

Chemins de fer fédéraux suisses

Division de la traction et des ateliers

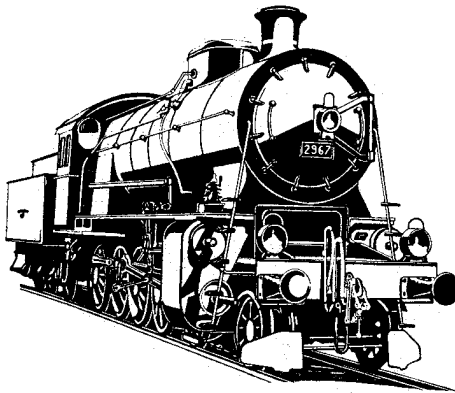
Règlement

concernant

les locomotives à vapeur

Description

et instructions sur la conduite



1955

Chemins de fer fédéraux suisses

Division de la traction et des ateliers

R 434.2

Règlement

concernant

les locomotives à vapeur

Description

et instructions sur la conduite

1955

TABLE DES MATIÈRES

Chiffre		Page
	Avant-propos	1
Introduction		
1	Données de physique Quantité de chaleur, pouvoir calorifique, travail, rendement, pression, évaporation, condensation, vapeur saturée, vapeur surchauffée	3
2	Description générale des locomotives à vapeur Organes principaux, nombre et disposition des cylindres, locomotives à vapeur saturée et surchauffée	5
3	Caractéristiques d'exploitation Puissance nominale, capacité du tender, consommation	5
Chaudière (avec équipement)		
4	Généralités Surface de chauffe, combustion, évaporation, surchauffe	8
5	Boîte à feu Construction, foyer, entretoises, fusibles, grille, cendrier	9
6	Corps cylindrique Construction, tubes bouilleurs, tubes à fumée	12
7	Boîte à fumée But, tuyère d'échappement, souffleur, pare-étincelles	13
8	Prise de vapeur Dôme de vapeur, collecteur de vapeur, régulateur à tiroirs plans, régulateur à soupapes, joints de l'arbre de commande du régulateur	15

Chiffre	Page
9 Surchauffeur	16
Collecteur de surchauffe, éléments de surchauffe, robinet mélangeur	
10 Prise de vapeur des appareils auxiliaires	17
But, disposition, soupape de retenue	
11 Robinet de vidange de la chaudière et regards de lavage	17
Tartre et boue, lavage de la chaudière	
12 Indicateur de niveau d'eau	18
Tube, robinets, soupapes, protection, robinet d'arrêt et de purge	
13 Soupapes de surêté	19
Construction «Ramsbottom», construction «Pop-Coale»	
14 Manomètre	20
Pression dans la chaudière, pression dans les boîtes à tiroir, manomètre de la conduite de chauffage du train, disposition	
15 Sifflet à vapeur	20
Fonctionnement, robinet d'isolement	
16 Alimentation de la chaudière	21
Principe de la tuyère, fonctionnement de l'injecteur aspirant et de l'injecteur non aspirant, débit, chapelle d'introduction, prise d'eau pour incendie, tuyau d'arrosage du charbon, conduite d'arrosage du cendrier	
17 Purification de l'eau d'alimentation	23
But, purification chimique, soupape de purge, vanne de purge	
18 Fumivore	26
Causes de formation de fumée, système «semi-automatique» CFF, distributeur, pomme, registre	
19 Pompe à air	27
Construction et fonctionnement, pompes à un et à deux étages, graissage, régulateur de la pompe à air	
20 Chauffage du train	30
Soupape de prise de vapeur, soupape de réduction, robinet de distribution	
21 Laveur de rail	31
But, fonctionnement	

Machine à vapeur

22	Généralités	32
	Équipement, admission, fonctionnement de la machine à simple et à double expansion, décalage des manivelles	
23	Principe et fonctionnement de la distribution intérieure	33
	Dénominations, contre-manivelle, répartition de la vapeur, modification de l'admission et du sens de marche, directives pour régler l'admission	
24	Forme des tiroirs	38
	Tiroir plan, simple et double admission, compensateur, tiroir cylindrique, tiroir cylindrique à canal, segments, boîtes à garniture	
25	Distribution extérieure	40
	But, distributions Stephenson, Walschaert, Joy	
26	Disposition de la distribution des locomotives à double expansion	46
	Distribution séparée et distribution commune des locomotives à double expansion à quatre cylindres, distribution des locomotives HG 3/3 type Brunig	
27	Commande à vapeur de la distribution des locomotives E 4/4 8901–8917	50
	But, construction et fonctionnement, utilisation	
28	Pistons	52
	Construction, fixation	
29	Boîtes à garniture	52
	Constructions pour fond de cylindre avant et arrière pour haute et basse pression	
30	Purgeurs	55
	But, utilisation	
31	Soupape de sûreté des cylindres	55
	But, réglage, soulèvement des tiroirs plans des E 3/3	
32	Marche à vide	56
	But, soupape Ricour, soupape automatique d'intercommunication, soupape d'intercommunication à commande à vapeur, robinet d'intercommunication à commande à air	

33	Dispositif de démarrage des locomotives à double expansion	58
	But, construction	
34	Mécanisme moteur	59
	Tige de piston, crosse, bielle motrice, bielle d'accouplement	

Châssis, roues, suspension

35	Généralités	61
	Construction, sollicitations	
36	Châssis	61
	Construction, traverses de tête, caisson des appareils d'accouplement, guides des boîtes d'essieux	
37	Supports de chaudière	62
	Supports de la boîte à fumée, butée, support flexible	
38	Roues et paliers	63
	Bandages, tourillon de manivelle, essieux coudés, graissage des paliers, guidage des paliers	
39	Suspension et répartition du poids	65
	Disposition des ressorts, balancier, système de suspension	
40	Inscription des locomotives dans les courbes	65
	Empattement fixe, boudins amincis, essieu Bissel, essieu Adams, bogie Bissel Kraus-Helmholz-Winterthur, bogie porteur	
41	Sablières	69
	But, dôme à sable, commande mécanique et commande pneumatique	
42	Freins	70
	Équipement de frein des locomotives à vapeur, fonctionnement de la timonerie de frein, réglage de la timonerie de frein	

Tender

43	Généralités	72
	Construction, types	

Chiffre	Page
44 Soute à eau	73
Construction, soupapes de retenue, accouplement des conduites d'eau, indicateur de niveau d'eau	
45 Soute à charbon	74
Construction, ouverture de charge, tôle d'appui, protections	
46 Châssis	74
Construction, traverse de tête, accouplement du tender	
47 Organes de roulement	76
Palier et graissage, suspension et répartition des charges	

Graissage

48 Pompe et presse de graissage	77
Exigences, entraînement, construction et réglage de la pompe, construction et fonctionnement de la presse, raccords de retenue, action combinée de la presse et de la pompe, graissage en marche à vide	
49 Graisseur à condensation	80
Application, fonctionnement, utilisation	
50 Graisseur à mèches	81
Application, fonctionnement, utilisation	
51 Graisseur à épinglette	81
Application, fonctionnement, utilisation	
52 Trous et feutres de graissage	82
Application	

Prescriptions de service

53 Répartition du travail et mesures de sécurité	83
Obligations du mécanicien, obligations du chauffeur, prescriptions de sécurité	
54 Outils à feu	85
Description et but de chaque outil	

Chiffre	Page
55	87
Conduite et constitution du feu, généralités	
Montage du feu, hauteur du feu, arrosage du charbon, moyen de prévenir les dégagements de fumée, emploi du souffleur	
56	88
Allumage de la locomotive	
Prise de service, préparation du feu, position des clapets du cendrier, temps nécessaire	
57	89
Prise de service et préparation de la locomotive	
Prise de service, montage du feu, alimentation de la chaudière, position des clapets du cendrier, temps nécessaire	
58	91
Conduite du feu pendant la marche	
Mise au feu, position des clapets du cendrier, opérations à la fin de la course	
59	92
Nettoyage du feu, feu de réserve et fin de service	
Préparation, nettoyage du feu, feu de réserve, vidange des scories, montage du feu de réserve, position des clapets du cendrier, pression de la chaudière, alimentation de la chaudière, mesures à prendre avant de quitter la locomotive	

**Mesures à prendre en cas de dérangements et d'avaries;
moyens de les prévenir**

60	94
Généralités	
Domaine d'application, découverte et annonce des avaries	
61	94
Avaries à la chaudière	
Fusible fondu, entretoises fissurées, tubes de chauffe et tubes à fumée avariés, entartrage de la chaudière, avaries à la boîte à fumée, soupapes de sûreté déréglées, dégâts aux clapets du cendrier	
62	97
Avaries à la machine à vapeur	
Boîtes à garniture inélanches ou avariées, pistons et tiroirs, dispositif de marche à vide, mécanisme moteur, mise hors service d'un mécanisme moteur et d'une distribution	
63	99
Préparatifs de remorquage	
Transfert de locomotives sous pression, en ordre de marche, froide	

Annexe

Caractéristiques des locomotives à vapeur des CFF

Avant-propos

L'électrification presque complète du réseau et l'introduction des véhicules moteurs diesel réduisent toujours plus l'importance de la traction à vapeur. Il y a toujours moins de documents et d'instructions ayant trait aux locomotives à vapeur. D'ailleurs, la somme des expériences dont les mécaniciens faisaient autrefois profiter les jeunes chauffeurs tend à se perdre. Toutefois, nous serons obligés, bien que dans une mesure limitée, d'avoir encore longtemps recours aux locomotives à vapeur. Ce sont ces considérations qui nous ont amenés à élaborer le présent règlement.

La matière est si riche que la théorie, à elle seule, ne suffit pas à inculquer au mécanicien en formation les connaissances nécessaires. Ce règlement aura cependant atteint son but s'il fournit les bases nécessaires pour l'étude de la locomotive elle-même et la pratique de la traction à vapeur. L'agent doit avant tout saisir les phénomènes importants et ne pas apprendre les prescriptions par cœur. On en tiendra compte lors des examens.

Le règlement est applicable dès sa promulgation.

Les règlements suivants sont supprimés :

Le R 434.2, du 15 avril 1930, et son complément, de février 1933, ainsi que le R 434.3, du 25 février 1933.

Berne, le 28 décembre 1954.

Division
de la traction et des ateliers
L'ingénieur en chef
Gerber

INTRODUCTION

Données de physique

1

¹ Un kilogramme-calorie (abrégié kcal) est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° C la température de 1 kg d'eau.

² Le pouvoir calorifique, c'est-à-dire la quantité de chaleur dégagée par la combustion de 1 kg de combustible, est le suivant :

houille (riche)	7500 kcal
houille (moyenne)	6600 »
houille (pauvre)	4800 »
coke	5600-7800 »
anthracite	8100 »
bois	3000 »

³ Une machine à vapeur idéale (sans pertes) transformerait 1 kcal en un travail mécanique de 427 kgm. Effectivement, seule une petite partie de l'énergie calorifique contenue dans le combustible peut être utilisée, car les pertes dues à la combustion incomplète du combustible, au rayonnement et à l'échappement sont relativement grandes. Le rendement thermique, c'est-à-dire le rapport entre le travail mécanique fourni par la machine et celui qui est produit par la combustion, est de 4 à 8% pour nos machines, suivant leur construction.

⁴ La pression de la vapeur fournie par la chaudière s'exprime en atm. Une pression de 1 atm est celle qu'exerce une force de 1 kg sur 1 cm². En technique, la pression s'exprime par rapport à la pression atmosphérique.

⁵ Si l'on chauffe 1 kg d'eau de 0° à 100° C dans un récipient ouvert, il faut, selon 1¹, une quantité de chaleur de 100 kcal. Si l'on continue à chauffer, l'eau bout et s'évapore sans que la température dépasse 100° C. Pour obtenir l'évaporation complète, il faut encore 540 kcal, ce qui donne en tout 640 kcal.

3

1 ⁶ Si l'on veut faire s'évaporer 1 kg d'eau dans un récipient clos, sans que la pression augmente, ce récipient doit avoir un volume de 1727 dm³. Si le récipient est plus petit, l'espace disponible se remplit tout d'abord de vapeur sans que la pression augmente. Puis, si l'on poursuit l'évaporation, la pression augmente, ce qui nécessite une plus grande quantité de chaleur et un accroissement de la température. La fig. 1 donne les rapports entre la pression, la température et le volume.

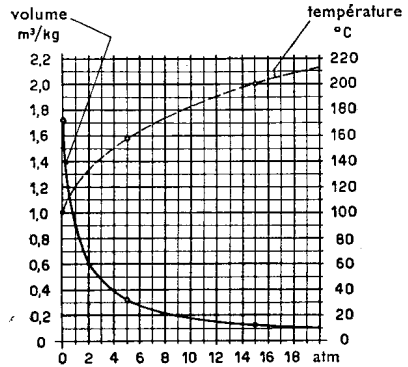


Fig. 1
Variation de la température et du volume en fonction de la pression

⁷ Inversement, lors du refroidissement de la vapeur en vase clos, il se produit une dépression, vu que la vapeur tend à se retransformer en eau quand la température baisse. Ce processus, appelé condensation, est utilisé pour faire fonctionner un appareil important: l'injecteur (voir 16).

⁸ La vapeur produite dans la chaudière est dite vapeur saturée; elle contient jusqu'à 20% d'eau sous forme de gouttelettes. La vapeur saturée perd facilement sa chaleur au contact de parois froides, ce qui augmente encore la proportion d'eau qu'elle contient. Cette propriété diminue le rendement.

⁹ Afin d'augmenter le rendement, on peut continuer à chauffer la vapeur saturée lorsqu'elle n'est plus dans la chaudière. Les locomotives qui possèdent cet équipement – surchauffeur – sont appelées locomotives à surchauffe, par opposition aux locomotives à vapeur saturée de construction plus simple.

¹⁰ La vapeur surchauffée a un volume et un pouvoir calorifique plus grands que la vapeur saturée. Elle est un plus mauvais conducteur de chaleur, et ainsi se refroidit moins rapidement au contact de parois plus froides. De ce fait, pour la même puissance, les locomotives à vapeur surchauffée utilisent environ 25% d'eau et environ 15% de combustible de

moins que les locomotives à vapeur saturée, ce qui augmente le rendement de 2 à 3%. 1

¹¹ La pression de service de nos locomotives est de 12 à 15 atm.

Description générale des locomotives à vapeur (v. annexe) 2

¹ La locomotive à vapeur se compose des organes principaux suivants :

- a) la chaudière avec les installations de chauffe et de production de vapeur, ainsi que les appareils annexes ;
- b) la machine à vapeur, comprenant les cylindres avec leurs accessoires, les pistons, le mécanisme moteur et la distribution ;
- c) le châssis, composé des longerons, des essieux, des appareils de traction et de choc, des appareils de frein et de l'abri du mécanicien ;
- d) le tender.

² Les locomotives à vapeur se différencient par leur nombre de cylindres et le processus de travail de ceux-ci.

Les locomotives à simple expansion ont deux cylindres alimentés en parallèle. Cette construction simple et dont les organes sont facilement accessibles est utilisée pour les faibles et moyennes puissances.

Les locomotives à double expansion et à quatre cylindres sont plus grandes (locomotives compound). La vapeur est détendue dans deux groupes de deux cylindres couplés en série (étages). Cette construction a, sur celle à simple expansion, certains avantages: cylindres de plus faible diamètre, roulement plus doux et rendement un peu meilleur.

³ On fait la distinction entre les locomotives à vapeur saturée et les locomotives à vapeur surchauffée, suivant que la vapeur se rend dans les cylindres (voir 1^o) directement, ou en passant par le surchauffeur.

⁴ Les différents types de locomotives CFF sont énumérés dans l'annexe.

Caractéristiques d'exploitation 3

¹ La puissance nominale de la locomotive dépend essentiellement de la grandeur de la chaudière, du nombre de cylindres, de leurs dimensions

3 et de la pression de la vapeur. La puissance maximum est atteinte à une vitesse différente suivant l'utilisation de la locomotive (locomotive pour trains directs, voyageurs, marchandises). Le poids adhérent limite la puissance aux petites vitesses, tandis qu'aux grandes vitesses c'est la capacité de la chaudière qui est déterminante (voir fig. 2). La puissance des divers types de locomotives est indiquée dans l'annexe.

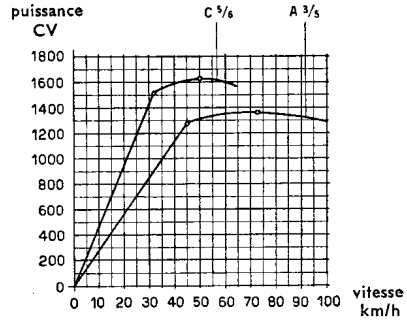


Fig. 2
Puissance des locomotives A 3/5 et C 5/6
en fonction de la vitesse

² La capacité en eau et en charbon est indiquée dans le tableau ci-dessous. Les données concernant la consommation d'eau et de charbon sont des moyennes qui ne sont pas valables pour des cas spéciaux (circulation sur des longues pentes, stationnements prolongés, etc.). L'état de la machine joue aussi un rôle.

Type	Contenance des soutes		Capacité de la chaudière au-dessus du ciel du foyer m ³	Consommation moyenne par t de charge du train et km de parcours		Consommation moyenne par heure de manœuvre	
	charbon t	eau m ³		charbon kg	eau kg	charbon kg	eau kg
A 3/5	7-8	17-18	5,7	0,10	0,75	-	-
B 3/4	6	16	5,2	0,12	0,90	-	-
C 4/5	7-8	17-18	5,6	0,10	0,75	160	1200
C 5/6	7	18	8,4	0,09	0,68	200	1500
Eb 3/5	2,5-3,7	7,7-10	4,9-5,8	0,12	0,90	-	-
Ec 3/4	2,2-2,5	5,4-5,7	4,2	0,12	0,90	-	-
Ec 3/5	4,1	5,4	4,2	0,12	0,90	-	-
E 3/3	1,2-2,3	4,2-4,5	2,2	-	-	90	720
E 4/4	2,5-3,2	6,1-6,5	3,6-4,2	-	-	120	900
G 3/4	0,8	3,3	1,7	0,12	0,90	60	450
HG 3/3	0,8	3,0	1,7	0,35	0,80	100	800

Exemple: Un train de 1000 tonnes est tiré en palier, sur une distance de 20 km, par une C5/6. Quelle est la consommation moyenne en eau et charbon? 3

Charbon = poids du train (t) \times chemin (km) \times consommation moyenne
= $1000 \times 20 \times 0,09 = 1800$ kg ou 1,8 t.

Eau = poids du train (t) \times chemin (km) \times consommation moyenne
= $1000 \times 20 \times 0,68 = 13500$ kg ou 13,5 m³.

CHAUDIÈRE (AVEC ÉQUIPEMENT)

4 Généralités

¹ La surface de chauffe d'une chaudière à vapeur (mesurée en m^2) est déterminée par les diverses surfaces qui sont, d'un côté, en contact avec l'eau, et, de l'autre, avec le feu et les gaz de combustion. Afin d'obtenir une surface de chauffe aussi grande que possible et par conséquent une bonne vaporisation, le charbon est brûlé dans le foyer qui est entouré d'eau et placé dans la boîte à feu. Les gaz de combustion traversent les tubes bouilleurs du corps cylindrique de la chaudière et chauffent ainsi l'eau environnante.

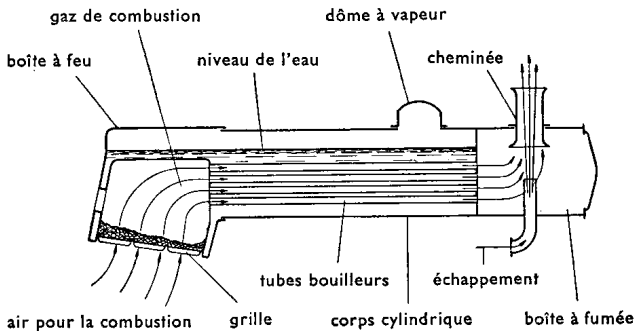


Fig. 3
Chaudière à vapeur

² Sur les locomotives à vapeur saturée, celle-ci est récoltée dans le dôme et se rend directement de celui-ci à la machine à vapeur. Sur les locomotives à vapeur surchauffée, cette dernière va du dôme dans le surchauffeur, puis dans la machine à vapeur.

³ L'air nécessaire pour la combustion entre dans le foyer par le bas, au travers de la grille. Les gaz de combustion se répandent à l'air libre en passant par la boîte à fumée et la cheminée.

⁴ La chaudière, afin d'éviter les pertes de chaleur, est protégée par une enveloppe de tôle. 4

Boîte à feu

5

¹ La partie postérieure de la chaudière est appelée boîte à feu. Elle est construite en plaques de tôle d'acier de 15 mm, rivées entre elles, qui forment les parois antérieure et postérieure, ainsi que le manteau. La paroi antérieure se termine par une collerette semi-cylindrique, qui forme, avec la partie supérieure du manteau, un cylindre rivé au corps cylindrique de la chaudière.

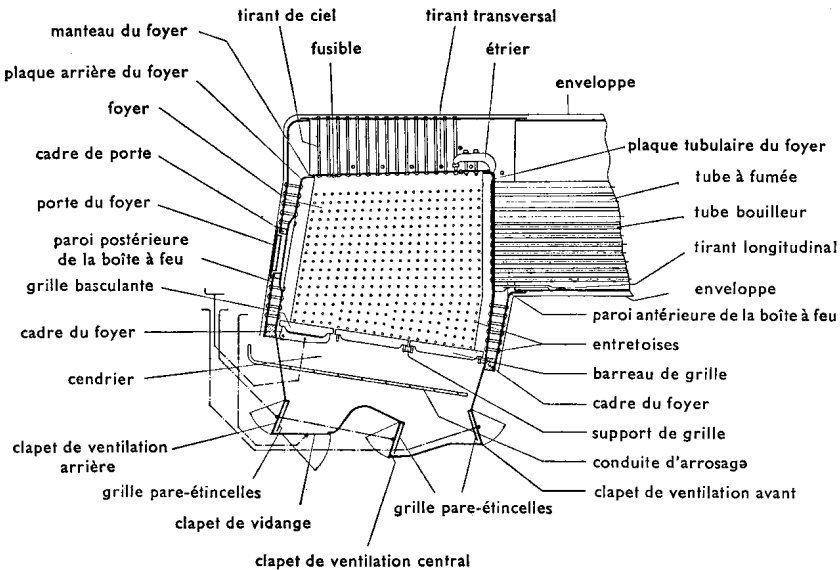


Fig. 4
Boîte à feu de loc C 5/6

² Le combustible est brûlé dans le foyer fixé à l'intérieur de la boîte à feu. Le foyer est constitué par trois tôles rivées entre elles: le manteau, la plaque tubulaire et la plaque arrière. Le manteau se compose du ciel et des parois latérales. Règle générale, le foyer est en tôle de cuivre de 10 à 30 mm, métal résistant mieux aux gaz de combustion et conduisant mieux la chaleur que l'acier.

5 ³ Le foyer doit être entouré d'eau. Il est rivé à la boîte à feu, dans sa partie inférieure, par l'intermédiaire du cadre du foyer en fer, et, vers la porte, au moyen du cadre de porte. Les parois du foyer et de la boîte à feu doivent être solidement ancrées et se renforcent mutuellement pour résister à la pression de la vapeur.

4 Des entretoises de cuivre (fig. 5), fixées tous les 10 cm environ, relient les parois du foyer et de la boîte à feu aux endroits où celles-ci sont proches: parois latérales, plaque arrière et partie inférieure de la plaque tubulaire. Les entretoises sont filetées aux deux bouts et se vissent dans chaque paroi. La partie dépassant les parois du foyer est rivée, tandis que l'autre est coupée franche et matée.

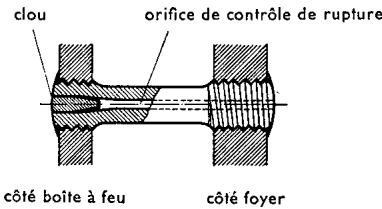


Fig. 5
Entretoise

⁵ Les entretoises sont percées en leur milieu, ce qui permet de déceler immédiatement une rupture: l'eau, ou la vapeur, se répand par le trou dans le foyer. Comme il ne faut pas que, en cas de rupture, l'eau s'écoule à l'extérieur de la boîte à feu, les entretoises sont bouchées de ce côté par un clou en cuivre. Tant qu'il n'y a pas plus de 4 entretoises voisines rompues, il est permis, pour se dépanner, de clouer celles-ci du côté du foyer (61²).

⁶ Le ciel du foyer et la partie supérieure arrondie de la boîte à feu sont reliés par des tirants de ciel en acier. Ceux-ci sont percés à leur extrémité pour qu'on puisse déceler les ruptures. Vu que le coefficient de dilatation du cuivre du foyer est plus grand que celui de l'acier du manteau de la boîte à feu, le foyer se déplace vers l'avant sous l'effet de la chaleur, et la plaque tubulaire se déforme perpendiculairement à ce mouvement. Aussi n'est-il pas possible de fixer rigidement à leurs deux extrémités les tirants de ciel des rangées antérieures. Dans les gros foyers, ces tirants mobiles ne vont pas jusqu'à la boîte à feu, mais sont reliés à des étriers. Ceux-ci sont fixés, d'une part, à l'arrondi de la plaque tubulaire, et, d'autre part,

s'appuient sur des écrous spéciaux fixés eux-mêmes au deuxième ou troisième rang des tirants de ciel. Dans les petits foyers (E3/3), il suffit, pour compenser les tensions, d'introduire dans les tirants de ciel antérieurs un bras en forme d'étrier.

