. . . . .</i>		<del>40 00</del>	115 53
5	Tuyaux de départ d'air (0 <sup>m</sup> 012 de diam. int.) longueur 1 <sup>m</sup> 15 . . . . .	le m. l. » 76	4 37	
5	Tuyaux de départ d'air (0 <sup>m</sup> 020 de diam. int.) longueur 0 <sup>m</sup> 60. . . . .	1 33	3 99	
			124 81	124 81
	<b>Fontes.</b>			
		la pièce		
1	Chaudière. . . . .	40 25	40 25	
1	Grille. . . . .	1 12	1 12	
1	Trémie. . . . .	8 25	8 25	
1	Vase d'expansion. . . . .	18 75	18 75	
5	Bouillottes. . . . .	41 45	207 25	
10	Couvercles de bouillottes. . . . .	1 10	11 »	
1	Couvercle de vase d'expansion. . . . .	» 96	» 96	
			287 58	287 58
	<b>Bronzes.</b>			
1	Robinet de vidange. . . . .	20 »	20 »	20 »
	<b>Garniture des conduites.</b>			
	Feutre et toile. . . . .		15 »	15 »
	<i>A reporter. . . . .</i>			562 92

115.45



NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	PRIX	SOMMES	
			par ARTICLE	par CATÉGORIE
	<b>Peinture.</b>	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	<i>Report.</i> . . . . .	. . . . .	. . . . .	562 92
	Matières et main-d'œuvre . . . . .	. . . . .	10 »	10 »
	<b>Bois.</b>			
	<b>CHÊNE.</b>			
10	Longrines supportant les extrémités du plancher et les chaufferettes (0 <sup>m</sup> 080 × 0,085 × 2,350) . . . . .	1 m.cbe 200 »	32 »	
15	Traverses reliant les bouts et le milieu des longrines (0 <sup>m</sup> 100 × 0,052 × 0,300) . . . . .	200 »	4 78	
10	Traverses intermédiaires reliant les longrines (0 <sup>m</sup> 100 × 0,027 × 0,300) . . . . .	200 »	1 62	
10	Tasseaux rapportés à l'extrémité des frises du plancher (0 <sup>m</sup> 060 × 0,025 × 2,350) . . . . .	200 »	7 05	
	<b>SAPIN.</b>			
5	Planches du dessous des chaufferettes, de 1 <sup>m</sup> 850 × 0,280 × 0,025. . . . .	150 »	9 75	
1	Enveloppe du tuyau de départ. . . . .	150 »	7 50	
			62 70	62 70
	Main-d'œuvre de menuiserie. (Découpage du plancher, pose des longrines et équerres.) . . . . .	. . . . .	30 »	30 »
	Montage de l'appareil. . . . .	. . . . .	50 »	50 »
	Total du prix de revient. . . . .	. . . . .	. . . . .	715 62
	Soit en nombre rond <b>720 francs.</b>			

ANNEXE ~~D~~ /

B.

Note sur le chauffage des bouillottes au bain-Marie.

Un géomètre bien connu de toutes les personnes qui s'occupent de cinématique, M. Marcel Deprez, a eu l'idée d'appliquer la loi de Newton à nos expériences, ce qui l'a amené à une formule très-pratique et qui représente avec une grande exactitude les phénomènes du réchauffage par immersion.

Soit  $\Theta$  la température d'une bouillotte à un instant  $t$ ; en admettant la loi de Newton par laquelle l'accroissement de température  $d\Theta$  correspondant à l'accroissement de temps  $dt$  est proportionnelle à la différence  $T - \Theta$  de la température extérieure  $T$  (celle du bain) et la température intérieure  $\Theta$  de la bouillotte, on a de suite :

$$d\Theta = K (T - \Theta) dt$$

d'où en intégrant entre des limites  $\Theta_0$  et  $\Theta_1$

$$t = \frac{1}{K} \log. \text{ n}^{\text{p}}. \frac{T - \Theta_0}{T - \Theta_1}$$

e/

Si nous prenons au thermomètre la température d'une bouillotte de la Compagnie de l'Est plongée dans un bain d'eau chaude, toutes les 10 secondes, par exemple, et si nous considérons quatre températures deux à deux consécutives  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_n, \Theta_{n+1}$ ; d'après l'équation précédente, elles répondront à l'égalité.

$$\frac{T - \Theta_1}{T - \Theta_2} = \frac{T - \Theta_n}{T - \Theta_{n+1}}$$

Voici un relevé d'observations faites de 10 en 10" : 21°, 30, 36, 42, 47, 51, 56, 59, 62, 64, 67, 69, 71.5, 73, 75.5, 77, 78, 79, 80, la température du bain étant constamment de 97°.

Or, en appliquant la formule précédente à l'intervalle 30 - 36, considérant le terme 64, on obtiendrait le suivant par la formule :

$$\Theta_{n+1} = T - \frac{(T - \Theta_n)(T - \Theta_2)}{T - \Theta_1} \neq$$

g/

ou, en réduisant en chiffres,

$$= 97 - \frac{(97-64)(97-36)}{97-30} = 67$$

on tombe précisément sur le nombre 67 observé.

D'autres intervalles vérifient la loi à moins d'un degré près, ce qui est très-suffisamment exact en pratique.

Cette expérience permet de tirer  $\frac{1}{K}$

En effet l'on a :

$$\frac{1}{K} = 10 \times 2.3 \log. \frac{97-30}{97-36} = 106.8$$

et la formule devient :

$$t = 245.6 \log. \frac{T-\theta_0}{T-\theta_1}$$

ou, en arrondissant le coefficient,

$$t = 250 \log. \frac{T-\theta_0}{T-\theta_1}$$

Comme vérification, cherchons le temps nécessaire pour chauffer la bouillotte de 15° à 80° avec un bain à 97°. Nous trouvons :

$$t = 250 \log. \frac{97-15}{97-80} = 170'',8$$

Ce nombre vérifie d'une manière remarquable celui de l'expérience citée ci-dessus, qui était 170 secondes.



ULTIMHEAT®  
VIRTUAL MUSEUM





CHATELAIN DES VOITURES

1800