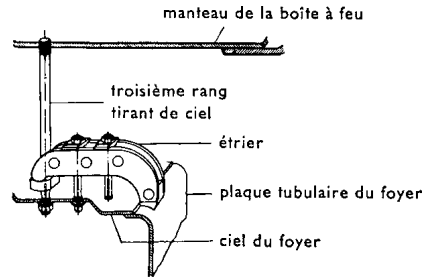


Fig. 6

Amarrage du ciel du foyer de loc C 5/6

⁷ La rigidité de la plaque tubulaire est renforcée par 5 à 11 tirants longitudinaux qui la relient au corps cylindrique sous les tubes. Au-dessus du ciel du foyer, des tirants latéraux et transversaux en acier rond assurent le manteau de la boîte à feu contre les déformations. D'autre part, les tubes de chauffe servent aussi de fixation.

⁸ Lorsque le niveau de l'eau est trop bas, l'attention du personnel est attirée sur le danger par la fusion de fusibles (généralement trois) qui sont vissés dans le ciel du foyer: la vapeur et l'eau font alors irruption dans le foyer. Ces fusibles sont constitués par un corps évidé en cuivre, rempli d'un alliage très fusible de plomb et d'antimoine.

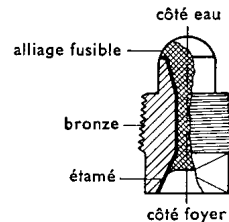


Fig. 7

Fusible

⁹ Contre le bas, le foyer est fermé par la grille. Les barreaux en fonte de fer, plus épais aux deux bouts, reposent sur les supports de la grille, de manière qu'il y ait entre eux un espace d'environ 10 mm, pour laisser entrer l'air et évacuer les cendres. La partie postérieure de la grille (sauf aux locomotives Ec 3/4 6510 et E 3/3) est mobile. Pour vider le foyer, on baisse la grille mobile au moyen d'une vis depuis l'abri du mécanicien, puis on la remonte.

¹⁰ Sous la grille se trouve le cendrier en tôles rivées. Il est fixé au cadre du foyer par des boulons et des clavettes goupillées. Des clapets mobiles, servant à vider les cendres et à régler l'admission de l'air de combustion,

- 5 sont commandés par des leviers, depuis l'abri du mécanicien (côté gauche), comme il suit:

Clapet de ventilation avant

à gauche de la vis de commande de la grille basculante.

Clapets de ventilation arrière et central (les Ec3/4 et E3/3 n'ont pas de clapet central; sur les autres locomotives, ils sont en partie condamnés).

à droite de la vis de commande de la grille basculante.

Clapet de vidange des cendres et scories (seulement sur les locomotives à grille basculante).

à droite du levier du clapet de ventilation arrière.

¹¹ Des grilles pare-étincelles empêchent les cendres et le charbon ardent de tomber sur le sol lorsque les clapets de ventilation sont ouverts. Une conduite d'arrosage (voir 16¹¹), prise sur l'installation d'alimentation en eau, permet d'éteindre les cendres incandescentes.

6 Corps cylindrique

¹ Le corps cylindrique prend naissance vers la boîte à feu. Formé de viroles, en tôle d'acier d'environ 15 mm d'épaisseur, rivées les unes aux

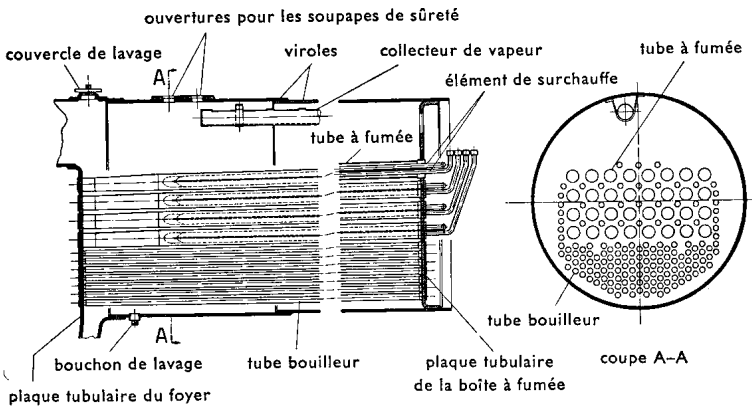


Fig. 8
Corps cylindrique de loc C 5/6

autres, il est traversé dans toute sa longueur par les tubes de chauffe (tubes bouilleurs et tubes à fumée). Il est fermé à sa partie antérieure par la plaque tubulaire en acier de la boîte à fumée.

² Les tubes des locomotives à vapeur saturée sont des tubes bouilleurs de 45 à 50 mm de diamètre (120–170 pièces sur les E3/3). Ils sont en acier, à l'exception d'une bague de renfort en cuivre, de 10 cm, soudée à l'extrémité côté foyer. Ils sont introduits par la plaque tubulaire de la boîte à fumée dans la plaque tubulaire du foyer et mandrinés aux deux extrémités. Afin d'empêcher les parties mandrinées dans le foyer de se brûler, on les protège par des viroles en fer.

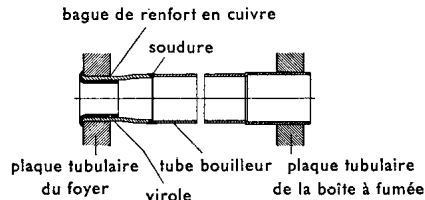


Fig. 9
Tube bouilleur

³ Les locomotives à vapeur surchauffée sont équipées avec des tubes bouilleurs (77 à 187) et des tubes à fumée (18 à 28). Ces derniers sont placés dans la partie supérieure du faisceau tubulaire. Les tubes à fumée en acier sont fixés par mandrinage aux deux extrémités et n'ont pas de bagues de renfort, ni de viroles. Cependant, leur extrémité arrière est constituée par un tronçon de tube en acier doux soudé portant des rainures et qui permet d'obtenir un contact bien étanche avec la plaque tubulaire du foyer.

Le diamètre des tubes à fumée est relativement grand (110–165 mm), car les éléments de surchauffe doivent y trouver place (voir fig. 8).

Boîte à fumée

¹ La boîte à fumée fait suite au corps cylindrique; elle sert à activer la combustion et à éliminer les escarbilles.

² Dans la boîte à fumée se trouve la tuyère d'échappement, qui fait passer la vapeur d'échappement des cylindres dans la cheminée. Ce jet de vapeur, par suite de la disposition du cône de la cheminée, provoque une dépression dans la boîte à fumée, qui aspire les gaz des tubes et active ainsi le feu.

7 La dépression dans la boîte à fumée augmentant avec la violence de l'échappement, la production de vapeur s'adapte en quelque sorte au travail fourni par la machine.

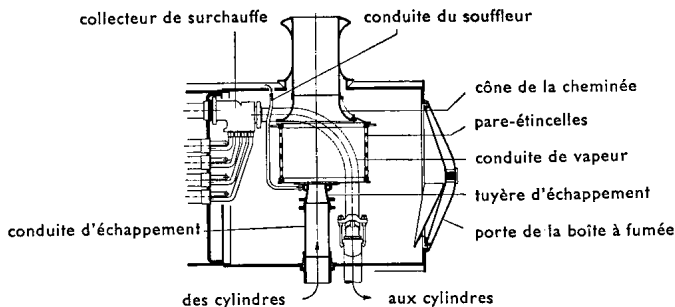


Fig. 10
Boîte à fumée de loc C 5/6

³ Le souffleur provoque une dépression dans la boîte à fumée et active ainsi le feu lorsque la machine ne travaille pas. Il se compose de petits orifices, percés dans la partie supérieure de la tuyère d'échappement (tête de tuyère d'échappement voir fig. 11), par lesquels passe de la vapeur lorsque la vanne de commande est ouverte.

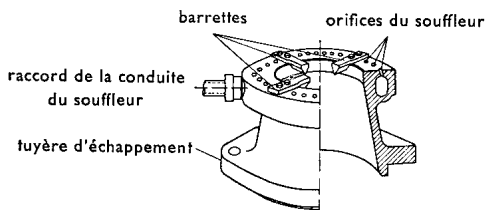


Fig. 11
Tuyère d'échappement de loc C 5/6

⁴ La section de la tuyère d'échappement et, de ce fait, l'action de l'échappement, sont influencées par des barrettes, simples ou en forme de croix.

⁵ Un pare-escarbilles (panier en treillis fin) se trouve entre la tuyère d'échappement et la cheminée. Une porte bien étanche permet d'accéder à la boîte à fumée pour nettoyer le pare-escarbilles et évacuer les cendres.

⁶ Dans la boîte à fumée se trouvent encore les conduites de vapeur pour les boîtes à tiroirs et, sur les machines à vapeur surchauffée, le collecteur de surchauffe (voir 9).

¹ On ne doit admettre dans les cylindres que de la vapeur aussi sèche que possible. C'est pourquoi, sur les grandes locomotives, la vapeur est amenée au dôme par un tuyau collecteur de vapeur placé dans la partie supérieure du corps cylindrique. Le tuyau collecteur porte des fentes par lesquelles la vapeur y pénètre. La base du dôme est partiellement fermée par une tôle qui empêche les entraînements d'eau. Sur les petites locomotives, la vapeur pénètre directement dans le dôme par la tôle de base, qui a la forme d'une grille.

² Dans le dôme se trouve le régulateur qui, commandé de l'abri du mécanicien, règle l'admission de vapeur dans la machine à vapeur.

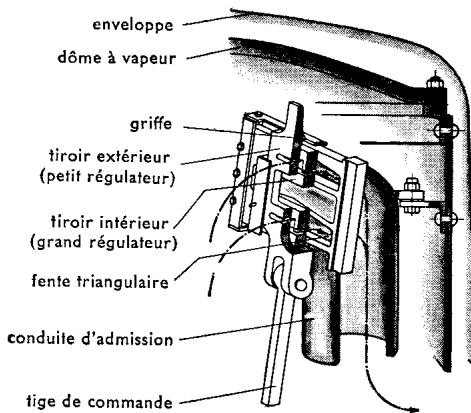


Fig. 12
Régulateur à tiroirs plans de loc C 5/6

³ Sur les locomotives de grande puissance, le régulateur se compose de deux tiroirs plans (régulateur à tiroirs plans). Commandé par une tige et un système de leviers, le tiroir extérieur (petit régulateur) s'ouvre le premier et donne à la vapeur accès dans la conduite d'admission au travers de fentes relativement petites. Puis, si l'on continue à ouvrir le régulateur, une griffe entraîne le tiroir intérieur (grand régulateur) et livre rapidement un grand passage à la vapeur, vu la forme triangulaire de la fente qu'il découvre. Cette disposition permet un fin réglage de l'admission, condition importante pour le démarrage.

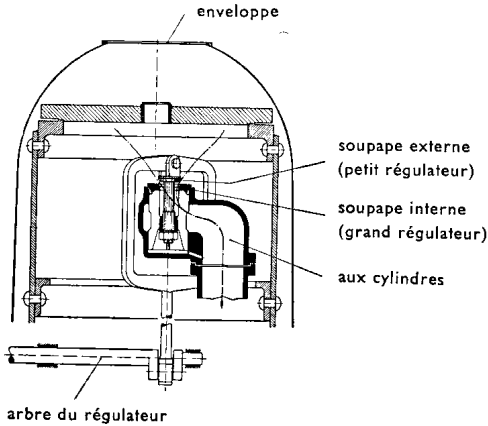


Fig. 13

Régulateur à soupapes de loc E 3/3

le type de locomotive, directement sur le dôme, ou dans la paroi postérieure de la chaudière.

9 Surchauffeur

¹ Sur les locomotives à vapeur surchauffée, la vapeur saturée est chauffée à 300–400° C dans le surchauffeur. La vapeur parcourt le circuit suivant:

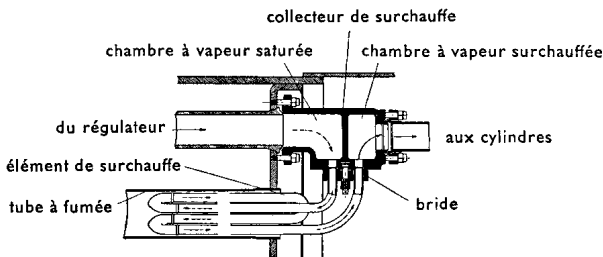


Fig. 14

Surchauffeur de tube à fumée de loc C 5/6

chaudière – régulateur – chambre à vapeur saturée du collecteur de surchauffe – éléments de surchauffe couplés en parallèle – chambre à vapeur surchauffée du collecteur de surchauffe – cylindres.

² Les éléments de surchauffe sont des tubes de fer ayant la forme de deux doubles serpentins logés dans les tubes à fumée. Les extrémités de ces serpentins sont mandrinées dans une bride commune. Cette bride est fixée aux ouvertures des collecteurs de vapeur saturée et surchauffée, par un goujon, fixé lui-même par une queue d'aronde. L'étanchéité aux hautes températures est assurée par des joints d'amiante-cuivre.

³ Sur les Ec3/4 et les Ec3/5, un robinet mélangeur permet d'éviter que les tiroirs plans ne soient attaqués par de la vapeur surchauffée à trop haute température. La clé de ce robinet, lequel est commandé de l'abri du mécanicien, se trouve entre les deux chambres à vapeur du collecteur de surchauffeur. Il doit être desservi de la façon suivante:

température de la vapeur supérieure à 350° C = ouvert;
température de la vapeur inférieure à 340° C = fermé.

Prise de vapeur des appareils auxiliaires

¹ Une prise de vapeur spéciale se trouve dans l'abri du mécanicien, au-dessus de la boîte à feu, pour l'alimentation des appareils auxiliaires.

² Sur les petites locomotives, cette vapeur est prise au dôme; sur les plus grandes, elle est prise dans un collecteur spécial placé sur la boîte à feu.

³ Lors de pertes dans la garniture, une soupape de retenue, qui se trouve sur le corps cylindrique, devant l'abri du mécanicien, permet de fermer l'arrivée de vapeur.

Robinet de vidange de la chaudière et regards de lavage

¹ L'eau d'alimentation contient sous forme soluble des gaz et des corps solides: acide carbonique, calcium, magnésium, etc. Lors de l'évaporation de l'eau, les corps solides précipitent et forment du tartre et de la boue. Ces corps nuisent à la transmission de la chaleur et empêchent une circulation normale de l'eau. Ils peuvent provoquer une importante formation de rouille et même des explosions de chaudière. Pour ces raisons, la chaudière doit être vidée périodiquement et lavée.

11

² Pour vidanger la chaudière, un robinet ou une soupape de vidange se trouve en un des points les plus bas. Des regards de lavage, placés à différents endroits du corps cylindrique, de la plaque tubulaire de la boîte à fumée et de la boîte à feu, permettent l'introduction d'eau sous pression et l'évacuation du tartre détaché et de la boue. Les petits regards sont fermés par des bouchons de lavage à pas conique et les grands par des couvercles boulonnés.

³ Les moyens propres à préserver la chaudière de l'entartrage sont mentionnés au chiffre 17.

12 Indicateur de niveau d'eau

¹ Deux indicateurs de niveau d'eau indépendants servent à contrôler

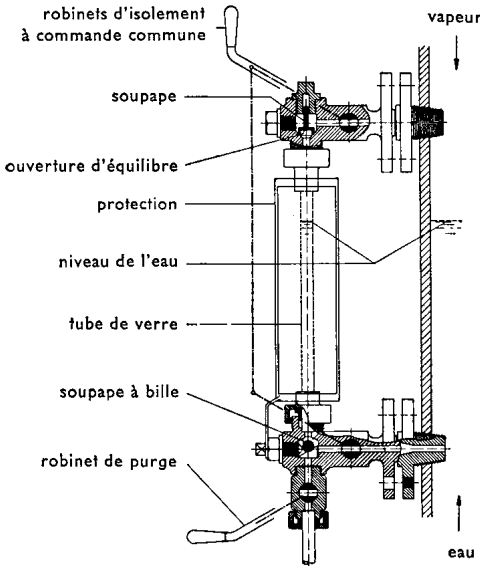


Fig. 15

Indicateur de niveau d'eau

le niveau de l'eau de la chaudière. Ils se composent d'un tube de verre vertical, dont le trou inférieur est en liaison avec l'eau de la chaudière, et le trou supérieur avec la vapeur.

² Les niveaux d'eau sont mis hors service au moyen de deux robinets d'isolement commandés par une seule poignée. Ces robinets sont montés dans les têtes des deux prises.

³ Une protection est fixée devant les tubes afin de protéger le personnel contre les accidents en cas d'éclatement. D'autre part, une petite soupape dans l'ouverture supérieure et une bille d'acier dans

l'ouverture inférieure arrêtent automatiquement l'écoulement d'eau et de vapeur. Une petite ouverture dans la soupape supérieure équilibre la pression dans la partie supérieure du tube.

⁴ Le robinet de purge sert au nettoyage du tube. Lorsque le niveau de l'eau n'est plus visible, l'ouverture de ce robinet permet de contrôler si le niveau de l'eau descend plus bas que la prise. 12

Soupapes de sûreté

13

¹ La chaudière est protégée contre une surpression par deux soupapes de sûreté indépendantes l'une de l'autre, qui se trouvent soit à l'arrière du corps cylindrique devant l'abri du mécanicien, soit sur le dôme de vapeur.

² Sur les locomotives B3/4, Eb3/5, Ec3/4, Ec3/5 et E3/3, des soupapes de sûreté «Ramsbottom» sont disposées dans un châssis commun. Elles se composent essentiellement de 2 plateaux qui appuient sur leur siège par la pression d'un ressort. La pression de la vapeur qui fait ouvrir les soupapes est réglée par un seul écrou agissant sur les ressorts. Avec cette construction, la surpression diminue lentement du fait que les plateaux des soupapes se soulèvent très peu, ce qui est un inconvénient.

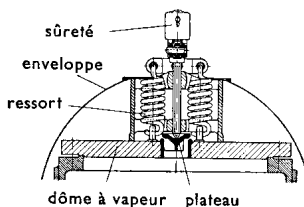


Fig. 16
Soupape de sûreté de loc E 3/3

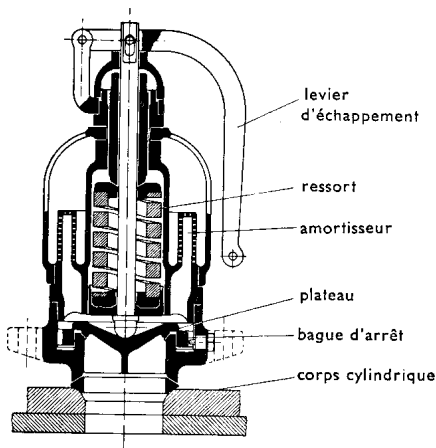


Fig. 17
Soupape de sûreté de loc C 5/6

³ La soupape de sûreté à charge directe «Pop-Coale» des loc A3/5, C4/5 et C5/6 est construite de telle façon que le plateau de soupape se soulève fortement, formant ainsi une ouverture de sortie de grande section. Une surpression dans la chaudière est par conséquent éliminée plus rapidement qu'avec une soupape «Ramsbottom». On obtient l'effort de soulèvement supplémentaire du plateau en faisant passer la vapeur qui s'échappe, avant qu'elle ne se détende, par une chambre circu-

13 laire entre le plateau de soupape et la bague d'arrêt. La partie du plateau débordant du siège augmente la surface active et, par suite, l'effort de soulèvement, ce qui permet d'obtenir le résultat désiré. Les orifices dans le corps et les fentes dans la calotte amortissent le bruit de l'échappement.

En vissant la bague d'arrêt vers le haut ou le bas, on modifie la largeur de la fente d'échappement, ainsi que la pression agissant sur la soupape. On peut de cette façon régler le jeu de la soupape. Les locomotives sus-indiquées sont pourvues de 2 soupapes de sûreté, dont l'une, en tirant un fil de transmission relié à un levier, peut être actionnée de la cabine du mécanicien.

14 Manomètre

¹ Sur chaque locomotive, un manomètre indique la pression de la chaudière. Sur la plupart des locomotives, un manomètre indique la pression dans les boîtes à tiroir: sur les machines à double expansion, un robinet à trois voies permet de commuter le manomètre sur la haute ou la basse pression.

² Afin de prévenir toute erreur, le manomètre de la chaudière est branché avant la soupape de retenue de prise de vapeur des garnitures.

³ Un autre manomètre indique la pression dans la conduite de chauffage du train (voir 20).

15 Sifflet à vapeur

¹ Le sifflet à vapeur est fixé directement sur la chaudière (C5/6), ou bien il est relié à la prise de vapeur des appareils auxiliaires. Un robinet d'isolement permet de le mettre hors service en cas d'avarie.

² Le son est provoqué par la vapeur qui, sortant d'une fente circulaire mince, frappe à grande vitesse les bords tranchants de la cloche; celle-ci vibre à une haute fréquence, ce qui provoque le sifflement.

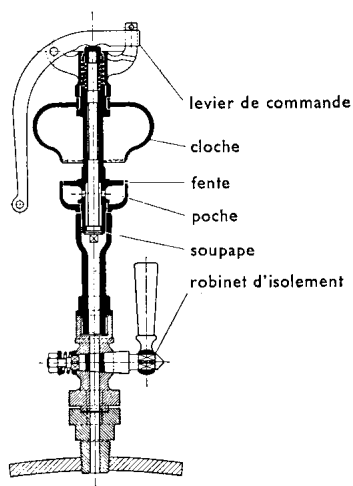


Fig. 18

Sifflet à vapeur de loc C 5/6

¹ Toute locomotive est pourvue de deux installations indépendantes d'alimentation en eau de la chaudière. Ce sont des pompes à jet de vapeur, appelées injecteurs.

² Chaque injecteur fonctionne selon le principe de la tuyère conique. Son fonctionnement (fig. 19) est basé sur le fait que, dans un tube de sections diverses, un effet d'aspiration se produit au passage d'un liquide ou d'un gaz dans une section étroite, et une surpression au passage d'une section plus large. En choisissant une tuyère de diamètres appropriés, on peut obtenir une pression plus grande que la pression initiale. Cette propriété est utilisée pour alimenter la chaudière au moyen d'injecteurs permettant de vaincre la pression de celle-ci.

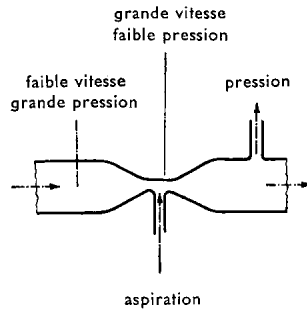


Fig. 19
Principe d'une tuyère

³ On distingue deux sortes d'injecteurs: les injecteurs aspirants, qui peuvent être montés au-dessus du niveau de l'eau du réservoir, et les injecteurs non aspirants, qui doivent recevoir l'eau en charge (exécution sur les locomotives, voir annexe).

⁴ Pour faire fonctionner les injecteurs aspirants (fig. 20), il faut ouvrir d'abord la prise de vapeur, puis tirer lentement le levier de la soupape d'admission. La vapeur arrive en un jet fin tout d'abord dans la tuyère à vapeur, puis dans la tuyère de mélange; elle soulève la soupape de trop-plein et s'échappe par le tuyau de trop-plein. Les 2 tuyères ne formant qu'un seul système, selon fig. 19, un effet d'aspiration se produit à la sortie rétrécie de la tuyère à vapeur, ce qui aspire l'eau du tender dans la tuyère de mélange. Le mélange avec l'eau fait condenser la vapeur; une dépression se produit alors, qui augmente l'aspiration.

⁵ Dès que le bruit caractéristique du fonctionnement indique que l'eau est entraînée, le levier de la soupape d'admission doit être tiré à fond de course, ce qui accélère le processus. La pression augmente dans la tuyère

16 de refoulement, qui forme un 2^e système avec la tuyère intermédiaire, selon fig. 19, jusqu'à ce que le clapet de retenue soit soulevé et permette l'alimentation en eau de la chaudière. La dépression qui se produit par la tuyère dans la chambre de trop-plein referme la soupape de trop-plein. D'autre part, la soupape d'aspiration supplémentaire s'ouvre, ce qui aspire davantage d'eau et augmente le débit d'alimentation. Le dispositif d'alimentation supplémentaire n'existe pas sur tous les injecteurs.

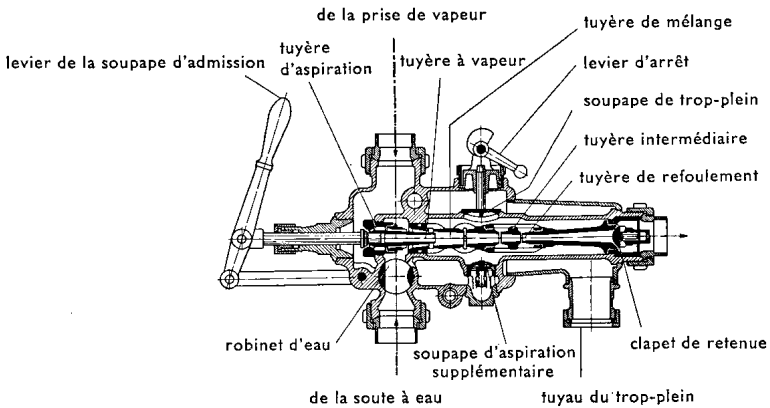


Fig. 20
Injecteur aspirant

⁶ L'injecteur aspirant doit être mis en service lentement et avec précaution, car un jet de vapeur trop fort serait brisé dans la tuyère de mélange. Dans ces conditions, la tuyère ne pourrait fonctionner, ni l'aspiration se produire. En revanche, un tel dispositif d'aspiration n'est pas nécessaire avec les injecteurs non aspirants; on met ceux-ci en service simplement en ouvrant le robinet à eau, puis la soupape à vapeur.

⁷ La soupape de trop-plein peut être maintenue fermée par une came d'arrêt, un boulon ou une vis, selon le type d'injecteur. Cette disposition permet de réchauffer l'injecteur et l'eau du tender par grands froids, en envoyant la vapeur de la chaudière dans le tender par la conduite d'aspiration.

⁸ Un injecteur débite 150–200 l/min. suivant sa grandeur. On peut diminuer le débit en fermant plus ou moins l'arrivée d'eau. Cela est néces-

saire lorsque la pression de la chaudière est basse. L'injecteur travaille mieux si l'eau d'alimentation est froide que si elle est chaude, car, à basse température, la condensation nécessaire pour l'aspiration est plus forte.

⁹ L'eau est réchauffée par la vapeur en passant par l'injecteur. Elle parvient à la chaudière à la température de 60–70° C.

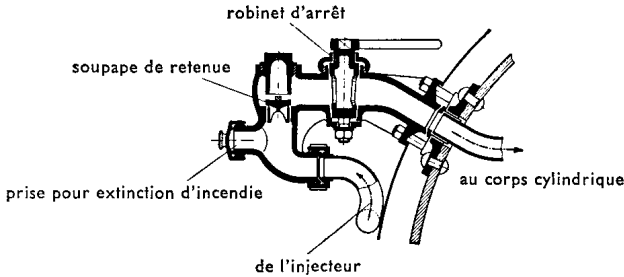


Fig. 21

Chapelle d'introduction de loc C 5/6

¹⁰ L'eau va de l'injecteur à la chaudière par la conduite d'alimentation et la chapelle d'introduction. Cette dernière possède une soupape de retenue et un robinet d'arrêt; à son côté droit se trouve une prise d'eau pour l'extinction d'incendie (voir R 326.2).

¹¹ Sur l'injecteur de gauche, dans l'abri du mécanicien, se trouve une prise avec un robinet à trois voies pour le tuyau d'arrosage du charbon et la conduite d'arrosage du cendrier. Sur les C 5/6, il y a une prise pour la conduite d'arrosage à chaque injecteur.

Purification de l'eau d'alimentation

¹ La purification de l'eau d'alimentation a pour but de précipiter les corps dissous dans l'eau, de manière qu'ils puissent être évacués pendant le service par la soupape ou la vanne de purge (voir 11).

² La précipitation peut être obtenue mécaniquement ou chimiquement. Sur les locomotives E4/4 8901–8917, il y avait une installation mécanique dans le dôme. Actuellement, on n'utilise plus que des procédés chimiques.

17 ³ On peut assurer la purification chimique de l'eau en ajoutant simplement de la soude. On précipite ainsi en boue une partie des corps dissous dans l'eau. L'action de la soude est cependant limitée, elle n'est utilisée que sur les locomotives ayant un service facile.

⁴ Sur les locomotives qui ont un service régulier, on ajoute à l'eau des agents chimiques qui, judicieusement utilisés, empêchent toute formation de tartre. Le dosage est déterminé pour chaque lieu d'utilisation par la dureté de l'eau et la quantité employée. Les prescriptions d'utilisation sont édictées par les directions de dépôt au vu d'analyses précises.

⁵ Les locomotives E4/4 8901-8909 sont équipées avec une soupape de purge pour éliminer les boues. Cette installation se trouve au point le plus bas de la chaudière à peu près au milieu de celle-ci. Elle se compose de deux soupapes d'arrêt (fig. 22) en série, maintenues en position fermée par un ressort à volutes commun. L'intérieur du ressort à volutes

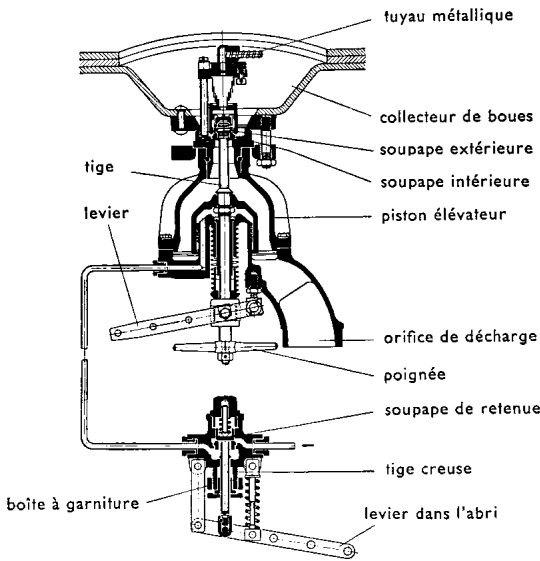


Fig. 22
Soupape de purge de loc E 4/4

et un tuyau métallique mettent en communication avec la chaudière l'espace compris entre les deux soupapes. La levée de la tige commandée à la main à l'aide du levier ou à l'air comprimé par un piston élévateur en forme de cloche provoque d'abord l'ouverture de la soupape intérieure, et la vapeur contenue dans le tuyau métallique s'échappe à l'air libre.

En accentuant la levée, la tige applique la soupape intérieure contre la soupape extérieure. Le passage de la vapeur est ainsi interrompu, et la soupape extérieure s'ouvre. La boue amassée dans le collecteur est alors expulsée. En abaissant la tige,

le processus décrit plus haut se déroule en sens inverse. Le jet de vapeur nettoie le siège de la soupape intérieure de toute boue adhérente. On peut empêcher de légères fuites de la soupape intérieure en donnant quelques tours à la poignée fixée à la tige. La soupape de purge à air comprimé est commandée de l'abri du mécanicien par une soupape de commande.

⁶ Les locomotives E4/4 8910–8917 ont une vanne de purge au lieu d'une soupape de purge. Cette vanne n'est pas commandée à distance, mais par un volant. Afin d'obtenir une bonne étanchéité des surfaces de contact, deux verrous sont montés dans le tiroir, et pressés contre la surface de contact du corps de la vanne lors de la fermeture. La pression nécessaire est obtenue par un pointeau chassé entre des billes d'acier qui remplissent l'espace entre les deux verrous.

⁷ Toutes les autres locomotives équipées avec une installation de purification d'eau ont une vanne de purge (fig. 23), qui ne peut être commandée à distance. Elle est fixée à un orifice de lavage de la boîte à feu, soit à l'avant, soit à l'arrière. L'organe de fermeture se compose d'un plateau monté dans un tiroir rotatif. Ce plateau est appliqué contre son siège par la pression de la vapeur et celle d'un ressort. L'usure est ainsi limitée.

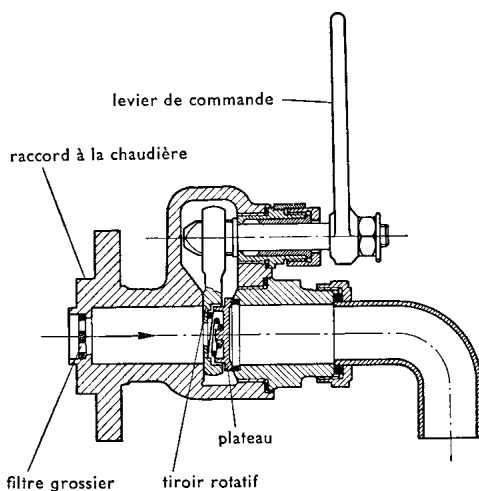


Fig. 23

Vanne de purge système «Lambro»

⁸ Les soupapes et vannes de purge doivent être actionnées plusieurs fois par jour aux endroits prévus à cet effet. Ouvrir rapidement, laisser ouvert pendant 5 sec. environ et fermer rapidement. Répéter l'opération 4 fois au moins. Avant cette opération, le niveau de l'eau dans la chaudière doit être haut.

18 Fumivore

¹ Une forte fumée est toujours le signe d'une mauvaise combustion. Le meilleur remède consiste à fournir au foyer une assez grande quantité d'air pour la combustion. C'est normalement le cas lorsque la machine travaille et que les clapets du cendrier sont ouverts; le tirage créé par l'échappement suffit. A l'arrêt, le souffleur peut provoquer un certain appel d'air. Malgré cela, il est impossible, lors de la mise au feu, de prévenir complètement la formation de fumée. C'est pourquoi la plupart des locomotives possèdent un appareil spécial: le fumivore.

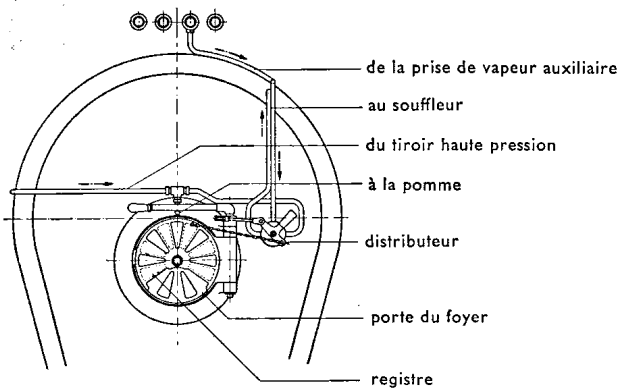


Fig. 24
Disposition du fumivore de loc A 3/5

² Le système CFF «semi-automatique» (équipement des locomotives, voir annexe) fonctionne de la manière suivante: La vapeur, par une vanne d'arrêt et un distributeur (robinet à 3 voies) est conduite dans une pompe qui se trouve dans le foyer au-dessus de la porte. Cette vapeur rabat la fumée dans le feu et en provoque ainsi la combustion complète. En même temps, de la vapeur est amenée au souffleur par une conduite spéciale, indépendamment de la soupape mentionnée au chiffre 7³.

³ Lorsque la machine ne dégage plus de fumée, on doit mettre le fumivore hors service en fermant le distributeur. Sur un certain nombre de locomotives, la pompe est cependant toujours alimentée, ce qui la refroidit et empêche qu'elle brûle.

⁴ Le fumivore est dit «semi-automatique» parce qu'il est mis en action par une commande mécanique à chaîne ou à tringle lors de l'ouverture de la porte du foyer. Sur certaines machines, le registre de la porte du foyer s'ouvre en même temps que le fumivore, et les ouvertures pratiquées dans la porte laissent entrer de l'air dans le foyer. Le distributeur et le registre doivent en revanche être refermés à la main. 18

Pompe à air

19

¹ La plupart des locomotives possèdent une pompe à piston verticale qui fournit, à une pression de 8 atm., l'air nécessaire pour actionner les freins et les sablières. Ce sont des pompes à double effet, qui sont entraînées par un piston à vapeur fixé sur leur tige.

² Dans la position dessinée à la fig. 25, la vapeur qui entraîne la pompe arrive de la prise de vapeur ou du dôme par le régulateur de la pompe à air dans la chambre de commande. Elle pousse le double piston à droite, comme le montre la figure, vu que celui de droite offre une plus grande surface que celui de gauche. Le tiroir de distribution est entraîné par le double piston, et la partie inférieure du cylindre se remplit de vapeur. Le piston du cylindre à vapeur est poussé vers le haut.

³ Peu avant d'arriver à fond de course, le piston du cylindre à vapeur bute contre l'épaule supérieur de la tige de renversement et soulève celle-ci. Le tiroir secondaire de distribution, mû par la tige de renversement, ferme le canal d'échappement de la chambre droite du double piston et permet à la vapeur d'entrer dans le canal inférieur. Le double piston (grande surface) est poussé vers la gauche. Le tiroir de distribution laisse pénétrer la vapeur dans la partie supérieure du cylindre et met la partie inférieure en communication avec l'air libre. Le piston du cylindre à vapeur est poussé vers le bas.

⁴ Peu avant d'arriver à fond de course, le piston du cylindre à vapeur bute contre l'épaule inférieur de la tige de renversement et tire celle-ci contre le bas. Le tiroir secondaire de distribution reprend sa position primitive.

⁵ Le piston du cylindre à air est entraîné directement par celui du cylindre à vapeur. A chaque mouvement, il aspire, d'une part, de l'air par les sou-

19 papes d'aspiration et rempli, d'autre part, le réservoir principal par les soupapes de compression.

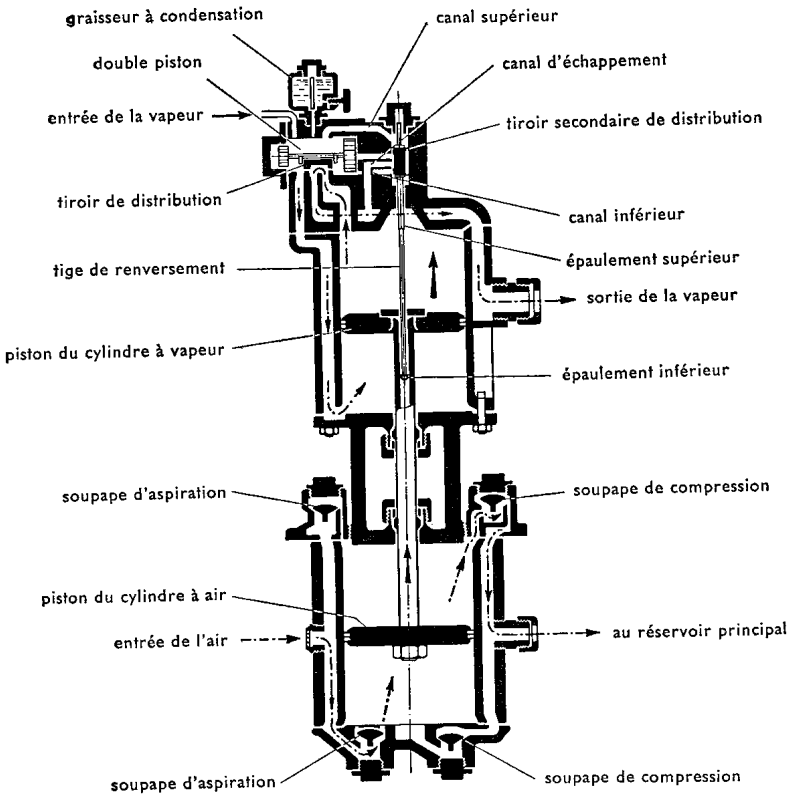


Fig. 25
Pompe à air à un étage

⁶ Cette pompe à air remplit le réservoir principal en ne travaillant que sur un seul étage de compression. Une telle pompe à un étage permet de comprimer à 8 atm. environ 1200 l/min. d'air aspiré.

Les C5/6 sont par contre équipées avec une pompe à deux étages, comprenant deux cylindres en série et débitant 2000 l/min. La fig. 26 montre la disposition des soupapes et leur fonctionnement.

⁷ Le cylindre à vapeur est graissé à l'huile cylindrine par un graisseur à condensation (fonctionnement, voir 49). Le cylindre à air l'est par de l'huile spéciale, au moyen d'un robinet de graissage.

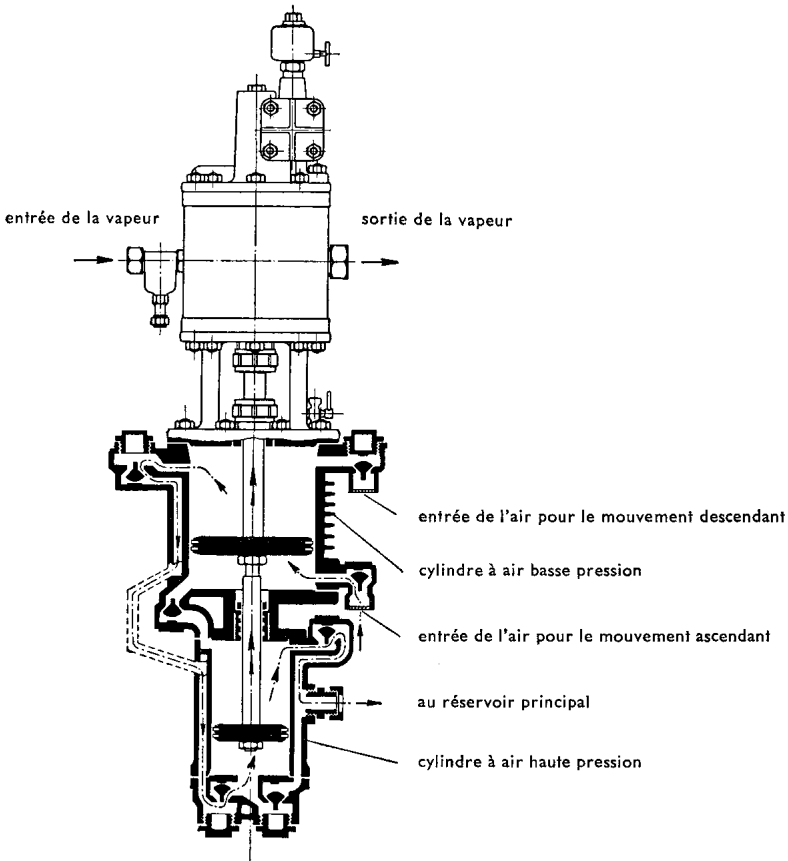


Fig. 26
Pompe à air à deux étages de loc C 5/6

⁸ Le régulateur de la pompe à air a pour but de régler l'admission de la vapeur, de manière que la pompe à air s'arrête lorsque la pression du réservoir principal atteint 8 atm., et se remette en marche quand cette pression est tombée à environ 7,5 atm.

⁹ Dans la position du régulateur représentée par la fig. 27, la pression du réservoir principal est encore insuffisante. La vapeur arrivant de la

19 soupape d'alimentation soulève la soupape principale et va à la pompe tant que l'air du réservoir principal ne soulève pas encore la soupape de commande. Lorsque c'est le cas, l'air pousse le piston vers le bas, et la soupape principale se ferme.

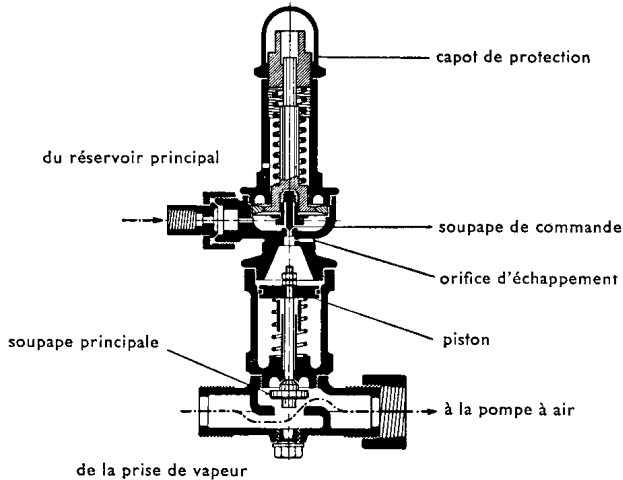


Fig. 27
Régulateur de la pompe à air

¹⁰ Si la pression du réservoir principal baisse, le ressort de réglage ferme la soupape de commande, et la pression d'air qui fermait la soupape principale s'échappe par l'orifice d'échappement. La vapeur ouvre alors cette soupape par suite du manque de contre-pression et pénètre dans la pompe à air.

¹¹ On peut régler le régulateur de la pompe à air en modifiant la tension du ressort de réglage. L'écrou de réglage est assuré et protégé par un capot qui peut se dévisser.

20 Chauffage du train

¹ La vapeur nécessaire pour le chauffage du train provient d'une vanne de prise de vapeur. Elle passe au travers d'une soupape de réduction et

d'un robinet de distribution avant de se rendre dans la conduite générale. Ces divers organes sont exécutés séparément (fig. 28) ou sont réunis dans une construction commune (soupape Forster).

² La soupape de réduction abaisse à 3–7 atm. la pression de la vapeur fournie par la chaudière. Elle se compose d'un piston faisant corps avec une soupape. Un ressort maintient le piston en bas et la soupape ouverte. La

vapeur pousse le piston contre le haut, tend le ressort et cherche ainsi à fermer la soupape. La vapeur doit fournir un travail pour passer la soupape. Ce laminage réduit la pression à une valeur égale à celle du ressort.

³ Le robinet de distribution a deux positions: avant et arrière. On peut ainsi envoyer la vapeur dans l'accouplement de chauffage de l'une ou l'autre des extrémités de la locomotive. La conduite inutilisée est vidangée par un orifice spécial qui se trouve dans le corps du robinet.

⁴ Le manomètre de chauffage est branché immédiatement après la soupape de réduction.

⁵ Les prescriptions de chauffage des voitures se trouvent dans le R 460.1.

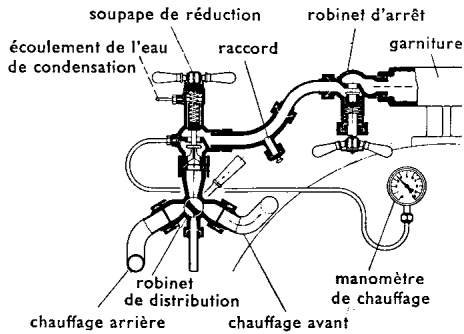


Fig. 28
Installation de chauffage à vapeur de loc C 5/6

Laveur de rail

¹ Le laveur de rail sert à nettoyer les rails sales. La vapeur s'échappe par deux gicleurs qui se trouvent derrière le dernier essieu moteur. Ces gicleurs, alimentés par la prise de vapeur des appareils auxiliaires, sont pourvus d'un robinet d'arrêt.

² Sur certaines locomotives, de l'eau est ajoutée à la vapeur. Le robinet pour l'eau se trouve à côté du robinet de frein du mécanicien.

MACHINE A VAPEUR

22 Généralités

¹ La machine à vapeur comprend le tiroir, qui a un mouvement de va-et-vient dans la boîte à tiroir et dirige la vapeur alternativement contre l'une ou l'autre des faces du piston, puis laisse échapper la vapeur utilisée. Le mouvement du piston est transmis à la manivelle (bouton de manivelle moteur) de la roue motrice, par la tige de piston, la crosse (guide rectiligne) et la bielle motrice.

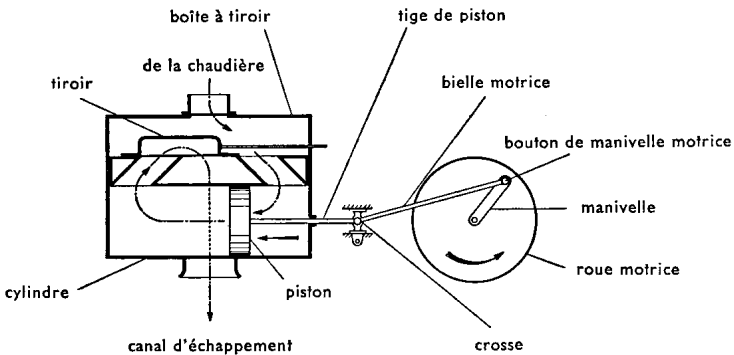


Fig. 29

Fonctionnement de la machine à vapeur

² Toutes les pièces contribuant à la répartition de la vapeur constituent la distribution. On entend par distribution intérieure le tiroir, et par distribution extérieure le mécanisme d'entraînement du tiroir.

³ Un élément important de la répartition de la vapeur est l'admission. On entend par là le pourcentage de la course du piston pendant lequel la vapeur pénètre dans le cylindre. L'admission serait de 100% si le tiroir restait ouvert pendant toute la course du piston.

⁴ Sur les locomotives à simple expansion, la vapeur détendue se rend directement dans la tuyère d'échappement, puis, par la cheminée, à l'air libre. La manivelle de droite est décalée de 90° en avant par rapport à celle de gauche, afin que la locomotive puisse toujours démarrer, même lorsque l'un des entraînements est au point mort.

⁵ Sur les locomotives à double expansion (fig. 30), la vapeur se détend d'abord dans les cylindres haute pression (de 15 à environ 5 atm.). Elle se rend ensuite par le réservoir intermédiaire dans les cylindres basse pression, où elle achève de se détendre, puis de là dans la tuyère d'échappement. La vapeur qui se détend en deux phases est mieux utilisée. La différence de température de la vapeur entre l'entrée dans les cylindres et l'échappement est plus grande. Le rendement est donc meilleur.

⁶ Les pistons haute et basse pression, d'un côté de la machine, travaillent en opposition: les manivelles sont décalées de 180° l'une par rapport à l'autre. Pour les cylindres du même étage, la manivelle de droite est décalée de 90° en avant par rapport à celle de gauche.

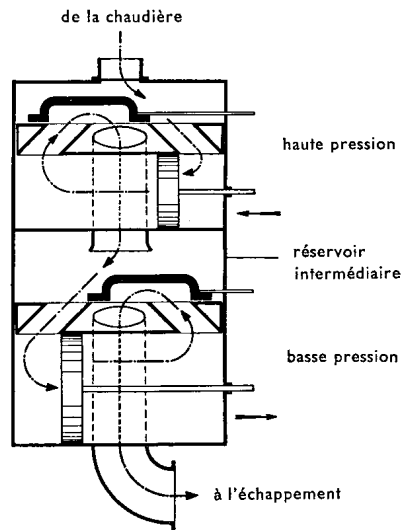


Fig. 30
Fonctionnement de la machine
à double expansion

Principe et fonctionnement de la distribution intérieure 23

¹ La fig. 31 montre les caractéristiques de fonctionnement d'un tiroir plan simplifié. Il est dessiné en position médiane, c'est-à-dire dans la position où les lumières pour l'admission et l'échappement sont recouvertes. La surface de glissement du tiroir s'appelle table du tiroir, et celle de la boîte à tiroir, table des lumières.

23

² Le recouvrement extérieur (recouvrement d'admission) est le chemin en mm que le tiroir doit parcourir depuis sa position médiane jusqu'au moment où il relie une lumière avec l'admission, à gauche ou à droite. De même, le recouvrement intérieur (recouvrement d'échappement) est le chemin en mm parcouru pour relier une lumière avec l'échappement. Les arêtes du tiroir qui délimitent ce chemin sont appelées arêtes de distribution.

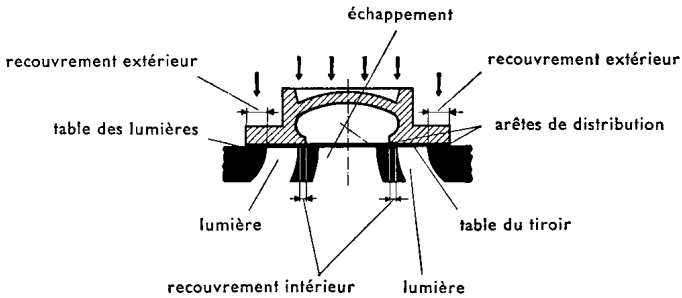


Fig. 31
Désignations et forme fondamentale d'un tiroir plan

³ Dans les considérations qui suivent et qui se rapportent seulement à la partie gauche du piston, on admet que la contre-manivelle communique au tiroir son mouvement de va-et-vient (voir fig. 32). La contre-manivelle est câlée sur la roue motrice, en avance d'un certain angle par rapport à la manivelle. Cet angle sera déterminé ci-après.

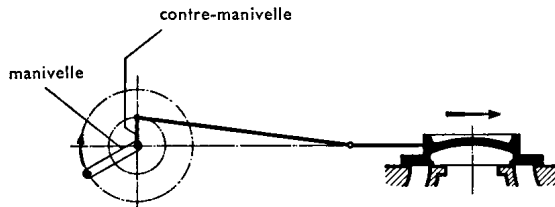


Fig. 32
Position médiane du tiroir

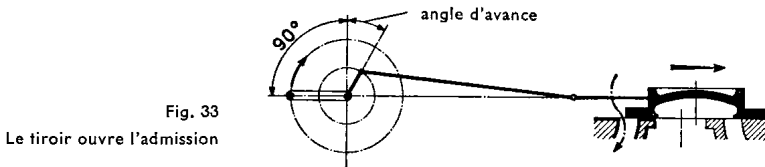
⁴ Pour que la machine à vapeur travaille correctement, la distribution de la vapeur doit se faire dans un ordre déterminé, toujours le même. La distribution intérieure doit remplir les conditions suivantes:

a) Position médiane

La position de départ pour les explications est la position médiane. Sur la fig. 32, les dimensions de la contre-manivelle ont été choisies de manière qu'elle soit en son point le plus haut pour cette position du tiroir.

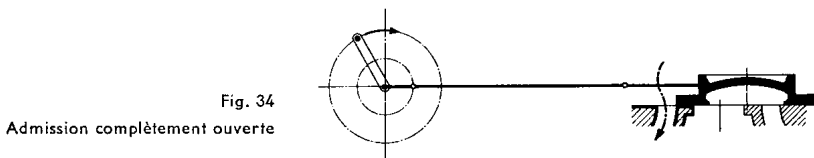
b) Admission anticipée

Si la roue motrice tourne dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que le piston soit à fond de course et sa manivelle au point mort gauche, le tiroir doit avoir déjà ouvert, avant cette position, une lumière pour l'admission anticipée. Le déplacement du tiroir depuis sa position médiane est: «recouvrement extérieur + avance». Cette avance du tiroir a pour but de remplir de vapeur les conduites de vapeur et l'espace mort entre le piston et le couvercle du cylindre, afin qu'elle agisse avec sa pleine puissance au moment du changement de course du piston. Pour obtenir ce déplacement, il faut que l'angle entre la manivelle et la contre-manivelle soit un peu plus grand que 90° . Le dépassement par rapport à 90° se nomme angle d'avance.



c) Admission

La roue motrice tournant, la lumière continue de se découvrir. Elle est complètement découverte lorsque le tiroir s'est déplacé depuis sa position médiane de: «recouvrement extérieur + largeur de la lumière». C'est le cas sur la fig. 34 au point mort de droite de la contre-manivelle. Ensuite, le tiroir commence à refermer la lumière.



23 d) Détente

Le tiroir ayant refermé la lumière, la détente commence dans le cylindre. Une admission de 100% (voir 22^a) n'est pas désirable, car la vapeur s'échapperait dans la phase suivante avec sa pression initiale, d'où une grosse perte d'énergie. De plus, un brusque changement de pression provoquerait un choc qui détériorerait le mécanisme. En fermant l'admission après un certain parcours du piston, on obtient une détente de la vapeur la plus complète possible (voir 23^a).



Fig. 35
Le tiroir ferme l'admission

e) Echappement anticipé

Peu avant que le piston soit à fond de course à droite, la lumière est découverte par l'arête de distribution intérieure du tiroir et est reliée à l'échappement. La vapeur se détend avant le changement de sens du piston. On prévient ainsi un changement de pression trop brusque, ce qui donne un mouvement plus doux du piston.



Fig. 36
Le tiroir ouvre l'échappement

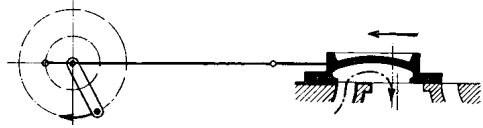
f) Echappement

Le mouvement de rotation de la roue motrice se poursuivant, le piston chasse la vapeur hors du cylindre. Le tiroir a fermé complètement la lumière dès qu'il s'est déplacé à partir de sa position médiane de: «recouvrement intérieur + largeur de la lumière». Cet état est celui de la fig. 37 au point mort gauche de la contre-manivelle, à partir duquel le mouvement de retour du tiroir se produit.

g) Compression

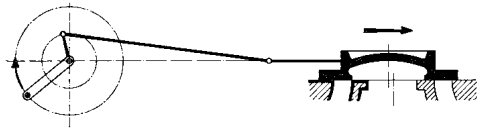
Avant que le piston soit à fond de course, le tiroir ferme la lumière et le reste de la vapeur est comprimé dans le cylindre. Le piston se trouve ainsi freiné. Les rapports de pression sont fixés de telle façon qu'il en résulte un passage sans à-coup à l'admission anticipée qui suit. Le cycle de la vapeur dans le cylindre gauche est ainsi terminé. Le piston travaille cependant avec double effet, vu que le même cycle se reproduit dans la partie de droite, mais décalé dans le temps.

Fig. 37
Echappement complètement ouvert



⁵ Jusqu'à présent, la longueur de la contre-manivelle était admise de manière que son point mort de droite corresponde à une ouverture complète de l'admission. En augmentant cette longueur, on augmente le temps d'admission (fig. 34). En la diminuant, c'est le contraire qui se produit. On a ainsi un moyen de régler l'admission et de l'adapter aux différents besoins.

Fig. 38
Le tiroir ferme l'échappement



⁶ En augmentant la longueur de la contre-manivelle, grande admission, on augmente la durée de l'échappement et diminue la compression. Inversement, une admission faible augmente la compression.

⁷ La manivelle tourne en avant (à droite) ou en arrière (à gauche) suivant le côté du piston sur lequel la vapeur agit (en prenant le milieu du cylindre comme point de départ). Comme l'indique la fig. 34, la position de la contre-manivelle est déterminante pour le sens de rotation; pour la marche avant, elle est décalée, par rapport à la manivelle, d'un angle de « $90^\circ +$

23 l'angle d'avance», et, pour la marche arrière, le retard est de la même grandeur.

⁸ Pour utiliser correctement la détente de la vapeur, l'admission doit être adaptée aux conditions de travail de la locomotive. Les directives générales suivantes doivent être observées pour la conduite:

- a) Au démarrage: admission max. de 70 à 80% pendant un court instant. Régler l'effort de traction avec le régulateur en évitant le patinage. Normalement, le petit régulateur suffit. Sitôt la locomotive en mouvement, réduire l'admission.
- b) A la puissance nominale correspondent environ les admissions suivantes:
locomotives à simple expansion 28%
locomotives à double expansion 42%
- c) Une admission trop faible augmente la compression et provoque une marche saccadée de la locomotive. Pour l'éviter, l'admission ne doit pas être diminuée au-dessous des valeurs suivantes:
locomotives à simple expansion 20%
locomotives à double expansion 30%
- d) En marche à vide, mettre l'admission maximum pour réduire la compression et la détente.

24 Forme des tiroirs

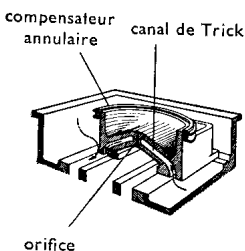


Fig. 39

Tiroir plan avec compensateur et canal de Trick

¹ Le tiroir plan, décrit précédemment, est de forme simple mais a un inconvénient: il ne découvre pas assez rapidement et complètement les lumières lorsque l'admission est réduite. Il s'ensuit un laminage de la vapeur. Le canal de «Trick» remédie à cet inconvénient (fig. 39). La vapeur, lorsque l'admission anticipée commence, n'est pas seulement admise par les bords du recouvrement extérieur, mais pénètre aussi dans le cylindre par le canal de Trick.

² Le tiroir plan a un second inconvénient. La pression que la vapeur exerce sur le tiroir provoque un frottement considérable des surfaces mobiles en contact. Afin de prévenir une forte usure, un compensateur

annulaire à ressort est monté sur le plateau du tiroir (fig. 39). Cet anneau fait joint entre le plateau et le couvercle de la boîte à tiroir. Il délimite une chambre d'équilibre qui est reliée par un trou à l'échappement pour compenser les inéchantés.

³ Pour prévenir l'usure, les parties frottantes du compensateur annulaire et du tiroir sont en bronze. Le registre est en fonte grise.

⁴ Malgré ces améliorations, le tiroir plan ne convient pas pour les grandes pressions et les hautes températures. Sur les machines à double expansion, seul le tiroir cylindrique donne complète satisfaction. On peut se le représenter comme étant engendré par rotation par un tiroir plan (fig. 40). Le tiroir cylindrique est simple à construire; il présente une grande section d'admission et est complètement équilibré.

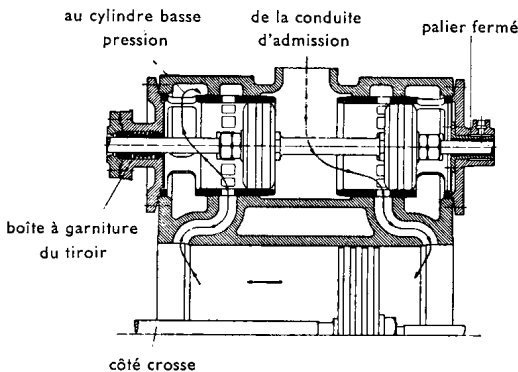


Fig. 40
Tiroir cylindrique à admission intérieure de loc C 5/6

⁵ Les tiroirs plans admettent la vapeur dans les cylindres par les arêtes extérieures. L'admission est dite extérieure. La plupart des tiroirs cylindriques, en revanche, ont une admission dite intérieure, en ce sens que l'amenée de vapeur débouche entre les deux admissions du cylindre. Il faut alors que la contre-manivelle soit décalée en arrière par rapport à la manivelle motrice pour la marche avant, et décalée en avant pour la marche arrière. C'est le contraire de ce qui se passe avec un tiroir à admission extérieure. La distribution interne se répartit comme il suit:

recouvrements extérieurs = recouvrements d'échappement
recouvrements intérieurs = recouvrements d'admission

24

⁶ Sur les locomotives à double expansion, les tiroirs cylindriques des cylindres basse pression sont des tiroirs à admission extérieure, ce qui permet de renoncer à croiser les conduites intermédiaires vu que les manivelles haute et basse pression doivent être décalées de 180° (voir 22⁶). La fig. 41 montre un tiroir cylindrique à canal des loc C5/6. Il se compose de deux cylindres évidés, reliés par une pièce échancrée, ce qui donne une liaison entre les admissions et permet à la vapeur d'arriver de deux côtés dans les lumières du cylindre. Les canaux qui relient les cylindres augmentent la section d'admission et jouent le même rôle que le canal de Trick d'un tiroir plan.

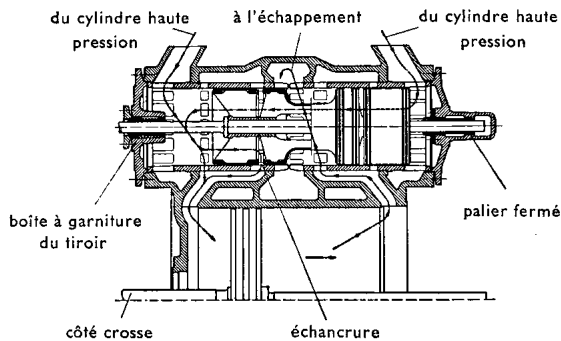


Fig. 41

Tiroir cylindrique à canal à admission extérieure de loc C 5/6

⁷ Les tiroirs cylindriques sont en fonte d'acier. Ils sont munis de segments en fonte de fer fendus, et dont l'élasticité assure l'étanchéité avec la boîte à tiroir. L'entrée de la tige du tiroir dans la boîte à tiroir doit être étanche. On utilise à cet effet des boîtes à garniture, dont la construction, semblable à celle des cylindres, est traitée au chiffre 29.

⁸ Le type de tiroir utilisé sur chaque type de machine figure dans l'annexe.

25 Distribution extérieure

¹ La distribution extérieure comprend les organes nécessaires à l'entraînement du tiroir. Elle a les attributions suivantes :

- a) Réglage de l'admission pendant la marche ;
- b) Renversement du mouvement du tiroir et de la marche.

² Dans la distribution Stephenson, le rayon de la contre-manivelle varie et influence ainsi l'admission. L'angle d'avance reste constant (voir 23⁵). Il y a une contre-manivelle (poulie et barre d'excentrique) pour chaque direction de marche. Elles sont décalées l'une en avant et l'autre en arrière de $90^\circ + \text{l'angle d'avance}$ par rapport à la manivelle motrice. Elles sont reliées par une coulisse, qui peut être élevée ou abaissée au moyen d'un jeu de leviers, de l'abri du mécanicien, pendant la marche.

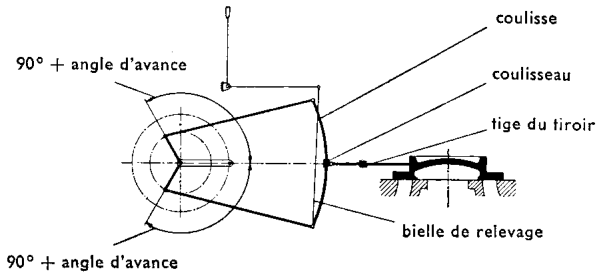


Fig. 42

Distribution Stephenson en position médiane

- a) Lorsque la coulisse est en position médiane, les effets des deux contre-manivelles s'annulent mutuellement. Le tiroir n'ouvre pas les lumières: la machine ne travaille pas.
- b) Lorsque la coulisse est relevée, elle est soumise à l'action de la contre-manivelle avant. La tige du tiroir fait donner à celui-ci l'admission maximum avant.

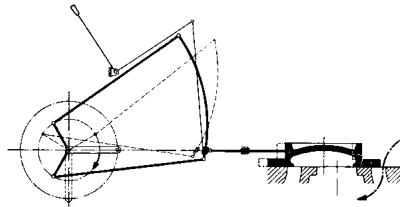


Fig. 43

Distribution Stephenson en position avant

- c) Lorsque la coulisse est abaissée, le même phénomène se produit pour la marche arrière.

25 Dans une position intermédiaire de la coulisse, les deux contre-manivelles agissent simultanément sur le tiroir. Il est donc possible de régler l'admission entre les valeurs extrêmes. Des distributions de ce genre ont l'inconvénient de faire varier l'admission anticipée en fonction de l'admission, ce qui n'est pas désirable, car l'influence de l'espace nuisible reste inchangée. D'autre part, la distribution de la vapeur est influencée par le jeu de la suspension de la locomotive. Pour cette raison, elle n'est pas appliquée sur nos locomotives modernes.

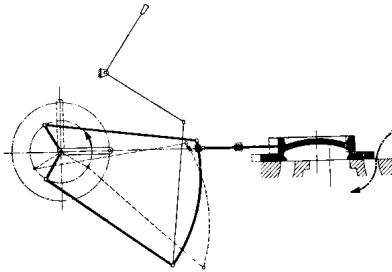


Fig. 44
Distribution Stephenson en position arrière

³ Avec les distributions Walschaert ou Heusinger, l'admission anticipée ne dépend plus de la contre-manivelle, mais elle est commandée par un mécanisme indépendant entraîné par la crosse du piston. Ces deux distributions agissent sur un tiroir plan simplifié de la façon suivante:

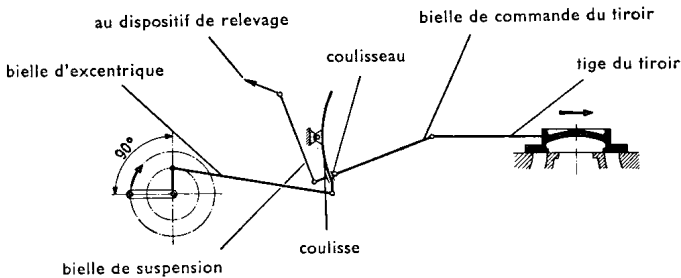


Fig. 45
Distribution Walschaert sans mécanisme auxiliaire pour l'admission anticipée (position de marche avant)

a) Mécanisme principal

La contre-manivelle, décalée de 90° en avant par rapport à la manivelle, donne au tiroir plan le mouvement connu de va-et-vient. Une transmission réglable à leviers est montée sur l'entraînement du tiroir et permet de modifier l'admission et de renverser la marche. Elle se compose d'une bielle d'excentrique, d'une coulisse, d'un coulisseau, d'une bielle de commande du tiroir et d'une tige de tiroir. La machine va en avant avec l'admission maximum, si le coulisseau mobile commandé de l'abri du mécanicien se trouve dans la partie inférieure de la coulisse; elle va en arrière avec l'admission maximum lorsque le coulisseau se trouve dans la partie supérieure de la coulisse. Entre ces deux limites, l'admission peut être réglée à volonté suivant la hauteur du coulisseau.

b) Mécanisme auxiliaire pour l'admission anticipée

Pour avoir un fonctionnement satisfaisant de la distribution, il faut que, au point mort du piston, le tiroir soit décalé par rapport à sa position médiane, de la distance «recouvrement + avance». Si le piston se trouve au milieu du cylindre, le déplacement auxiliaire n'est pas nécessaire. Ces déplacements déterminés étant fonction de la position du piston, on peut commander le mouvement auxiliaire par la crosse en respectant le rapport de réduction nécessaire. La transmission est opérée par l'entraîneur de la crosse, la barre d'entraînement et le levier d'avance. Il faut noter que, lorsque le piston est à fond de course à gauche, le déplacement auxiliaire a lieu vers la droite, et inversement. Avec les tiroirs à admission extérieure (tiroirs plans), le mouvement auxiliaire est inversé. Lorsque le coulisseau se trouve au milieu de la coulisse, il ne transmet pas de mouvement à la bielle de commande du

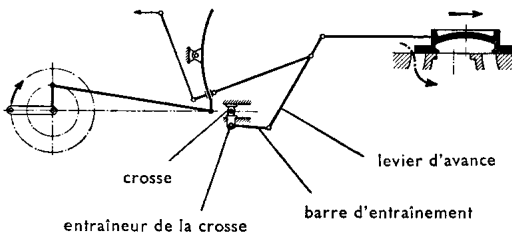


Fig. 46

Distribution Walschaert avec mécanisme auxiliaire pour l'admission anticipée (position de marche avant)

tiroir; celui-ci bouge cependant légèrement, entraîné par le levier d'avance, mais ne découvre pas les lumières. L'admission est donc nulle.

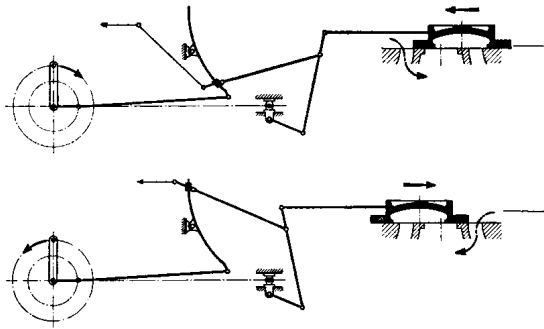


Fig. 47

Distribution Walschaert avec piston en position médiane pour la marche avant et arrière

c) Changement de marche

Dans la position médiane du piston (fig. 47), le tiroir est déplacé par la commande principale (coulisseau), de telle façon que la vapeur soit admise du côté du piston agissant pour entraîner la machine dans la direction de marche désirée. En revanche, la position du tiroir n'est pas influencée par le levier d'avance. Mais si le piston se trouve dans une position extrême (fig. 46 et 48), la position du tiroir est alors dépendante du seul mouvement additionnel. La longueur de la bielle du tiroir et la forme de la coulisse sont choisies de façon que le déplacement total du coulisseau n'ait aucune influence sur la position du tiroir. Ainsi, l'avance à l'admission du tiroir reste la même pour les deux directions de marche. La seule différence consiste dans le fait que, si l'on fait tourner la roue motrice dans la direction choisie, le tiroir s'ouvre, tandis

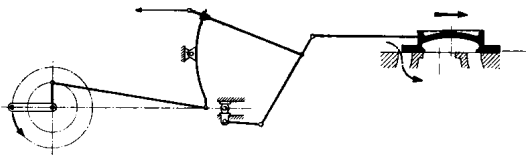


Fig. 48

Distribution Walschaert avec mécanisme auxiliaire pour l'admission anticipée (position de marche arrière)

qu'il se fermerait si la roue tournait en sens contraire, ce qui ne serait évidemment pas admissible.

d) Tiroir à admission intérieure

Avec les tiroirs cylindriques à admission intérieure, les mouvements de commande doivent être inversés, les recouvrements l'étant aussi. Le mouvement principal est alors tel que la contre-manivelle est décalée de 90° en arrière, au lieu de 90° en avant. Les locomotives Eb3/5 5881–5889 font exception. Pour ces locomotives, le renversement se fait avec la coulisse; le coulisseau doit être élevé pour la marche avant et abaissé pour la marche arrière. La direction du mouvement additionnel est alors modifiée; le levier d'avance est construit sans renversement.

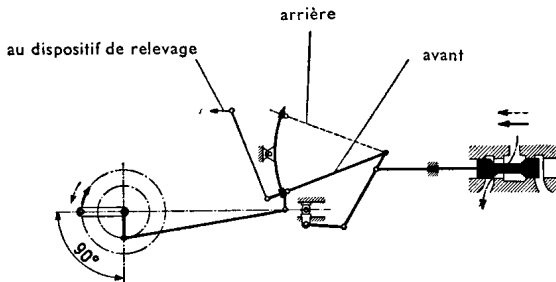


Fig. 49

Distribution Walschaert avec tiroir cylindrique

⁴ Avec la distribution Joy, l'entraînement principal du tiroir est dérivé de la trajectoire elliptique d'un point de la bielle motrice. Dans les systèmes jusque'ici, l'entraînement se faisait par la manivelle ou un excentrique. La distribution Joy fonctionne comme il suit:

a) Excentrique fictif

Un choix judicieux de la longueur et de la position des guide et contre-guide permet de transformer en un mouvement circulaire au point de renvoi le mouvement elliptique du point d'attaque. On obtient ainsi un excentrique fictif (contre-manivelle). Le reste de la distribution fonctionne comme celle de Walschaert.

b) Mouvement du tiroir

La caractéristique de la distribution Joy est la suivante: le mouvement

- 25 de l'excentrique fictif est transmis au tiroir, transformé de telle manière que celui-ci ait le mouvement de va-et-vient désiré avec l'admission anticipée nécessaire. Contrairement à la distribution Walschaert, c'est le coulisseau et non la coulisse qui participe à ce mouvement.

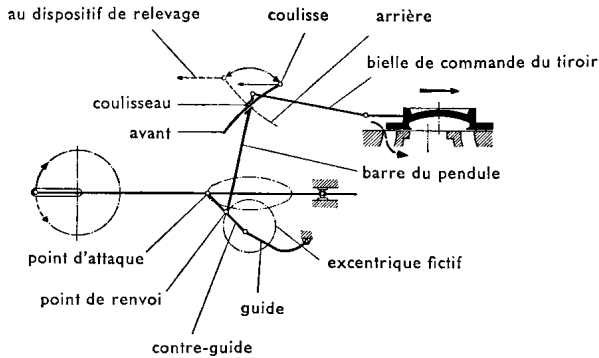


Fig. 50
Distribution Joy

c) Changement de l'admission et du sens de marche

L'inclinaison de la coulisse commandée de la cabine du mécanicien modifie l'avance ou le retard du tiroir par rapport au piston. Avec une distribution à tiroir à admission extérieure, cas des locomotives A3/5, la coulisse est en avant pour la marche avant, et en arrière pour la marche arrière. Si la coulisse est verticale, l'admission est nulle.

26 Disposition de la distribution des locomotives à double expansion (loc compound)

Distribution extérieure séparée

¹ Sur les A3/5, la distribution haute pression, à l'extérieur, est du système Walschaert. La distribution basse pression, à l'intérieur, est du système Joy. Les tiroirs de haute et basse pression sont des tiroirs à plans équilibrés, avec canal de Trick. Le décalage de 180° entre pistons et tiroirs s'obtient par un déplacement convenable des manivelles et des distributions.

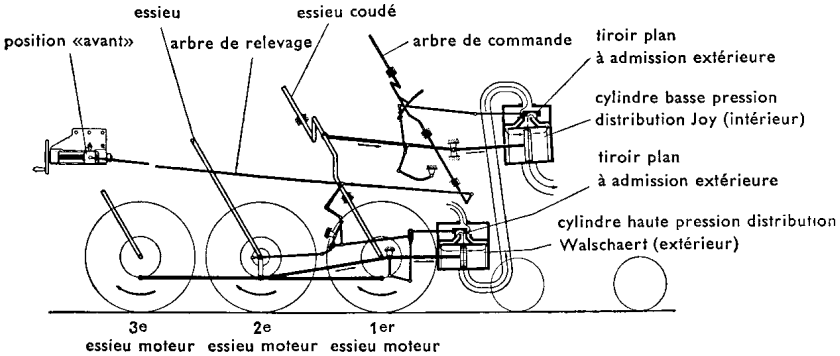


Fig. 51

Disposition et fonctionnement de la machine à vapeur de loc A 3/5

Distribution extérieure commune

² Comme dans les cylindres haute et basse pression des deux côtés de la machine, il se produit les mêmes mouvements, mais décalés de 180° , il est possible de commander les deux tiroirs par une distribution extérieure commune. Sur les C4/5 et C5/6 qui ont cette commande, les mouvements de la distribution Walschaert des cylindres basse pression extérieurs sont transmis aux cylindres haute pression intérieurs par un arbre intermédiaire. On obtient le mouvement opposé des pistons en donnant à la haute pression des tiroirs cylindriques à admission intérieure et à la basse pression des tiroirs plans (C4/5) ou des tiroirs cylindriques à canal (C5/6) à admission extérieure.

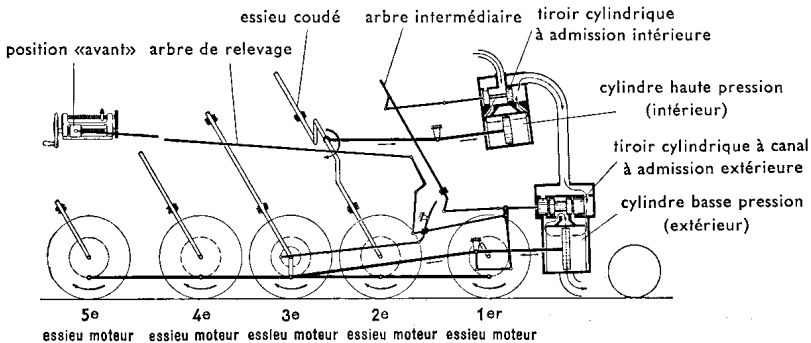


Fig. 52

Disposition et fonctionnement de la machine à vapeur de loc C 5/6

26 Appareil de commutation pour la double expansion

³ La locomotive du Brünig de la série HG 3/3 peut travailler en simple ou double expansion suivant le tronçon: adhérence ou crémaillère. Il y a une machine à vapeur à deux cylindres pour l'entraînement des essieux moteurs, et une autre pour l'entraînement de la roue dentée. Chacune des machines a des tiroirs plans et une distribution Walschaert propre. Les quatre cylindres ont les mêmes dimensions. La machine à vapeur basse pression (crémaillère) tourne 2 à 3 fois plus vite que la machine haute pression (adhérence), vu que le volume de la vapeur détendue dans l'étage haute pression devient plus grand.

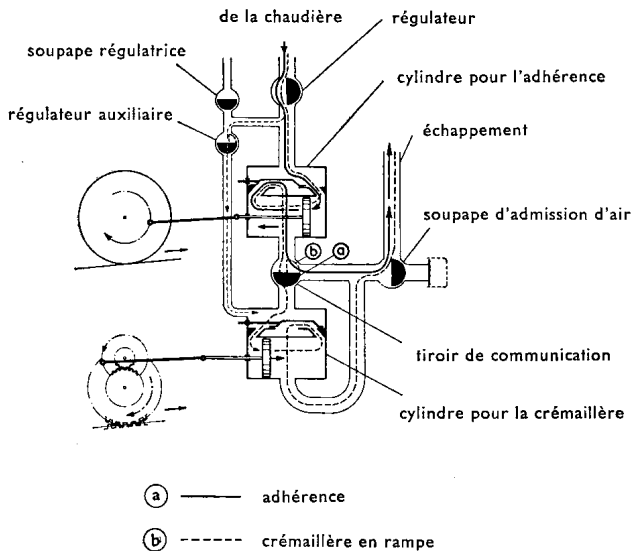


Fig. 53

Fonctionnement de la loc HG 3/3 sur les tronçons à adhérence et à crémaillère en rampe

Le tiroir de communication à commande à vapeur donne les possibilités suivantes :

- Sur les tronçons à adhérence (fig. 53), les échappements des cylindres pour l'adhérence sont reliés directement à la tuyère d'échappement. L'admission de vapeur des cylindres pour la roue dentée est fermée. La machine à vapeur pour l'adhérence travaille en simple expansion.

b) Sur les tronçons à crémaillère (fig. 53), la locomotive travaille en double expansion : les cylindres pour l'adhérence sont ceux de la haute pression et des cylindres pour la crémaillère ceux de la basse pression. Le régulateur auxiliaire permet d'admettre de la vapeur haute pression dans les cylindres basse pression pour augmenter la puissance de la machine pour la roue dentée (patinage de roues motrices).

Avant d'attaquer la crémaillère, mettre la marche à fond de course et le tiroir de communication sur double expansion, puis ouvrir le régulateur de manière que la vitesse périphérique de la roue dentée corresponde à celle des roues motrices. Peu avant de quitter la crémaillère, fermer le régulateur et mettre le tiroir de communication sur simple expansion : la roue dentée est déchargée.

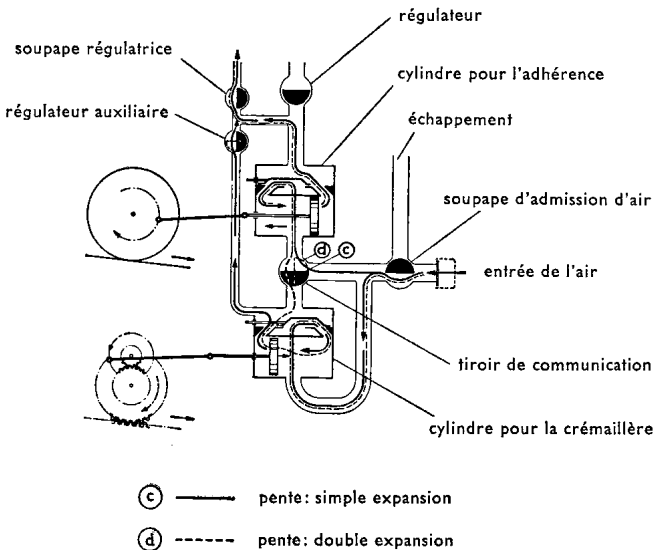


Fig. 54

Fonctionnement de la loc HG 3/3 sur les tronçons en pente

c) Sur une pente à crémaillère avec charge remorquée de 25 tonnes au maximum, procéder comme il suit (fig. 54):

- mettre le tiroir de communication dans la même position que pour les tronçons à adhérence;

- 26
- mettre le levier de marche dans le sens inverse de la marche réelle;
 - ouvrir la soupape d'admission d'air, la soupape régulatrice et le régulateur auxiliaire;
 - fermer le régulateur.

Les deux machines travaillent à simple expansion : elles aspirent de l'air par la soupape d'admission d'air, le compriment dans les cylindres et le rejettent à l'extérieur par la soupape régulatrice. On obtient ainsi un freinage qu'on peut régler en modifiant l'admission et l'ouverture du régulateur auxiliaire. De l'eau est injectée dans les boîtes à tiroir des quatre cylindres, afin de prévenir un échauffement provoqué par la compression de l'air.

Avant d'attaquer la crémaillère, mettre la marche en adhérence et ouvrir légèrement le régulateur auxiliaire pour lancer la roue dentée et éviter des à-coups.

- d) Sur une pente à crémaillère avec une charge remorquée supérieure à 25 tonnes : mettre le tiroir de communication en position double expansion. En ce qui concerne la position du levier de marche de la soupape d'admission et de la soupape régulatrice, procéder comme pour la marche sur une pente à crémaillère avec simple expansion. Les deux machines travaillent comme deux pompes à deux phases. Le mécanisme moteur est ainsi moins mis à contribution qu'avec la simple expansion.

27 Commande à vapeur de la distribution des locomotives E 4/4 8901—8917

¹ Le servo-moteur à vapeur permet de commander la distribution rapidement et facilement. Il se compose d'un cylindre à vapeur (entraînement) et d'un cylindre à huile (freinage), dont les pistons sont emmanchés sur une tige commune. Le tiroir réglant l'admission et l'échappement du cylindre à vapeur et celui qui règle la circulation d'huile entre les deux chambres du cylindre à huile sont commandés simultanément par le levier de changement de marche de l'abri du mécanicien.

² Si l'on fait passer le levier de marche de sa position médiane à une position avant quelconque, le tiroir à vapeur recule et admet la vapeur dans la chambre avant du cylindre. En même temps, le tiroir à huile met en communication les deux chambres du cylindre à huile, ce qui permet au piston de se mouvoir librement. La tige du piston se déplace. La bielle de commande articulée, fixée à cette tige, actionne l'arbre de relevage et met ainsi le mécanisme en avant. Le mouvement de la tige du piston est transmis à l'extrémité inférieure de l'arbre auxiliaire, alors que l'extrémité supérieure est solidaire de l'arbre de commande. Les tiroirs reliés à l'arbre auxiliaire sont entraînés jusque dans leur position médiane. Dans cette

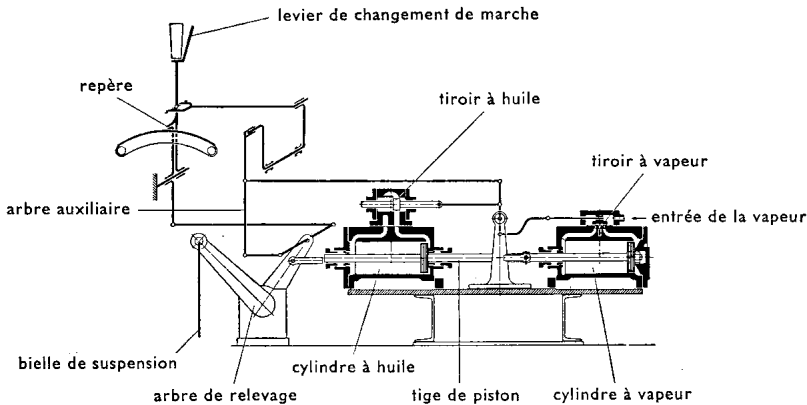


Fig. 55

Commande à vapeur de la distribution des loc E 4/4

position, le tiroir à vapeur interrompt l'admission dans le cylindre et ouvre l'échappement; en même temps, le tiroir du cylindre à huile interrompt la communication entre les deux chambres de celui-ci. Le mécanisme reste dans la position acquise. A chaque position du levier de changement de marche correspond une position du mécanisme. Le mouvement opéré est indiqué dans la cabine du mécanicien par un repère.

³ A la mise en service du servo-moteur, il faut remplir, avec de l'huile cylindrine, le cylindre à huile par la vis de remplissage qui se trouve sur la boîte du tiroir. A cet effet, mettre le levier de changement de marche

27 à fond de course. N'ouvrir la soupape de prise de vapeur du servo-moteur qu'après avoir ramené le levier de changement de marche en position médiane.

⁴ Lorsque la soupape de prise de vapeur est fermée, le mécanisme peut se mettre de lui-même en position «avant», entraîné par le propre poids des leviers et bielles. Si le régulateur n'est pas étanche, la machine se met en marche d'elle-même. Afin d'éviter que ce cas se produise, le personnel doit, en quittant la locomotive, bloquer le coulisseau en position médiane avec une cale en bois. Lors de la mise sous pression de la locomotive, ouvrir la soupape de prise de vapeur dès que la pression atteint 6 atm et ôter la cale.

28 Pistons

¹ Les pistons, en fonte d'acier, sont calés à froid à la presse sur la tige de piston et bloqués au moyen d'écrous. Ils sont construits le plus légèrement possible afin d'obtenir une faible inertie pour le mouvement de va-et-vient.

² L'étanchéité entre le piston et le cylindre est assurée par deux ou trois segments. Ces segments, en fonte de fer sont fendus afin d'être élastiques et d'appuyer contre le cylindre.

³ Le piston ne doit pas s'appuyer sur les segments, mais, soutenu par la tige du piston, flotter dans le corps du cylindre. Vu que cette condition n'a pas pu être partout réalisée à cause des déformations de la tige, il a fallu, notamment sur les pistons lourds, mettre deux cales en bronze sous le segment médian.

29 Boîtes à garniture

¹ Les cylindres sont fermés aux deux extrémités par les fonds de cylindre boulonnés dont la forme doit s'adapter à celle du piston, afin de réduire au minimum l'espace nuisible. Les boîtes à garniture, montées différemment

suivant la pression et la température de la vapeur, assurent l'étanchéité des orifices des fonds de cylindre qui livrent passage à la tige du piston. D'autre part, il faut tenir compte du fait que la boîte à garniture avant supporte le poids du piston et de sa tige s'il n'y a pas de support spécial; à l'arrière, le problème est plus simple, car la tige du piston est soutenue par la crosse.

² Les boîtes à garniture suivantes sont utilisées:

- a) Boîte à garniture du fond de cylindre arrière pour basse pression et température peu élevée:

Le joint se compose de trois segments de garniture en métal blanc, qui sont pressés contre la partie conique intérieure de la bague de fond par un ressort. Ceci permet le réglage pendant le service. Une lentille donne au joint du jeu par rapport au fond du cylindre. Ainsi, la boîte à garniture se prête aux déformations normales de la tige de piston sans nuire à l'étanchéité. La boîte en fonte guide le ressort.

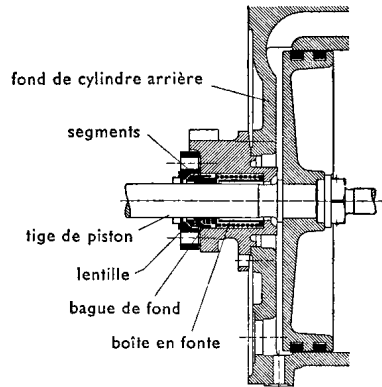


Fig. 56
Boîte à garniture
de fond de cylindre arrière
pour basse pression
de loc C 5/6

- b) Boîte à garniture du fond de cylindre avant pour basse pression et température peu élevée:

La boîte de guidage en métal blanc relativement longue sert de joint et de support. Pour obtenir une bonne étanchéité, on fend cette boîte d'un côté et on la presse contre une boîte de fond à plans inclinés. Un évidement intérieur réduit le frottement et améliore le graissage. Vu qu'il n'y a pas de ressort, il faut régler la boîte à garniture à la main.

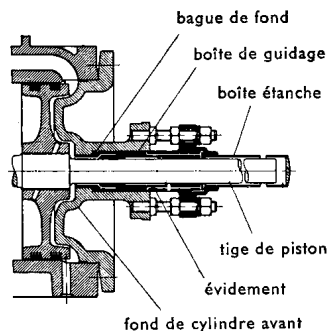


Fig. 57
Boîte à garniture
de fond de cylindre avant
de loc E 3/3

29 c) Boîte à garniture du fond de cylindre arrière pour haute pression et vapeur surchauffée:

Comme pour les boîtes à basse pression, le joint se compose de segments de garniture en métal blanc qui sont pressés les uns contre les autres par un fort ressort et contre la

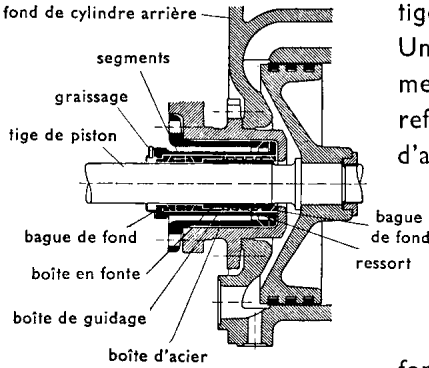


Fig. 58

Boîte à garniture de fond de cylindre haute pression arrière de loc C 5/6

tiges de piston par leurs plans inclinés. Une boîte en fonte étroite et relativement longue permet à la vapeur de se refroidir et de se détendre avant d'atteindre le joint. Une boîte d'acier enveloppe le tout. L'étanchéité entre celle-ci et la boîte de guidage est assurée par une lentille. Il en est de même entre la boîte en fonte et la bague de fond intérieure. Cette boîte à garniture se prête aussi aux déformations de la tige du piston.

d) Vu que la tige du piston est enfermée dans une boîte étanche, il n'y a pas besoin de boîte à garniture aux fonds de cylindre avant pour haute pression et vapeur surchauffée. Dans

la construction selon fig. 59, il faut admettre un espace nuisible relativement grand. La boîte de guidage fixée seulement en son milieu se prête aux déformations de la tige du piston. Le trou de compensation empêche la formation d'un coussin d'air.

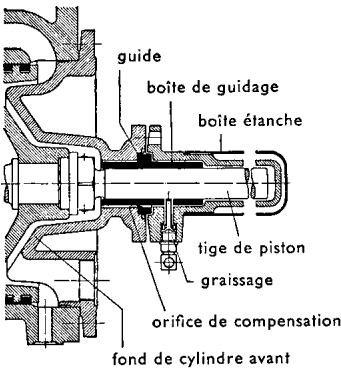


Fig. 59

Guidage de fond de cylindre haute pression avant de loc C 5/6

Pour diminuer l'inconvénient de l'espace nuisible, on peut aussi adopter pour la garniture avant la même construction que pour le fond de cylindre arrière. Lorsqu'il y a de

grandes sollicitations, on utilise un palier spécial en métal blanc.

¹ De l'eau de condensation, produite par le refroidissement de la vapeur, peut s'accumuler dans les cylindres. Afin d'éviter que cette eau abaisse le rendement de la machine et que des coups d'eau détériorent les cylindres, des purgeurs sont fixés aux deux extrémités du cylindre à sa partie inférieure; ils sont actionnés simultanément depuis l'abri du mécanicien.

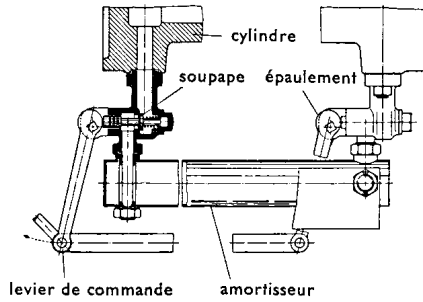


Fig. 60
Purgeur de loc C 5/6

² Le sifflement provoqué par la vapeur s'échappant des cylindres est atténué par des amortisseurs acoustiques.

Soupape de sûreté des cylindres

¹ Les soupapes de sûreté montées sur les deux fonds de cylindre doivent protéger cylindre et piston contre les surpressions dangereuses. Ces surpressions peuvent être provoquées par une trop grande compression lors d'une fausse répartition de la vapeur ou par le fait que les purgeurs ne sont pas actionnés assez souvent.

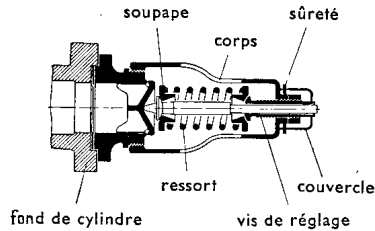


Fig. 61
Soupape de sûreté des cylindres de loc C 5/6

² Sur les locomotives à simple expansion et sur les cylindres haute pression des locomotives à double expansion, les soupapes de sûreté à ressort sont réglées pour le timbre de la chaudière. Sur les cylindres basse pression, elles doivent fonctionner pour une pression de 8 à 9 atm.

³ Sur les locomotives à vapeur saturée E3/3 et à tiroirs plans non équilibrés, il n'y a pas besoin de soupapes de sûreté. La surpression soulève le tiroir au-dessus de la table et la vapeur, l'eau ou l'air s'échappent par le canal d'échappement; le cylindre est ainsi protégé.

32 Dispositif de marche à vide

¹ Lors de la marche à vide, le piston fonctionne comme une pompe à air. Pendant la période d'admission, un vide se produit dans les conduites d'admission et dans le cylindre. Ce vide est encore plus poussé pendant la détente. Ceci absorbe du travail et présente le danger que de la suie ou des cendres soient aspirées de la boîte à fumée dans les cylindres. D'autre part, la compression provoque des pertes, car l'air aspiré est inutilement comprimé. Dans ces conditions, la machine prend une allure irrégulière.

² Il est possible de diminuer cet effet de pompage en marche à vide en mettant le mécanisme à fond de course (une grande admission donne une courte détente et une faible compression). Cette mesure, encore imparfaite, est remplacée par l'un des dispositifs de marche à vide décrits ci-dessous. L'annexe indique de quel dispositif est équipé chaque type de locomotive (équipement des locomotives, voir annexe).

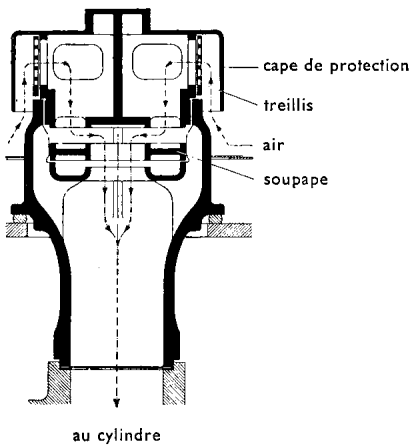


Fig. 62

Soupape Ricour de loc C 5/6

a) Les soupapes d'aspiration d'air ou soupapes Ricour sont montées sur les boîtes à tiroir ou à la bifurcation des conduites d'admission. Le régulateur étant fermé lors de l'admission, de l'air est aspiré dans les cylindres au travers d'un treillis. L'organe de commande se compose d'une soupape qui, sans contre-pression, est dans sa position inférieure et ouvre un orifice. Le régulateur étant ouvert, la soupape se ferme sous l'effet de la pression. L'effet des soupapes Ricour est encore imparfait en marche à vide, car la détente et la compression restent inchangées.

b) Les soupapes automatiques d'intercommunication permettent d'équilibrer complètement les pressions: pendant la marche à vide, les deux

côtés du piston sont mis en communication. Ces soupapes d'intercommunication sont montées selon fig. 63 sur la boîte à tiroir d'un cylindre à admission interne. La pression existant des deux côtés du piston agit sur la soupape, et la pression de la vapeur d'admission agit sous la soupape.

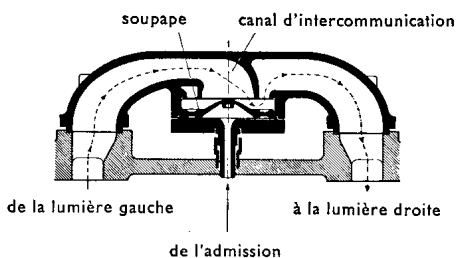


Fig. 63
Soupape automatique
d'intercommunication de loc Eb 3/5

Les deux surfaces sont calculées de manière que la soupape ferme le canal d'intercommunication lorsque la machine travaille. En marche à vide, par contre, la pression d'admission n'agit plus, la soupape tombe et ouvre le canal d'intercommunication.

- c) Les soupapes d'intercommunication à commande à vapeur permettent également d'équilibrer complètement les pressions. Elles équipent les cylindres basse pression des locomotives C5/6 2954-2978. La différence entre celles-ci et les soupapes automatiques réside dans le fait qu'en marche à vide un ressort soulève la soupape au-dessus de son siège. Lorsque le régulateur est ouvert, la vapeur haute pression arrive dans le cylindre de commande, agit sur le piston à vapeur et abaisse la soupape qui ferme le canal d'intercommunication. Les parties mobiles sont graissées par un graisseur à condensation (voir 49).

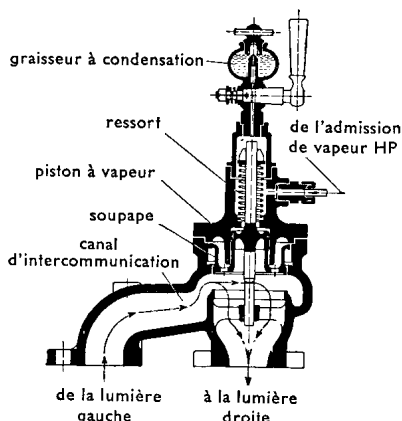


Fig. 64
Soupape d'intercommunication à commande
à vapeur de loc C 5/6 2954-2978

- d) Les robinets d'intercommunication à commande à air sont utilisés sur les

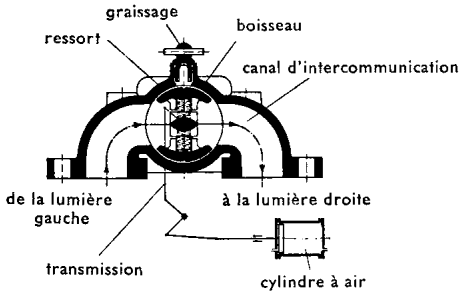


Fig. 65

Robinet d'intercommunication à commande
à air de loc C 5/6 2951-2953

cylindres basse pression des C5/6 n^{os} 2951-2953. Par rapport aux soupapes, ils ont l'avantage d'offrir une grande section de passage. Ce système présente l'inconvénient d'obliger à commander le robinet d'intercommunication à la main depuis l'abri du mécanicien.

33 Dispositif de démarrage des locomotives à double expansion

¹ Au démarrage, les cylindres basse pression ne reçoivent la vapeur qu'après son passage dans les cylindres haute pression; de ce fait, la machine développe sa pleine puissance avec un certain retard en fonction de la position des pistons. Pour augmenter l'effort de démarrage, les cylindres basse pression sont momentanément alimentés avec de la vapeur haute pression.

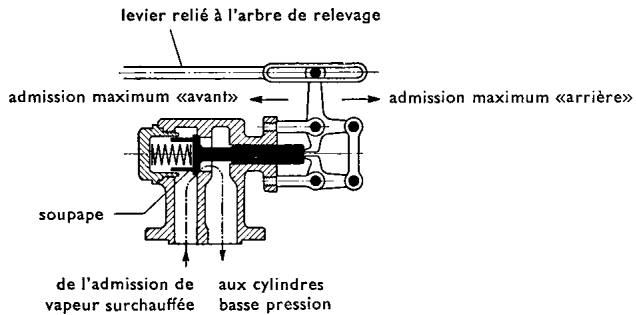


Fig. 66

Dispositif de démarrage de loc C 5/6

² Le dispositif de démarrage se compose d'une soupape qui, lorsque l'admission est maximum, c'est-à-dire à 60-75% (dans les deux directions) – donc au démarrage –, est ouverte automatiquement par l'arbre de relevage.

De la vapeur haute pression pénètre dans la conduite d'admission du cylindre basse pression. Lorsque la marche est relevée, un ressort et la pression de la vapeur ferment la soupape.

Mécanisme moteur

¹ Le mécanisme moteur comprend les organes qui transmettent la force des pistons aux roues motrices. Ce sont : la tige du piston, la crosse, la bielle motrice et les bielles d'accouplement.

² La crosse relie la tige du piston à la bielle motrice. Les efforts verticaux qui sollicitent la crosse contre le haut ou le bas suivant la direction du véhicule et l'inclinaison de la bielle motrice sont supportés par des patins qui s'appuient sur une ou deux glissières (croses à une ou deux glissières). Les croses sont en fonte d'acier, les glissières en acier forgé. Les patins sont en bronze garni de métal blanc. Le jeu provenant de l'usure est compensé par des lamelles de tôle intercalées entre les patins et la crosse elle-même. Sur les machines avec distribution Walschaert, la crosse est munie d'un entraîneur. Le graissage est traité au chiffre 51.

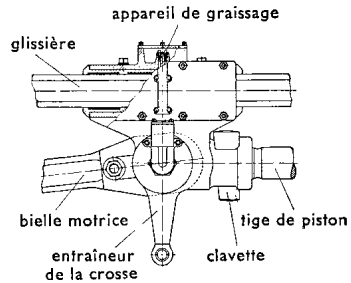


Fig. 67

Crosse à une glissière de loc C 5/6

³ La tige de piston est clavetée dans la crosse. La bielle motrice forgée s'articule, d'une part, sur la crosse et, d'autre part, sur le bouton-manivelle. Des coussinets en deux parties sont logés dans les évidements des têtes de bielle. Les coussinets du palier du bouton de manivelle en acier fondu sont garnis d'antifriction et ceux du palier de la crosse sont en bronze, sans métal blanc. La bielle motrice

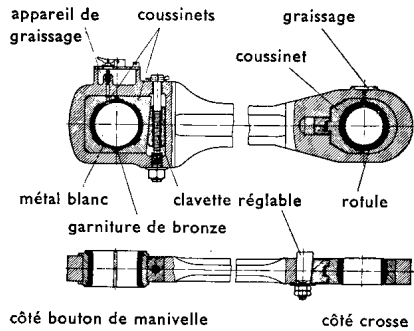


Fig. 68

Bielle motrice extérieure de loc C 5/6

34 des C5/6 est pourvue, dans la crosse, d'une rotule permettant un déplacement latéral du troisième essieu moteur selon chiffre 40. Les deux coussinets sont pressés l'un contre l'autre par une clavette réglable assurée par des vis et des goupilles. On peut compenser le jeu du palier en limant les cales en bronze ou en modifiant l'épaisseur des lames de tôle intercalées.

⁴ Les bielles d'accouplement transmettent le couple moteur du bouton de manivelle de la roue entraînée directement aux autres roues motrices. Les paliers sont les mêmes que ceux des bielles motrices. Lorsqu'il y a plus de deux essieux moteurs accouplés, les bielles d'accouplement des autres essieux doivent être articulées pour permettre le jeu de la suspension de chaque essieu.

CHÂSSIS, ROUES, SUSPENSION

Généralités

35

¹ Le châssis, les trains de roues, les appareils de choc et de traction et les appareils de frein constituent le véhicule proprement dit.

² Le châssis ne sert pas seulement à porter la chaudière et l'appareil locomoteur, mais aussi à transmettre les efforts des pistons des cylindres aux roues et des roues au crochet de traction. Toutes les pièces sont ainsi soumises à des contraintes importantes et doivent être très robustes.

³ Le châssis, fonction importante, doit amortir les chocs et les coups produits par le roulement. Cette fonction est remplie par la suspension.

Châssis

36

¹ Nos locomotives à vapeur sont à châssis intérieur au train de roues. Ils sont constitués par des longerons en tôle de 20 à 30 mm d'épaisseur.

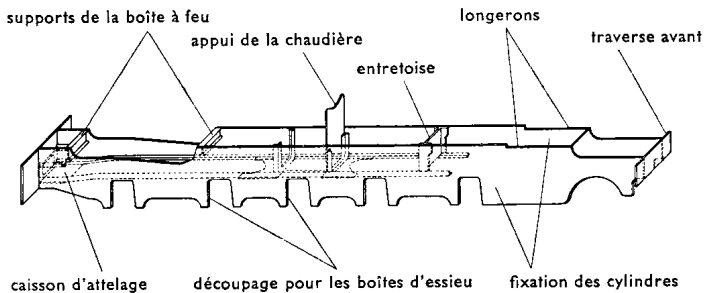


Fig. 69
Châssis de loc 5/6

² La traverse avant reçoit les appareils de traction et de choc. Il en est de même pour la traverse arrière des locomotives-tender. Aux loco-

36 motives avec tender séparé, la traverse arrière est disposée pour recevoir les organes de l'attelage avec le tender.

³ Les autres traverses intermédiaires consolident le châssis et supportent la chaudière, la timonerie des freins, les paliers de l'arbre de relevage de la distribution, etc.

⁴ Les longerons sont découpés pour recevoir les boîtes des essieux, dont les glissières rivées viennent renforcer les parties ainsi affaiblies.

37 Supports de chaudière

¹ La chaudière doit pouvoir se dilater librement dans le sens de sa longueur. Pour cette raison, il n'y a que la boîte à fumée de la chaudière qui soit boulonnée au châssis. Les autres appuis, dont la forme dépend de la construction de la boîte à feu, permettent un déplacement longitudinal.

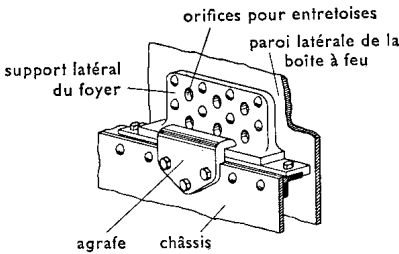


Fig. 70
Support postérieur de la chaudière
de loc E 3/3

² Si le foyer est assez étroit pour trouver place entre les longerons, la boîte à feu vient alors glisser sur des supports latéraux fixes (fig. 70). Une agrafe, également boulonnée au châssis, empêche le soulèvement de la chaudière au-dessus des glissières, sans gêner toutefois le déplacement longitudinal. Des butées limitent le déplacement latéral du cadre du foyer.

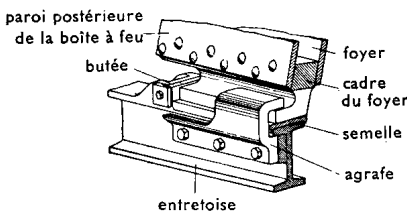
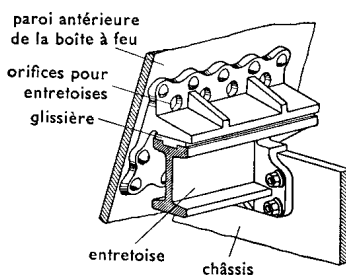


Fig. 71
Support postérieur de la chaudière
de loc C 5/6

³ La chaudière des locomotives C5/6 à foyer débordant est fixée au châssis en trois points. Le support arrière du foyer (fig. 71) est fixé au milieu de la paroi postérieure de la boîte à feu. En plus de l'appui, deux butées limitent le jeu latéral. Les deux supports avant du foyer (fig. 72), à gauche et à droite de

la boîte à feu, ne sont que des appuis à glissière.

⁴ Si la chaudière est longue, le corps cylindrique est encore soutenu par le châssis; l'appui est soit un support, soit une tôle verticale assez flexible pour plier lorsque la chaudière se dilate (fig. 69).



37

Fig. 72

Support antérieur de la chaudière de loc C 5/6

Roues et paliers

38

¹ Les essieux moteurs et porteurs des locomotives à vapeur sont constitués par des roues à rayons, munies de bandages et calées à la presse sur un axe. Les roues motrices sont assurées par une clavette.

Manivelles du mécanisme intérieur

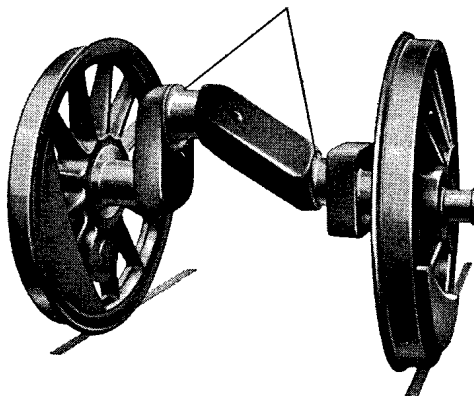


Fig. 73 Essieu moteur de loc C 5/6

² Aux roues motrices, le moyeu de manivelle est coulé avec la roue. Le bouton ou tourillon de manivelle y est chassé à la presse. La contre-manivelle de la distribution Walschaert est, selon le type de locomotive, formée d'une pièce avec le tourillon de manivelle ou vissée sur le deuxième ou troisième essieu moteur.

63

³ Le premier ou le deuxième essieu moteur des locomotives à quatre cylindres à double expansion est coudé deux fois pour s'adapter au mécanisme moteur intérieur.

⁴ Le déséquilibre dans la répartition des poids dû au tourillon de manivelle et à une part du mécanisme moteur est compensé par un contrepoids.

⁵ Les essieux sont montés dans des coussinets lisses en deux pièces avec tampons graisseurs. L'huile de graissage est introduite dans la sous-boîte par une ouverture latérale en forme de col de cygne. Une ou deux vis de vidange placées aux points les plus bas de la sous-boîte permettent d'évacuer l'eau. S'il n'y a qu'une seule vis de vidange, il faut alors aspirer l'eau avec une seringue pour vider complètement la sous-boîte.

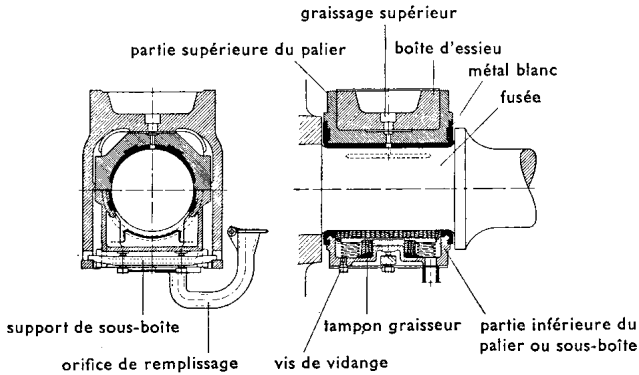


Fig. 74

Palier d'essieu moteur de loc C 5/6

⁶ Toutes les boîtes d'essieux moteurs et quelques boîtes d'essieux porteurs sont munies de graisseurs à mèches fixés à la partie supérieure de la boîte ou au châssis.

⁷ La boîte d'essieu qui contient le coussinet est prise entre les plaques de garde, mais peut jouer librement dans le plan vertical. Une cale de réglage, montée sur une des plaques de garde, permet de rattraper le jeu

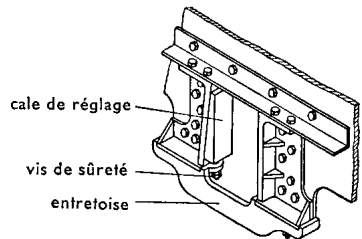


Fig. 75

Guide de boîte d'essieu de loc C 5/6

provoqué par l'usure des semelles. Vu que l'entre-axe ne doit pas varier, les cales se trouvent toutes du même côté. 38

Suspension et répartition du poids 39

¹ Le châssis repose sur le train de roues par l'intermédiaire d'une suspension à ressorts. Celle-ci est constituée en général par des ressorts à lames qui, selon la construction, sont au-dessus ou au-dessous de la boîte d'essieu.

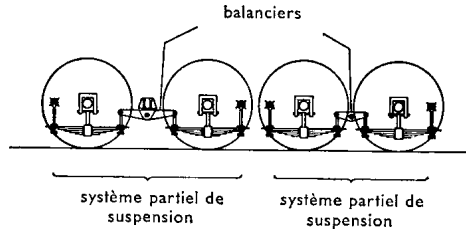


Fig. 76
Répartition du poids sur les essieux moteurs 2-5
de loc C 5/6

² Pour éviter les variations de charge des essieux provoquées par les inégalités de la voie – ce qui entraîne une mauvaise tenue sur rails –, les ressorts des essieux voisins sont souvent reliés entre eux par l'intermédiaire de balanciers fixés au châssis. Les genres d'exécution des diverses séries de locomotives sont donnés en annexe.

³ Les balanciers ne remplissent leur but que s'ils travaillent librement. A cette fin, les articulations et appuis sont pourvus de graisseurs à mèches ou d'orifices de graissage.

Inscription des locomotives dans les courbes 40

¹ Les essieux des locomotives à entraînement par bielles ne peuvent s'inscrire radialement dans les courbes. Sur les locomotives à grand empattement, les boudins des essieux médians sont jusqu'à 10 mm plus minces que les boudins ordinaires pour éviter de trop grands efforts sur les roues dans les courbes. Au surplus, certains essieux moteurs reçoivent un jeu latéral de 30 mm. A cet effet, les boîtes d'essieux peuvent se déplacer vers l'intérieur, et les fusées sont plus longues que leur palier.

² Sur les locomotives de ligne à vitesse supérieure à 60 km/h, le guidage des essieux moteurs en courbe exige un essieu porteur à déplacement radial et latéral. Les constructions suivantes se rencontrent sur nos locomotives à vapeur (voir annexe):

a) Essieu Bissel

L'essieu porteur est fixé par les boîtes d'essieux à un timon relié à un pivot fixé au châssis principal. L'essieu Bissel pivote autour de ce point et se déplace à peu près radialement dans les courbes. Les ressorts supportant une partie du poids de la locomotive appuient sur les plaques de friction du bissel. Des ressorts ou des glissières inclinées en forme de coin exercent un effort de rappel (centrage).

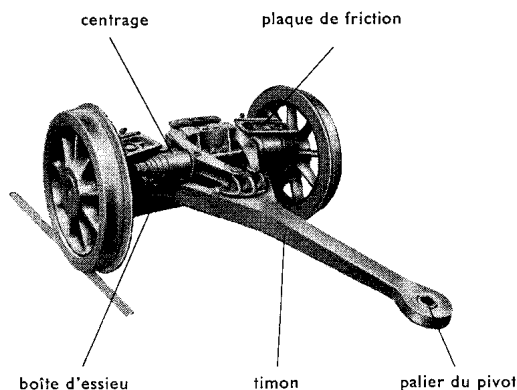


Fig. 77

Essieu Bissel de loc C 5/6 2970-2978

b) Essieu Adams

La plaque de friction des deux boîtes d'essieux et les plaques de guidage fixées au châssis principal sont en arc de cercle, de sorte que l'essieu peut prendre une position radiale. Le rappel et la suspension sont du même genre que ceux de l'essieu Bissel. L'exécution représentée par la fig. 78 se distingue de celle de la fig. 77 par le centrage, qui est assuré par les glissières inclinées en forme de coin.

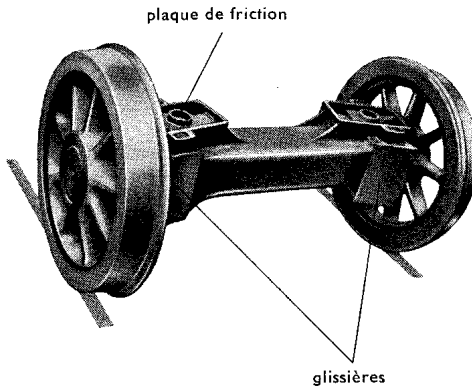


Fig. 78

Essieu Adams de loc Eb 3/5

c) Bogie Bissel combiné: Helmholtz-Winterthur

Le timon est prolongé au delà du pivot et est relié par une articulation sphérique au bâti des boîtes d'essieux, à jeu latéral, du premier essieu moteur. Le châssis auxiliaire du bogie Krauss-Helmholtz peut être considéré comme étant un levier horizontal qui, dans les courbes, non seulement agit sur l'essieu porteur, mais oriente également le premier essieu moteur. En vue d'obtenir une entrée en courbe exempte de

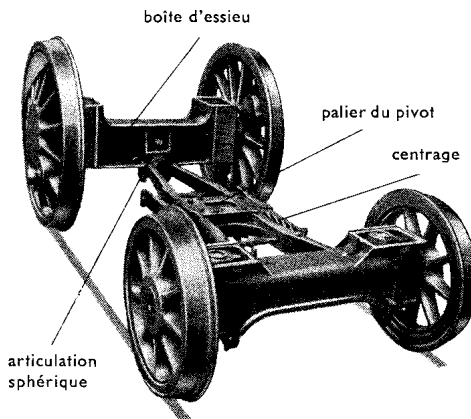


Fig. 79

Bogie Bissel combiné Helmholtz-Winterthur de loc C 5/6 2951-2969

chocs, le pivot est muni d'un palier à jeu latéral et de gros ressorts assurant un puissant effort de rappel.

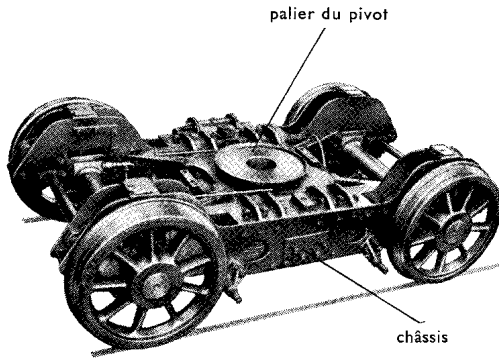


Fig. 80
Bogie porteur de loc A 3/5

d) Bogie porteur

Les deux essieux porteurs sont montés dans un châssis indépendant qui peut tourner autour du pivot fixé au châssis principal pour la circulation

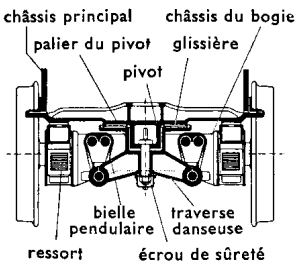


Fig. 81
Coupe du bogie porteur de loc A 3/5

en courbe. Contrairement aux constructions précédentes, le bogie n'est pas chargé par l'intermédiaire de ressorts de suspension, mais directement par le pivot. L'appui est par conséquent très robuste et comporte de grandes surfaces de glissement. Le bogie peut aussi se déplacer latéralement. A cet effet, le châssis est suspendu à des bielles pendulaires. Les bielles pendulaires sont articulées sur la traverse danseuse supportant le palier du pivot. Le bogie est ainsi

rappelé automatiquement dans sa position médiane. La suspension comprend deux ressorts longitudinaux. Le châssis du bogie repose en leur milieu, alors que leurs extrémités sont reliées aux boîtes d'essieux par un levier compensateur.

¹ La projection de sable augmente le coefficient de frottement entre les rails et les roues motrices et prévient le patinage (surtout au démarrage).

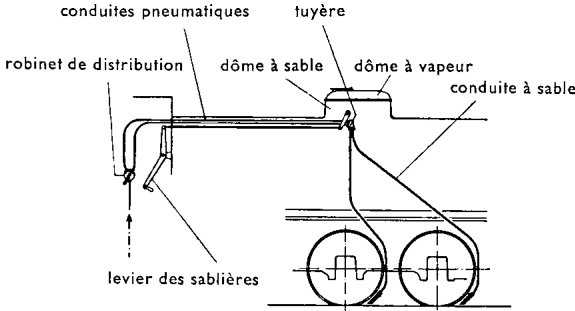


Fig. 82
Disposition des sablières de loc C 5/6

² La réserve de sable des locomotives à vapeur se trouve au-dessus de la chaudière dans le dôme à sable. Sur les locomotives C5/6 et E4/4 n^{os} 8901–8917, les dômes à sable et à vapeur sont réunis sous une même enveloppe.

³ Une commande mécanique et une commande pneumatique permettent au mécanicien d'envoyer le sable du dôme, au travers des conduites à sable et des éjecteurs en forme de tuyère, sur le rail, devant les roues motrices. La description des sablières sous chiffres 4 et 5 se rapporte à celles des locomotives C5/6.

⁴ La commande mécanique des sablières se compose d'un levier qui se trouve à côté du régulateur et permet d'ouvrir les deux tiroirs du dôme à sable fixés au même arbre. L'arbre des tiroirs est muni de pointes qui brassent le sable.

⁵ La commande pneumatique des sablières est indépendante de la

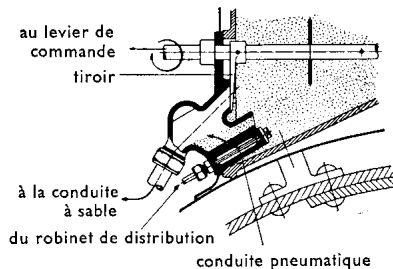


Fig. 83
Coupe du dôme à sable de loc C 5/6

41 commande mécanique. L'air comprimé du réservoir principal passe par le robinet de distribution et s'échappe à choix par les éjecteurs du premier ou du second essieu moteur. Le jet d'air sortant amené par un petit tuyau dévie sur la vis de fermeture semi-sphérique, pénètre dans le coffre à sable et envoie celui-ci dans les conduites. Le robinet de distribution a deux positions: « $\frac{1}{2}$ ouvert» et «ouvert».

⁶ Les sablières des locomotives des diverses séries sont en principe semblables. Les locomotives-tender ont une installation permettant de sabler dans les deux sens de marche.

42 Freins

¹ Le tableau suivant donne l'équipement de freins des différents types de locomotives à vapeur.

Genre de locomotives	Frein automatique voyageur (Westinghouse)	Frein direct	Frein de manœuvre	Changement de régime M-V	Frein à main
	agissant sur				
Locomotives à tender séparé	les essieux moteurs et le bogie	les essieux du tender	—	sur les C 5/6 seulement	les essieux du tender
Locomotives-tender	les essieux moteurs les E 3/3 sont équipées pour freiner les véhicules remorqués	Eb, Ec essieux moteurs, les E 3/3 8523, E 4/4 8553, sont équipées pour freiner les véhicules remorqués	E 4/4 et quelques E 3/3	—	les essieux moteurs

² La description suivante concerne la timonerie du frein des locomotives C5/6 (fig. 84). Il est facile d'en étendre le principe aux autres types de locomotives.

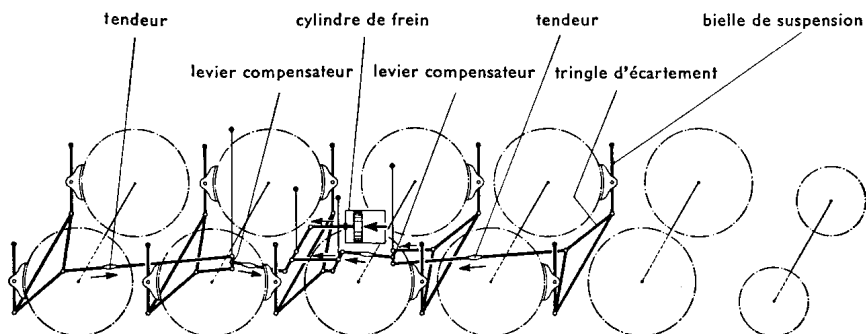


Fig. 84

Timonerie de frein de loc C 5/6

³ Le piston du cylindre de frein attaque la partie supérieure du balancier principal du frein. Ce balancier relie les parties antérieure et postérieure de la timonerie. Pour se rendre compte du fonctionnement de la timonerie antérieure, il faut admettre que la timonerie postérieure est immobilisée. Comme l'articulation inférieure du balancier principal du frein est ainsi immobile, l'effort de freinage exercé par le cylindre de frein est transmis en avant dans le rapport des bras de leviers. Le même raisonnement est applicable pour la timonerie postérieure, ainsi que pour le levier compensateur. Les mouvements de la timonerie sont indiqués par des flèches sur la figure 84. Le balancier principal et le levier compensateur sont soutenus par une bielle de suspension. Cette disposition permet un libre jeu et un équilibre des efforts agissant sur les tringles d'écartement.

⁴ Les tringles d'écartement des sabots jouent le rôle de balanciers compensateurs et empêchent les sabots de glisser latéralement sur les bandages. Les bielles de suspension des essieux à jeu latéral sont articulées.

⁵ Afin d'éviter que l'usure des sabots ne provoque de trop grands jeux dans la timonerie, il faut un appareil de réglage. Il se compose de tourillons amovibles pour le réglage grossier et d'écrous de rappel pour le réglage fin.

⁶ Les balanciers compensateurs et les bielles de suspension sont pourvus de graisseurs à mèches ou d'orifices de graissage.

⁷ Les règlements 450.1 et 450.2 contiennent les renseignements complémentaires sur le frein à air.

TENDER

43 Généralités

¹ Les réservoirs d'eau et de combustible des locomotives-tender se trouvent sur le châssis de la locomotive. Vu qu'ils sont semblables à ceux des tenders séparés, leur description détaillée est superflue.

² Le tender séparé se compose d'une soute à eau, d'une soute à charbon, d'un châssis et du train de roues. La soute à eau forme la plus grande partie du tender, parce que la consommation d'eau en poids et en volume est plus forte que celle du combustible.

³ Les différents types de tenders se différencient surtout par leurs organes de roulement. Une partie des locomotives A3/5 et C4/5 ont un tender à deux bogies de deux essieux, alors que tous les autres tenders ont trois essieux fixes. Les tenders de construction plus récente (par exemple C5/6) ont des orifices de remplissage d'eau latéraux et allongés en lieu et place des orifices arrière des tenders plus anciens.

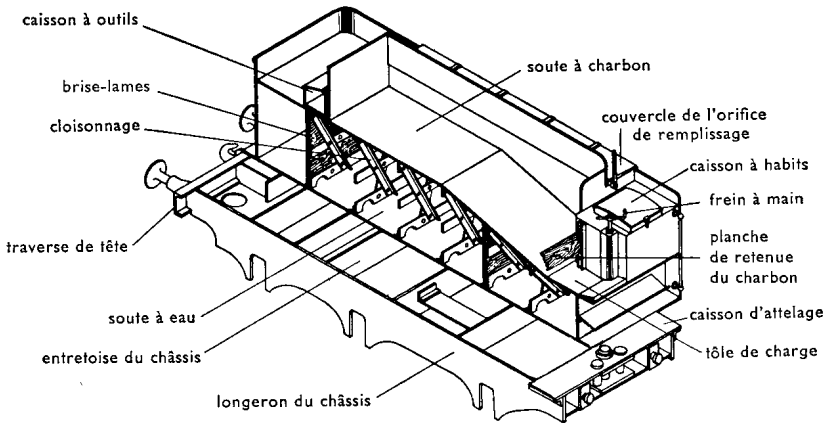


Fig. 85

Coupe du tender de loc C 5/6

Soute à eau (fig. 85)

¹ La soute à eau, fixée au châssis, est en tôle de 6 mm rivée et vissée, renforcée par des fers profilés. La paroi supérieure, en partie inclinée, constitue le fond de la soute à charbon.

² Des plateaux en bois fixés aux entretoises intérieures empêchent les à-coups d'eau sans nuire à sa libre circulation lors du remplissage ou de la vidange.

³ Les deux injecteurs de la locomotive aspirent l'eau du tender par leur propre conduite munie d'une soupape de retenue et d'un accouplement souple.

⁴ Les soupapes de retenue sont fixées au fond inférieur de la soute à eau, à gauche et à droite. Le corps de la soupape fait office de siphon, afin d'éviter la formation de tourbillons et une aspiration d'air lorsque le niveau de l'eau est bas. Un filtre en cuivre retient les impuretés. Une vis de vidange placée au point le plus bas permet de vider complètement la soute. Les deux soupapes sont commandées par des volants placés à l'avant du tender.

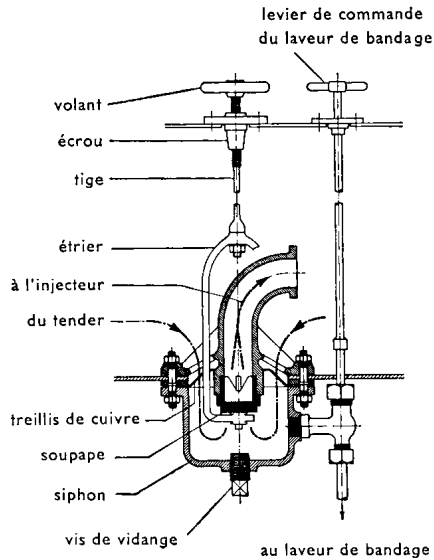


Fig. 86
Soupape de retenue d'eau de loc C 5/6

⁵ L'accouplement des conduites d'eau se compose d'un tube en cuivre ou en fer fixé au tender et à la locomotive par des joints à rotule. Etant ainsi mobiles dans leur support, les tubes d'accouplement sont indépendants des mouvements du tender et de la locomotive. Une bague de serrage commandée par une douille en entonnoir comprime les joints et assure l'étanchéité. Les entonnoirs facilitent le montage des tubes.

44

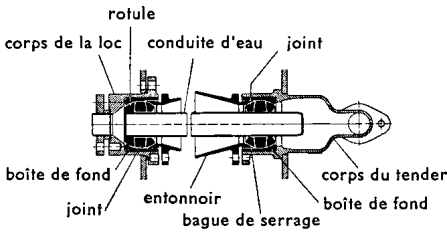


Fig. 87

Accouplement des conduites d'eau de loc C 5/6

⁶ Un indicateur de niveau d'eau ou un robinet de contrôle (E3/3, une partie des Eb3/5) oriente sur la quantité d'eau en réserve. L'indicateur se compose d'un flotteur relié à un contrepoids. Sa position est transmise à l'aiguille de l'indicateur de chaque côté du tender.

45 Soute à charbon (fig. 85)

¹ Le plancher de la soute à charbon est incliné à l'avant pour permettre au charbon de glisser. Des planches retiennent le combustible vers l'avant et forment une ouverture de charge.

² Le ciel de la soute à eau est renforcé par une tôle vers l'ouverture de charge.

³ Sur les tenders de construction récente, les longs outils à feu sont rangés dans un tube. Les outils plus courts sont posés sur des supports latéraux, à gauche. Les anciens tenders, sur lesquels les longs outils sont aussi rangés sur des supports latéraux, sont pourvus d'un arc de protection en fer. Cet arc doit empêcher que le personnel ne touche la ligne de contact avec un outil.

46 Châssis (fig. 85)

¹ Le châssis du tender est composé de deux longerons renforcés par des entretoises. L'entretoise avant forme le caisson des organes d'accouplement; l'arrière est fermé par la traverse de tête. Les longerons des tenders à trois essieux sont découpés pour recevoir les boîtes d'essieux et renforcés par les guides de ces boîtes.

² L'accouplement entre tender et locomotive doit être facilement démontable, rigide et pourtant mobile. Un accouplement central à vis transmet l'effort de traction. Cet accouplement est relié à ses deux extrémités par une cheville aux caissons d'attelage de la locomotive et du tender. Un tender à cliquet permet de visser l'accouplement.

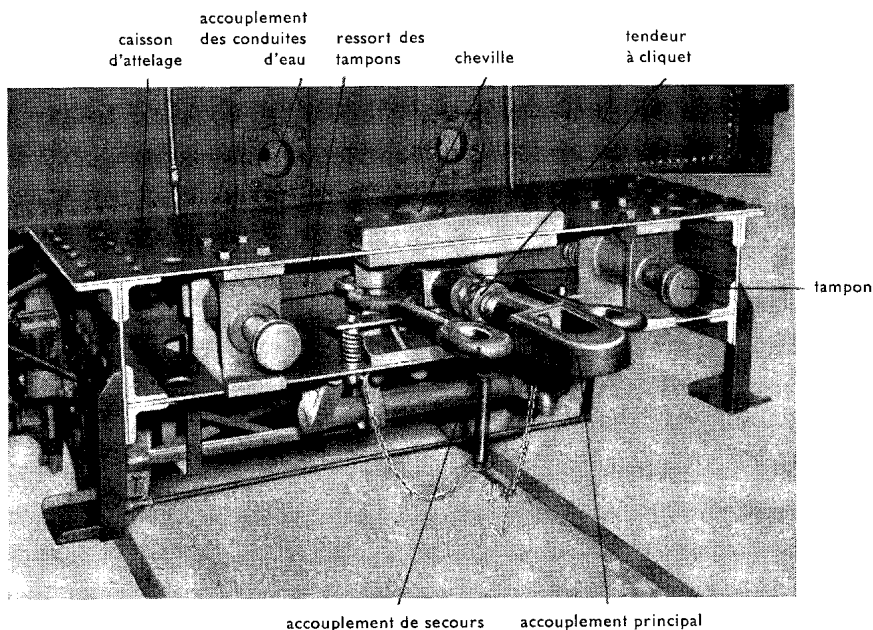


Fig. 88

Accouplement de tender de loc C 5/6

³ Les deux barres d'accouplement de sûreté (sur les B3/4 une seule) sont reliées aux cages comme l'accouplement à vis, par des tourillons. Le jeu de l'accouplement est calculé de manière que celui-ci ne soit pas soumis à l'effort de traction et que le tender puisse se déplacer librement par rapport à la locomotive. Les chevilles d'accouplement sont assurées par des goupilles.

⁴ Sur les locomotives A3/5, C4/5 et C5/6 les à-coups entre tender et locomotive sont amortis par des ressorts. Dans le caisson d'attelage du

46 tender, un ressort transversal à lames est fixé en ses deux extrémités sur de petits tampons qui, lorsque l'attelage est tendu, appuient sur des plaques de friction du châssis de la locomotive. L'accouplement du tender reste ainsi toujours tendu. Les B3/4 ont deux tampons latéraux inclinés et fixes.

⁵ Avant d'accoupler, graisser à la main les guides des tampons, les plaques de friction et les chevilles d'accouplement.

47 Organes de roulement

¹ Les boîtes d'essieux des tenders sont à l'extérieur du châssis. Elles sont en une pièce.

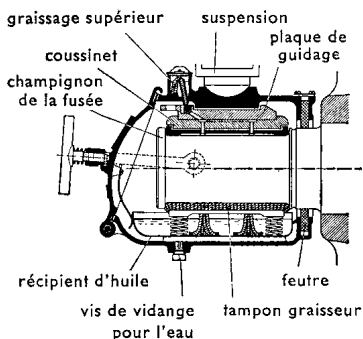


Fig. 89

Palier d'essieu de tender de loc C 5/6

² Les coussinets revêtus d'antifriction appuient sur la partie supérieure de la boîte au moyen d'une plaque de guidage. Cette construction permet à l'essieu de prendre une légère flèche en raison des grandes variations de charge du tender.

³ Les paliers sont pourvus d'un tampon graisseur ainsi que d'un graisseur à mèche dans la partie supérieure. Ce graissage supérieur est normalement hors de service et plombé.

⁴ La boîte d'essieu est fermée frontalement par un couvercle à rabattement. Côté intérieur, un joint en feutre assure son étanchéité. Une vis de vidange permet de vider l'eau. S'il n'y en a pas, il faut ouvrir le couvercle à rabattement et extraire l'eau au moyen d'une seringue.

⁵ La suspension et la répartition des charges sont conformes aux exécutions qui se rencontrent sur les locomotives.

GRAISSAGE

Pompe et presse de graissage

48

¹ Les pistons et tiroirs travaillant avec de la vapeur sous pression et à haute température, ils nécessitent un graissage soigné et sûr. Ce travail est exécuté par les pompes et presses de graissage qui envoient de l'huile cylindrine sous haute pression aux points de graissage.

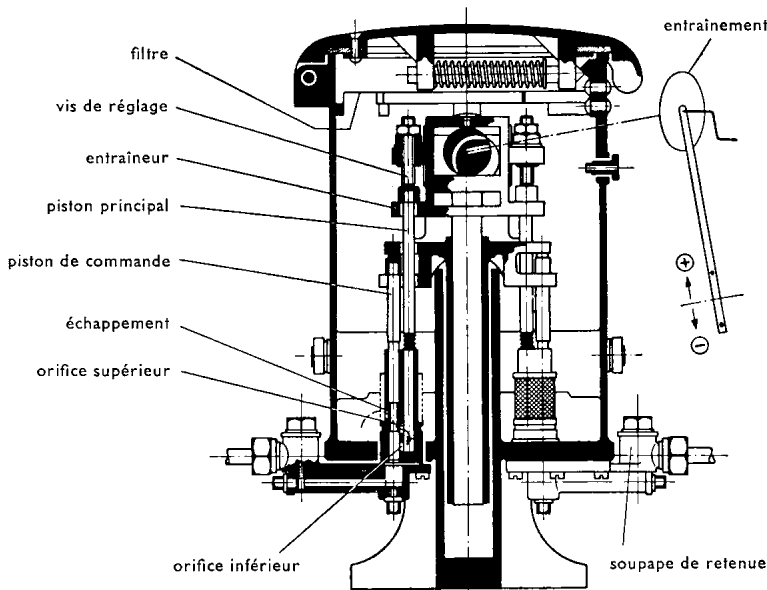


Fig. 90
Pompe de graissage

² La pompe de graissage est entraînée par le mécanisme moteur. Le levier de commande oscillant entraîne lentement l'arbre excentrique au moyen d'un cliquet. Le piston principal et le piston de commande sont

48 entraînés dans un mouvement alternatif par deux cames fixées à l'arbre excentrique et décalées de 90° . Le piston principal est ramené par un ressort dans sa position supérieure. En montant, il pompe l'huile du réservoir par l'orifice supérieur qu'il découvre sitôt que le piston de commande a ouvert le passage.

En descendant, le piston ferme l'orifice supérieur et, à ce moment-là, le piston de commande ouvre l'orifice inférieur, ce qui permet à l'huile d'accéder par les conduites aux points de graissage. Chaque appareil comprend 2 à 8 pompes élémentaires indépendantes.

³ Les pompes débitent davantage d'huile si l'on raccourcit le levier de commande; en allongeant ce levier, on diminue le débit. Un certain nombre de trous dans le levier permettent de régler l'entraîneur.

Le débit de chaque pompe est réglé par modification de la position du piston principal par rapport à l'excentrique au moyen de la vis de réglage. Si celle-ci est dans sa position la plus basse, le piston se meut dans la partie inférieure du cylindre. Comme le piston ferme l'orifice supérieur déjà au début de sa course, le débit est grand. Si la vis de réglage est vissée contre le haut, le piston travaille plus haut et ferme l'orifice supérieur plus tard: le débit diminue.

⁴ Le remplissage s'effectue par le haut, au travers du filtre supérieur, jusqu'au niveau indiqué par l'échelle graduée. Un chauffage à vapeur assure le bon fonctionnement de la pompe même par grands froids. Il est relié aux armatures par un robinet d'arrêt. Une manivelle sert à contrôler le fonctionnement de la pompe à l'arrêt (voir 48⁶).

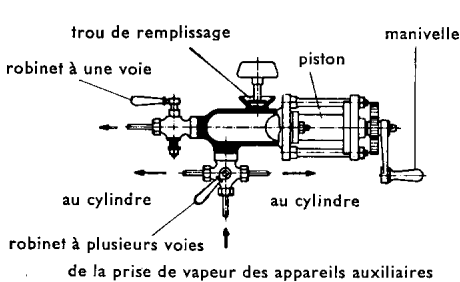


Fig. 91
Presse de graissage

⁵ La presse à huile graisse les cylindres lors d'une avarie à la pompe et, en service normal, le régulateur à tiroirs plans. Elle se trouve dans l'abri du mécanicien et se compose d'un piston mû dans son cylindre par une manivelle. Pour remplir le cylindre à huile, mettre le piston à fond de

course, en arrière. Pour graisser, fermer le trou de remplissage et mouvoir le piston en avant. Le robinet à une voie, en avant de la presse, permet de graisser le régulateur et celui à plusieurs voies sous la presse, les cylindres et tiroirs. Ce dernier robinet permet encore d'admettre de la vapeur dans la conduite d'huile par la soupape «presse à huile» des prises de garniture; l'huile est ainsi pulvérisée dans les cylindres et tiroirs. Il faut remplir d'huile la conduite, puis admettre la vapeur en tournant le robinet. L'accès de la vapeur au cylindre de la presse est empêché par une soupape de retenue.

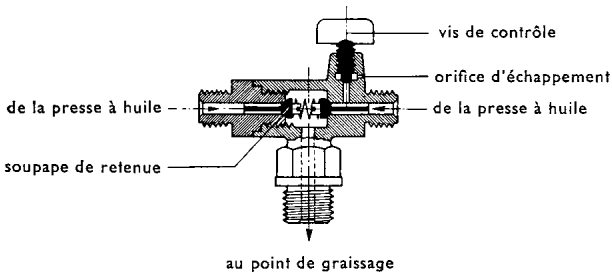


Fig. 92
Raccord de retenue

⁶ Des raccords de retenue montés à chaque point de graissage des cylindres et boîtes à tiroirs empêchent l'eau de condensation de pénétrer dans la conduite de graissage et l'huile de s'introduire dans les conduites de la pulvérisation. Une vis permet de contrôler le graissage.

⁷ La figure 93 montre l'action combinée des pompes et de la presse à huile sur une C5/6. La pompe à huile ne graisse pas seulement les cylindres et tiroirs, mais encore les paliers avant des tiges de tiroir haute pression. La presse à huile ne graisse que la haute pression. Cependant, avec la double expansion, l'huile mélangée à la vapeur atteint aussi la machine basse pression et en permet ainsi le graissage.

Lors de longues marches à vide, il est nécessaire d'envoyer de l'huile dans les cylindres avec la pression de la vapeur. On assure ainsi une répartition normale de l'huile de graissage, comme c'est le cas lorsque la machine travaille.

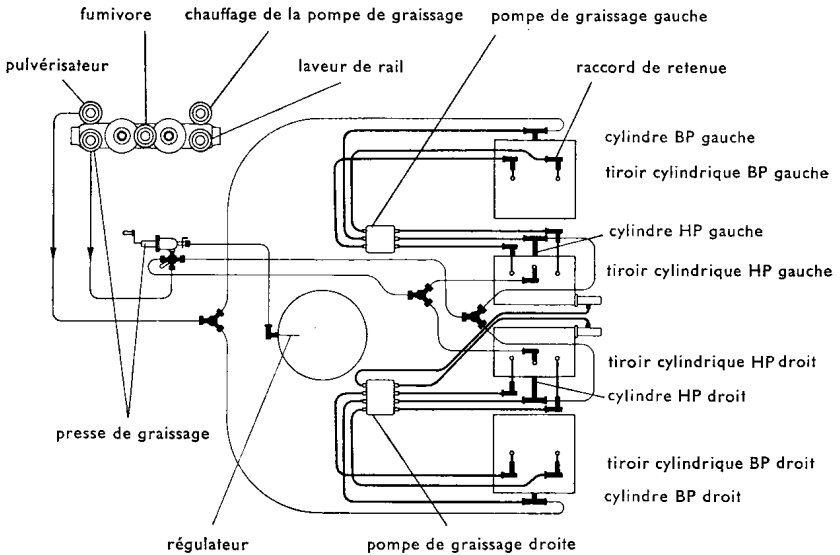


Fig. 93
Schéma de graissage de loc C 5/6

Pour graisser les cylindres basse pression en marche à vide, ouvrir la soupape «pulvérisateur» aux prises de vapeur. La vapeur se mélange ainsi à l'huile de la pompe dans les raccords de retenue. Pour graisser les cylindres haute pression, ouvrir la soupape «presse à huile» aux prises de vapeur et mettre le robinet à plusieurs voies de la presse dans la position permettant d'admettre de la vapeur dans les cylindres.

⁸ Les autres séries de locomotives sont dotées d'un graissage semblable. L'huile graissant les tiroirs plans arrive par un orifice du registre sur les machines à vapeur surchauffée et est pulvérisée dans la boîte à tiroir sur les machines à vapeur saturée.

49 Graisseur à condensation (fig. 25, 64)

¹ Les appareils en contact avec la vapeur sous pression, mais demandant un graissage moins parfait, sont dotés de graisseurs à condensation. Il s'agit du cylindre à vapeur de la pompe à air et de la soupape d'intercommunication à commande à vapeur.

² Le graissage s'effectue dès que l'appareil à graisser est sous pression. 49
 La vapeur accède par une tuyère au réservoir d'huile dans lequel elle se condense, ce qui fait monter le niveau de l'huile. Celle-ci coule alors le long de la tuyère et arrive aux points à graisser

³ Avant de remplir le réservoir avec de l'huile, il faut vider l'eau de condensation par la vis prévue à cet effet. Lors du remplissage, le niveau de l'huile doit se trouver environ 2 mm au-dessous de l'ouverture de la tuyère.

Graisseur à mèches

50

¹ Les graisseurs à mèches servent à lubrifier les appareils qui ne sont pas en contact avec la vapeur, par exemple les paliers des tiges de pistons et de tiroirs à leur passage dans les boîtes à garniture, les plaques de garde des boîtes à huile, etc.

² L'huile mécanisme, dont le niveau maximum doit se trouver 5 mm au-dessous des ouvertures, est pompée par les mèches et ainsi envoyée au travers de conduites aux points à graisser. Chaque appareil peut avoir jusqu'à 8 raccords.

³ A la fin du service, il faut interrompre le graissage en fermant le robinet d'arrêt.

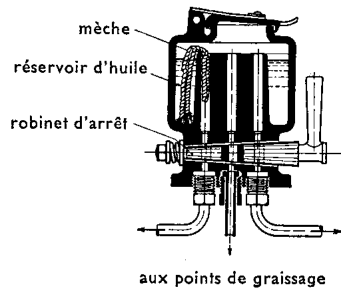


Fig. 94

Graisseur à mèches

Graisseur à épinglette

51

¹ Les graisseurs à épinglette sont utilisés pour graisser des appareils animés d'un mouvement excentrique ou de va-et-vient, par exemple les paliers de bielle d'excentrique et de bielles motrices, les paliers de barre d'entraînement et de coulisse et les paliers de crosse.

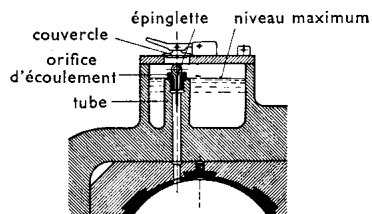


Fig. 95

Graisseur à épinglette de bielle motrice

51 ² Les réservoirs à huile sont fixés aux parties mobiles et fermés par un couvercle bien étanche. L'huile mécanisme, dont le niveau le plus élevé doit se trouver 2 mm au-dessous de l'ouverture de l'orifice d'écoulement, est projetée dans cet orifice par le mouvement du graisseur et atteint ainsi les points de graissage.

³ Le débit, conditionné par les besoins qui varient suivant les endroits, est réglé par une épinglette de diamètre approprié.

52 Trous et feutres de graissage

¹ Ce mode de graissage est utilisé aux endroits peu sollicités et qui n'ont pas besoin de beaucoup d'huile, par exemple aux paliers de l'arbre de commande, du coulisseau, de la suspension, de la timonerie du frein, etc.

² Il est nécessaire de graisser souvent ces endroits, car l'action de l'huile y est de courte durée.

PRESRIPTIONS DE SERVICE

Répartition du travail et mesures de sécurité

53

¹ Dans le service de la locomotive à vapeur, les agents se répartissent le travail de la manière suivante:

a) Incombent au mécanicien seul:

la manipulation du régulateur, du changement de marche et des autres appareils se trouvant de son côté, de même que le contrôle de la locomotive.

b) Le chauffeur, sous la surveillance du mécanicien, s'occupe:

de la conduite du feu, du nettoyage du foyer, de l'alimentation de la chaudière en eau, du frein à main ou du frein direct de manœuvre, du graissage, de la propreté de l'abri du mécanicien, des moyens de signalisation, de l'inventaire, ainsi que des appareils se trouvant de son côté.

² La ligne de contact présente des dangers pour la circulation à vapeur sur les lignes électrifiées. Par ailleurs, la conduite du feu est la source d'autres dangers. Les mesures de sécurité suivantes doivent être scrupuleusement observées, le mécanicien étant coresponsable de l'activité du chauffeur:

a) Il est interdit de monter sur la chaudière ou sur le tender sous une ligne de contact si celle-ci n'est pas déclenchée et mise à la terre.

b) Le tube destiné à loger les outils à feu et l'arc de protection du tender ne sont pas des protections absolument efficaces contre tout risque de toucher la ligne électrique. Il faut donc faire spécialement attention lors de manipulations de longs outils.

c) Il est interdit, pendant la marche, de manœuvrer des outils à feu ou autres longs objets de façon qu'ils dépassent le gabarit des locomotives. Il faut préparer, pendant l'arrêt, les outils à utiliser.

- 53 d) En arrosant le charbon, n'atteindre en aucun cas la ligne de contact avec le jet d'eau: il y a danger de mort.
- e) Lors de l'utilisation du tuyau d'arrosage de charbon, il faut d'abord faire fonctionner l'injecteur, puis, seulement avec le tuyau en main dirigé correctement, ouvrir le robinet d'arrêt. Avant de refermer l'injecteur, il faut fermer le robinet d'arrêt. Il est de toute importance de maintenir le tuyau d'arrosage et sa fixation en bon état.
- f) Lors de l'arrosage du charbon et lors de l'alimentation de la chaudière, il faut prendre garde que l'eau sortant du tuyau d'arrosage et de celui du trop-plein n'atteigne personne. Il est interdit d'arroser le cendrier sur des installations de sécurité, ainsi que d'ouvrir les épurateurs de boue dans les gares et dans le voisinage des routes et des bâtiments. Il faut éviter la projection d'eau et de suie par la cheminée.
- g) Il faut disposer le combustible et les outils à feu de manière qu'ils ne tombent pas en cours de route.
- h) Les outils à feu doivent être saisis de telle manière que leur poignée protège la main contre des chocs avec la paroi de l'abri ou le tender.
- i) Sous la ligne de contact, il faut arrêter les locomotives à vapeur de sorte que ni la cheminée, ni les soupapes de sûreté ne se trouvent sous des jougs ou isolateurs.
- k) Il faut éviter les dégagements de fumée épaisse dans les gares, dans le voisinage des maisons d'habitation et dans les tunnels. Les soupapes de sûreté ne doivent normalement pas entrer en action.
- l) Il faut conduire le feu avec précaution dans les endroits où il y a danger d'incendie par projection d'étincelles; le pare-étincelles doit être en bon état. Fermer les clapets du cendrier en passant sur des ponts à poutres en bois et sans balast pour éviter des incendies.
- m) En entrant dans les tunnels, la porte du foyer doit être fermée afin d'éviter des retours de flammes.
- n) Le chauffeur doit coordonner son travail de manière à pouvoir observer les signaux et les entrées et sorties des gares.

On trouve normalement les outils à feu suivants sur les locomotives :

- a) **Pelle à charbon** pour alimenter le foyer ;

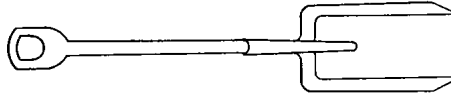


Fig. 96

- b) **Marteau à charbon** pour casser les gros morceaux et les briquettes ;

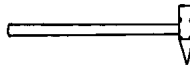


Fig. 97

- c) **Pioche à charbon** pour préparer le charbon sur le tender et l'amener vers l'avant ; la partie en forme de marteau sert aussi à casser les gros morceaux de charbon ;

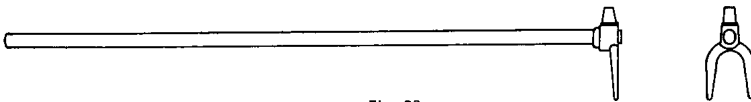


Fig. 98

- d) **Ringard** pour détacher les scories et étendre le combustible ;

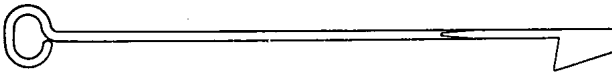


Fig. 99

- e) **Pique-feu** pour tirer les scories en arrière, nettoyer la grille et répartir le feu de réserve ;

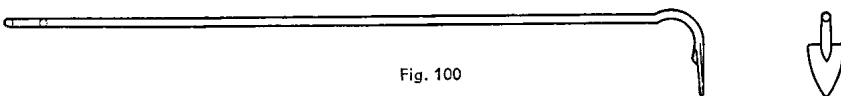
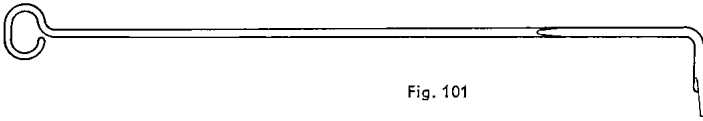


Fig. 100

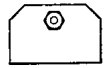
- 54 f) **Petit pique-feu** (seulement sur les locomotives à grille basculante) pour concasser les scories et vider le foyer;



- g) **Pelle à scories** (seulement sur les locomotives sans grille basculante) pour sortir les scories du foyer;



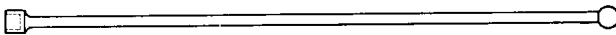
- h) **Racloir** pour ôter les petites parties de scories et les cendres;



- i) **Râble à tubes** pour gratter la plaque tubulaire et dégager l'entrée des tubes bouchés par des scories (pointe);



- k) **Chasse-tampons** pour introduire un tampon dans les tubes qui perdent; l'extrémité sphérique est utilisée pour mandriner des viroles de tubes inétanches.



¹ Le processus de la combustion dans le foyer n'est pas le même sur toute l'étendue de la grille. Le feu est activé là où le tirage est fort. Vu que normalement le clapet arrière est ouvert, le courant d'air est plus grand dans la partie postérieure de la grille et le long des parois latérales qu'à l'avant, vers la plaque tubulaire. Pour obtenir une bonne et rapide vaporisation, il faut donc répartir le combustible en conséquence; il s'ensuit que le feu doit être monté dans le sens longitudinal de la grille en forme de coin et dans le sens latéral en forme de cuvette.

² Il faut répartir le charbon en minces couches, afin qu'il s'enflamme rapidement. Il faut commencer par charger le foyer à l'avant, sinon la visibilité est gênée par les flammes et la fumée. Si, malgré tout, des tas se forment (places noires), il faut les égaliser avec le ringard. Les trous, reconnaissables à leurs bords incandescents, doivent être comblés soigneusement. Toute autre manière de conduire un feu entraîne une forte formation de scories et ainsi une mauvaise utilisation du combustible.

³ La hauteur du feu doit être adaptée à la puissance à fournir par la locomotive et au genre de combustible.

- a) Les charbons de la Sarre et les charbons polonais (houille flambante) sont riches en gaz; ils brûlent rapidement et permettent d'avoir un feu bas. Ils ne donnent ainsi pas de scories. Pour monter le feu, il faut recouvrir la grille de morceaux gros comme un ou deux poings.
- b) Le charbon de la Ruhr brûle lentement et s'agglomère dans le foyer en grosses plaques. Le tirage est donc entravé et l'allumage, ainsi que la combustion, sont lents. Le feu doit être maintenu haut et le charbon réparti à courts intervalles en couches minces. Ne recharger le feu que lorsqu'il brûle bien (flammes blanches). Si la pression de vapeur n'est pas suffisante, il faut mélanger le charbon de la Ruhr avec des briquettes.
- c) Le charbon des U.S.A. est en général fin et ne contient que peu de gros morceaux. Il faut si possible le mélanger avec du charbon de la Ruhr ou de la houille flambante. Le feu doit être maintenu bas pour laisser passer assez d'air. Vu que ce charbon donne des scories granuleuses, il faut vouer une attention particulière au nettoyage du feu.

- 55 d) Deux genres de coke sont utilisés: le coke de la Ruhr et le coke de gaz. L'un et l'autre ne contiennent que peu de gaz et brûlent relativement lentement. Avant le départ, il faut monter un bon feu de base avec des morceaux de charbon ou des briquettes. Commencer tôt à mettre au feu. Un feu de coke doit être haut.
- e) Les briquettes de houille doivent être cassées avant l'emploi. Si l'effort demandé à la locomotive est grand, utiliser des petits morceaux; s'il est faible, les morceaux doivent être plus gros. Pour le feu de base, utiliser de gros morceaux.

⁴ Il faut arroser le charbon, spécialement le charbon fin, avec le tuyau d'arrosage avant de mettre au feu. Ceci rend la couche de charbon en ignition dans le foyer plus perméable à l'air et réduit la formation de scories. Au surplus, cela diminue les dégagements de poussière et contribue à la propreté de l'abri du mécanicien et à la protection des yeux.

⁵ Il faut éviter avec soin le dégagement de fumée, ce qui est possible en premier lieu par l'utilisation correcte du fumivore (voir 18). S'il n'y en a pas, il est possible d'obtenir un bon résultat en ouvrant la porte du foyer et, à l'arrêt, en actionnant légèrement le souffleur. Il faut cependant ne laisser ouverte la porte du foyer que le temps strictement nécessaire, car l'air froid qui pénètre dans le foyer le refroidit, ce qui réduit la formation de vapeur et peut avarier la plaque tubulaire.

⁶ Le souffleur a une action néfaste sur les tubes et les parois du foyer s'il est actionné lorsque de l'air froid peut pénétrer dans le foyer. Lors du nettoyage du feu et de la préparation du feu de réserve, c'est-à-dire lorsqu'une partie de la grille est découverte ou la porte du foyer ouverte, le souffleur ne doit être mis que légèrement en action. L'utilisation intempestive du souffleur contribue à la formation des scories.

56 Allumage de la locomotive

¹ Faire les opérations et contrôles suivants avant l'allumage d'une locomotive froide:

- a) Ouvrir les robinets des niveaux d'eau. Si l'eau n'est pas visible, ne pas allumer le feu.

b) Contrôler le foyer, principalement l'étanchéité des entretoises, les fusibles et les tubes, la position de la grille et l'état de ses barreaux. Oter les scories.

c) Contrôler

- si le régulateur est fermé,
- si le levier de marche est en position médiane,
- si les purgeurs sont ouverts,
- si le bouchon de lavage est fixé,
- si les prises de vapeur sont fermées,
- si le frein à main est serré,
- si les robinets d'arrêt des chapelles d'introduction sont ouverts,
- si les soupapes du tender sont ouvertes.

² Etendre uniformément le bois d'allumage dans le foyer et allumer. Puis recouvrir d'une première couche de morceaux de charbon ou de briquettes gros comme le poing. Lorsque la première couche de charbon est bien allumée, en étendre d'autres régulièrement.

Ouvrir le clapet arrière et, s'il faut activer l'allumage, le clapet avant. Les deux clapets doivent être momentanément fermés pendant l'allumage et la mise en feu pour éviter que les flammes ne pénètrent dans l'abri du mécanicien par les portes ouvertes.

³ L'emploi de benzine ou d'autres matières volatiles facilement explosives est interdit. Lorsque la locomotive est froide, utiliser tout au plus du déchet trempé dans du pétrole, en prenant les précautions nécessaires.

⁴ Si la locomotive est mise en service sitôt après, procéder comme sous 57. Si ce n'est pas le cas, faire un feu de réserve (voir 59).

⁵ Pour atteindre une pression d'environ 3 atm. en deux heures, mettre un souffleur spécial et indépendant dans la cheminée. Sans cet appareil, il faudra quatre heures pour atteindre cette pression.

Prise de service et préparation de la locomotive

¹ Effectuer les opérations et contrôles suivants à la prise de service:
a-c) Comme 56¹; purger les niveaux d'eau pour dégager le tartre.

- 57 d) Contrôler l'état de tous les organes de la locomotive et du tender, à moins que d'autres instructions soient données.
- e) Graisser selon chiffres 48–52 avec les sortes d'huiles prescrites, à moins que d'autres instructions soient données.

² Tirer le feu de réserve (59) sur toute la grille et le recouvrir de combustible. Lorsque cette couche de base est bien allumée, monter couche par couche un feu concave (55). Ne pas remettre au feu avant que la couche précédente soit incandescente.

Si le feu de réserve est insuffisant, ne l'étendre pour commencer que sur une partie de la grille et l'alimenter avec du nouveau combustible. Lorsqu'il est bien allumé, l'étendre sur toute la grille.

³ Ouvrir le clapet arrière du cendrier pendant le montage du feu. Le clapet avant ne doit être ouvert, en règle générale, que pour monter le feu de réserve. Utiliser le souffleur parcimonieusement.

⁴ Monter le feu de manière qu'il soit incandescent au départ et que sa hauteur corresponde au travail demandé à la locomotive. Le temps nécessaire à la formation d'un feu adéquat dépend de la grandeur et de la qualité du feu de réserve à disposition, de la quantité d'eau dans la chaudière, de la pression de la vapeur et des propriétés du combustible.

Si le feu de réserve est tiré trop tard, le feu de base reste incomplètement allumé et le temps manque pour monter les couches successives. Faire attention que la pression ne monte pas trop rapidement, afin de ne pas devoir interrompre trop tôt le montage du feu de base et fermer les clapets du cendrier. Alimenter continuellement le feu avec de petites quantités de combustible jusqu'au départ.

⁵ Ne pas trop remplir la chaudière, afin de pouvoir compléter l'alimentation pour abaisser la pression si celle-ci atteint trop tôt son maximum.

⁶ Si la pression monte trop rapidement, mettre le clapet arrière du cendrier au premier cran. Il est dangereux de fermer complètement les clapets du cendrier: le manque d'air peut provoquer la détérioration par brûlure des barreaux de grille et la formation de scories dans l'entrefer.

⁷ Il est avantageux d'ouvrir un court instant le souffleur juste avant le départ: le feu en est activé.

⁸ Compléter les réserves en charbon et eau suivant 3².

57

⁹ Compter 30 à 50 minutes pour mettre en service une locomotive ayant un feu de réserve.

Conduite du feu pendant la marche

58

¹ Pour obtenir un feu concave (55), se conformer aux directives suivantes pour la mise au feu pendant la marche :

Chaque alimentation du feu doit se faire normalement au moyen de cinq pelles de charbon. Répandre le contenu des quatre premières pelles le long des parois latérales du foyer à gauche et à droite en donnant à la pelle un léger mouvement de retrait. On alimente ainsi le feu principalement le long des parois et dans les angles postérieurs, et en même temps on comble les trous. Verser le contenu de la cinquième pelle au droit de la porte du foyer et dans les deux angles arrière. Lorsque la locomotive fournit un gros travail, ajouter encore deux pelles de combustible à la cinquième.

² Vu l'inclinaison de la grille et les trépidations de la marche, le charbon roule. Il ne faut donc recouvrir l'avant et le milieu de la grille que s'il y a des trous dans le feu.

³ Ouvrir plus ou moins le clapet arrière du cendrier suivant le travail fourni par la locomotive. Règle générale, il faut tenir le clapet avant du cendrier fermé en marche arrière, afin d'éviter l'accès direct d'air froid contre la plaque tubulaire, ce qui peut faire couler les tubes. Ne jamais fermer les deux clapets du cendrier avec un fort feu dans le foyer.

⁴ Vers la fin du service, mettre peu au feu et du petit combustible seulement. Egaliser à temps le feu avec le pique-feu.

⁵ Afin d'éviter un dégagement de poussière lors de la vidange du cendrier, l'arroser avant l'arrivée à la gare terminus au moyen de la conduite d'arrosage.

⁶ Pour ce qui est du service de la locomotive à vapeur, voir 23⁸.

59 Nettoyage du feu, feu de réserve et fin de service

¹ Le nettoyage du feu comprend la vidange des scories et la constitution d'un nouveau feu ou d'un feu de réserve si la locomotive doit rester longtemps stationnaire.

² Commencer le nettoyage du feu avant l'arrivée à la gare terminus si la locomotive ne travaille plus à pleine puissance et si un dégagement de fumée ne risque pas de causer des inconvénients.

³ Avant de commencer le nettoyage du feu, faire en sorte qu'il y ait assez de combustible en ignition pour monter soit le feu de base, soit le feu de réserve. Si nécessaire, mettre quelques gros morceaux de charbon ou de briquettes dans un angle du foyer.

⁴ Pour nettoyer le feu, commencer par faire passer sur l'autre côté le bon combustible qui se trouve encore sur l'un des côtés du foyer et retirer les scories restantes. Ensuite, pousser le feu sur la partie nettoyée de la grille et ôter le reste des scories. Dans les petits foyers, il est possible de nettoyer de la même manière d'abord la partie antérieure, puis la partie postérieure de la grille.

⁵ Si la locomotive doit continuer son service, il faut, après avoir ôté les scories, répartir le combustible préparé sur la grille et l'utiliser pour monter un nouveau feu. S'il faut faire un feu de réserve, pousser le combustible en ignition contre la plaque tubulaire et le recouvrir de gros morceaux de charbon ou de briquettes. La quantité de combustible est déterminée par la surface de la grille et la durée du stationnement.

⁶ Si les scories ont pu être tirées en arrière pendant la marche, il faut les concasser avec le ringard, afin qu'elles brûlent complètement. Les trous doivent être recouverts avec du combustible frais.

⁷ Ne pas ôter les scories en basculant la grille ou avec une pelle sitôt après le nettoyage du feu, mais seulement lors de la reprise du service de la locomotive. On évite ainsi un refroidissement nuisible du foyer. Vider le feu aux endroits prévus à cet effet.

⁸ Pendant le nettoyage du feu, le régulateur et les clapets du cendrier doivent être fermés. Il ne faut pas faire fonctionner les injecteurs. Avant de commencer ce travail, la hauteur de l'eau dans la chaudière doit atteindre environ le milieu de celle des niveaux d'eau.

⁹ Un feu de réserve mal allumé provoque des tensions dans la plaque tubulaire, ce qui abîme les tubes. Pour allumer rapidement le feu, ouvrir momentanément le clapet avant du cendrier.

¹⁰ Pendant le stationnement, les deux clapets du cendrier doivent être fermés, et la pression de la chaudière ne doit pas dépasser 6 à 8 atm. S'il est nécessaire d'alimenter en eau, étendre auparavant le feu de réserve et ouvrir le clapet arrière du cendrier.

¹¹ N'ouvrir la porte de la boîte à fumée que lorsqu'il y a un petit feu dans le foyer. Les clapets du cendrier et la porte du foyer doivent être fermés. Les injecteurs et la pompe à air ne doivent pas fonctionner.

¹² Avant de quitter la locomotive, effectuer les opérations et contrôles suivants :

- a) Compléter le combustible et l'eau ;
- b) Contrôler si le régulateur est fermé et la marche en position médiane (loc E4/4 n^{os} 8901–8917, voir 27) ;
- c) Ouvrir les purgeurs ;
- d) Serrer le frein à main ;
- e) Fermer les prises de vapeur ;
- f) Fermer les clapets du cendrier ;
- g) Fermer les robinets des graisseurs à mèches ;
- h) Contrôler tous les organes, si rien d'autre n'est prescrit ;
- i) Contrôler le niveau de l'eau dans la chaudière, fermer les robinets des niveaux d'eau ;
- k) Fermer les prises d'introduction d'eau si la locomotive stationne longtemps sans surveillance ou si une soupape de retenue n'est pas étanche.

MESURES A PRENDRE DANS LES CAS DE DÉRANGEMENTS ET D'AVARIES; MOYENS DE LES PRÉVENIR

60 Généralités

¹ Les paragraphes suivants ne concernent que les avaries les plus fréquentes des locomotives à vapeur. Pour les autres cas, se référer aux prescriptions concernant les véhicules moteurs électriques.

² Souvent les avaries ne peuvent être décelées que lorsque la locomotive est en feu et travaille. Il est important qu'elles soient annoncées correctement et à temps par le mécanicien.

61 Avaries à la chaudière

¹ La fusion d'un fusible provient du manque d'eau dans la chaudière. Cette avarie est dangereuse pour le foyer, aussi faut-il immédiatement alimenter la chaudière au moyen des deux injecteurs et vider le feu. Afin d'éviter cette avarie, prendre garde que le niveau de l'eau de la chaudière ne descende par trop bas. Tenir compte du fait que le niveau apparent est de 2 à 5 cm supérieur au niveau réel lorsque les injecteurs fonctionnent. De plus, il faut corriger l'indication du niveau de l'eau suivant le profil de la ligne: pour une C5/6 par exemple, l'erreur est de + 4 cm sur une rampe de 20‰ et de - 4 cm sur une pente de 20‰.

Lorsqu'un fusible a fondu, ne pas remettre la locomotive en service avant qu'un chaudronnier ait soigneusement contrôlé le foyer.

² On remarque qu'une entretoise est fissurée au jet d'eau qui s'échappe de l'orifice de contrôle. En règle générale, une fissure provient de tensions dans les parois du foyer, causées par une mauvaise conduite du feu. On arrête l'échappement d'eau, même si la locomotive est en feu, en introduisant une cheville dans l'orifice de contrôle côté foyer.

Si quatre entretoises voisines sont cassées, les faire changer afin d'éviter de trop fortes sollicitations des parois à cet endroit.

³ Une fuite aux tubes provient de l'inétanchéité du joint entre la bague et la plaque tubulaire. Dans la plupart des cas, cette avarie est causée par une mauvaise conduite du feu. En service, on y remédie en mandrinant les tubes au moyen de l'extrémité sphérique du chasse-tampon. Une réparation définitive est effectuée au dépôt par mandrinage et matage.

⁴ Les ruptures de tubes sont généralement dues à une forte corrosion ou à un défaut de la matière. Les pertes d'eau de la chaudière sont généralement si importantes que le niveau de l'eau descend rapidement au-dessous du minimum admissible. Il faut prendre alors les mêmes mesures qu'en cas de fusion de fusible. Lorsqu'un tube se rompt, ce qui se reconnaît par un fort bruit produit dans le foyer et une rapide chute de la pression de la chaudière, il faut faire très attention en ouvrant la porte du foyer, afin de ne pas être ébouillanté. On peut remédier provisoirement à une rupture de tube bouilleur en utilisant les tampons qui se trouvent sur la locomotive, ainsi que le chasse-tampon. Il y a deux grandeurs de tampons en fer : ceux de petit diamètre servent à boucher les tubes bouilleurs côté foyer et ceux de plus grand diamètre les tubes bouilleurs côté boîte à fumée. Si le tube défectueux se trouve en face de la porte du foyer, ne pas le boucher, car il y a danger si le bouchon se détache. Les tubes à fumée ne peuvent être obturés.

⁵ Des tubes bouilleurs et des tubes à fumée encrassés ou bouchés nuisent à la production de la vapeur et augmentent la consommation de combustible. De ce fait, les tubes doivent être régulièrement soufflés, et leurs ouvertures côté foyer, nettoyées avec le râble à tubes.

⁶ L'entartrage de la chaudière provoque une plus forte consommation de combustible et nuit à la production de vapeur. De forts dépôts sont dangereux (explosion de chaudière), car l'eau ne conduit plus assez de chaleur, ce qui favorise la formation de rouille. Les chaudières doivent ainsi être lavées tous les 10 à 30 jours suivant le service de la locomotive et la dureté de l'eau. Lorsque l'eau est purifiée chimiquement, les divisions de la traction peuvent étendre cette périodicité. On introduit de la soude ou un produit chimique particulièrement agissant dans l'eau d'alimentation

61 pour prévenir la formation de tartre. Ces produits sont ajoutés à l'eau de la chaudière après un lavage et, en service, à celle du tender. La quantité est prescrite pour chaque endroit par la direction du dépôt suivant la dureté de l'eau. Les installations d'évacuation des boues sont desservies en service selon 17.

⁷ Les divers appareils auxiliaires, comme les injecteurs, soupapes des chapelles d'alimentation et niveaux d'eau s'entartrent aussi. Ils doivent être nettoyés dans un bain acide lors du lavage de la chaudière. Dans un injecteur entartré, l'eau s'échappe par le trop-plein lors de l'alimentation. D'épaisses couches de tartre modifient les tuyères et paralysent l'injecteur.

Dans les chapelles d'introduction, le dépôt de tartre rend la soupape de retenue inétanche; l'injecteur s'échauffe, ce qui en rend l'utilisation difficile ou impossible.

⁸ Le tirage provoqué dans la boîte à fumée par l'échappement est important pour avoir une bonne production de vapeur. Les défauts suivants nuisent à la formation d'une dépression dans la boîte à fumée et diminuent la puissance de la locomotive:

porte de la boîte à fumée mal fermée,

pare-étincelles bouché ou déplacé,

fort dépôt de suie ou d'huile dans la tête de la tuyère d'échappement,

raccord inétanche entre un élément de surchauffe et le collecteur.

⁹ Une soupape de sûreté réglée trop bas provoque un échappement prématuré et augmente la consommation de combustible. Les soupapes déréglées doivent être rapidement remises en état par le dépôt.

¹⁰ Des barreaux de grille manquants contrarient la conduite du feu. Ils doivent être remplacés au plus vite.

¹¹ Des clapets du cendrier inétanches ne permettent pas de conserver une pression basse à l'arrêt. Les clapets se voilent lorsque le feu n'est pas nettoyé correctement, par exemple lorsque les scories incandescentes ne sont pas éteintes et enlevées à temps du cendrier, ou lorsque le cendrier stationne au-dessus d'un tas de scories encore brûlantes.

¹ Les boîtes à garniture des tiges de cylindre et de tiroir inétanches ou avariées laissent s'échapper de la vapeur lorsque la locomotive travaille. Ces avaries proviennent en général d'un manque de graissage, de vapeur trop surchauffée, de la mauvaise qualité des joints, d'usures ou d'erreurs de montage (voir 29). Un graissage fréquent opéré aux premiers signes d'avarie peut prévenir la fusion complète des garnitures pendant la marche.

² Les avaries aux pistons et aux tiroirs sont reconnaissables à un sifflement, aux vibrations du mécanisme et à une marche saccadée de la locomotive. Lorsque ces phénomènes se produisent, contrôler en premier lieu le fonctionnement de la pompe à huile. Si nécessaire, utiliser la presse. A la prise de service, il faut actionner la pompe à la main et contrôler le graissage en ouvrant les robinets de contrôle des raccords de retenue d'huile.

³ Les avaries au dispositif de marche à vide provoquent un fonctionnement irrégulier de la machine à vapeur ou, si la locomotive a des soupapes Ricour, un échappement continu de vapeur pendant la marche. De telles avaries non seulement empêchent une répartition normale de la vapeur, mais rendent aussi la conduite du feu difficile.

⁴ Les avaries au mécanisme moteur sont décelables par la marche saccadée de la locomotive lorsqu'elle travaille, et par des chocs et des à-coups; elles proviennent en général:

- de clavettes de crosse de piston desserrées,
- de clavettes de bielles motrices et d'accouplement desserrées,
- de coussinets de bielles motrices et d'accouplement déplacés ou fondus.

Un coussinet de palier de bielle motrice fondu peut provoquer la rupture d'un fond de cylindre; le jeu du palier devenant plus grand, le piston «cogne» contre le fond du cylindre. Protéger dès le début les paliers de bielles motrices qui chauffent ou qui tapent, en graissant le tourillon de bielle avec de l'huile cylindrine et en ôtant, en outre, les cales de réglage avant que le coussinet ne soit complètement fondu. Si nécessaire, diminuer la pression sur les paliers en réduisant la vitesse.

⁵ Lors d'avaries en service au mécanisme moteur ou à un cylindre d'une locomotive à simple expansion, on peut, sans difficultés spéciales, immobiliser la machine à vapeur en question. Il faut découpler la bielle motrice, la bielle d'excentrique, la bielle de commande du tiroir, la barre d'entraînement, la bielle de suspension et la commande des purgeurs (voir fig. 45, 46). Caler le piston à son fond de course arrière à l'aide d'une cale en bois. Mettre le tiroir en position médiane reconnaissable à une fraisure dans sa tige et le bloquer au moyen de la vis d'arrêt fixée au guide de la tige. Fixer le levier d'avance au purgeur arrière et ouvrir les deux robinets des purgeurs. Ces mesures étant prises, conduire la locomotive haut-le-pied par ses propres moyens au prochain dépôt.

Un cylindre d'une locomotive à double expansion ne peut être mis hors service que sous la direction d'un agent de surveillance. En général, il est préférable de remorquer selon 63 les locomotives à double expansion, comme à simple expansion, fortement avariées.

⁶ Les défauts de la distribution se décèlent par un bruit anormal. Arrêter immédiatement le train afin de prévenir une aggravation des dégâts et, si nécessaire, mettre la distribution hors service. Procéder comme il suit :

Distribution Walschaert (fig. 45, 46)

enlever la bielle d'excentrique, la bielle de relevage, la barre d'entraînement et la commande des purgeurs,
caler le tiroir dans sa position médiane (62⁵),
attacher le levier d'avance au robinet arrière du purgeur,
ouvrir les purgeurs ;

Distribution Joy (fig. 50)

enlever le contre-guide, le guide, la barre du pendule, la bielle de commande du tiroir et la commande des purgeurs,
caler le tiroir dans sa position médiane,
ouvrir les purgeurs.

Le piston de la machine à vapeur hors service est entraîné à vide. Il est important de le graisser au moyen du pulvérisateur et de la presse. La

vitesse maximum admissible est de 45 km/h ; elle doit être réduite à 30 km/h si un graissage suffisant du piston ne peut être assuré. 62

Préparatifs de remorquage 63

¹ Lors du transfert d'une locomotive froide, les bielles motrices et d'excentrique doivent être démontées, et les pistons calés à fond de course en arrière. Normalement, point n'est besoin de démonter les bielles d'accouplement; si le démontage est nécessaire, il faut le faire des deux côtés de la locomotive.

² Le mécanisme moteur ne doit pas être démonté si le véhicule est remorqué en service et sous pression. La locomotive doit être accompagnée par un agent instruit, qui place le levier de changement de marche dans la direction voulue et assure le graissage des cylindres (voir 48). Si le véhicule est remorqué sur un long parcours, il faut de temps en temps ouvrir légèrement le régulateur pour protéger les boîtes à garniture.

³ Les prescriptions complémentaires concernant les maximums de vitesse et le frein se trouvent dans le RCT.