

CHAPITRE VIII

CONDUITE DES LOCOMOTIVES

163. **Réflexions sur l'art du mécanicien.** — On peut apprendre l'arithmétique et la géométrie sans sortir de sa chambre ; mais à coup sûr on ne peut apprendre de même à conduire les locomotives, pas plus qu'on ne deviendrait cavalier en se contentant de lire des traités d'équitation. Si une pénible nécessité élevait une infranchissable barrière entre les hommes qui connaissent la *théorie* des machines, et ceux qui ont acquis la *pratique* du métier, ce sont les seconds qui, seuls, pourraient fournir le personnel nécessaire au service des chemins de fer. Mais cette barrière n'existe pas nécessairement, et notre volonté peut l'abattre : l'homme pratique n'en accomplira que mieux sa tâche, s'il comprend ce qu'il fait ; il saura modifier sa façon d'agir quand les circonstances changeront.

Certes, la connaissance des fonctions des machines ne peut remplacer l'adresse manuelle, mais elle lui prête un puissant appui ; grâce à cette connaissance théorique, l'adresse se développera plus rapidement, et surtout on saura toujours en tirer un meilleur usage.

Il y a bien des degrés dans l'art de la conduite des machines, depuis les manœuvres dans les gares jusqu'à la traction des grands express : tous ces degrés se franchissent successivement, par le développement des qualités nécessaires.

Avant tout, le mécanicien doit être bon chauffeur : savoir bien mener le feu est la partie la plus difficile de la conduite des machines, celle qui exige le plus d'habileté, le plus d'attention, le plus de dispositions naturelles. On dit qu'on devient cuisinier, mais qu'on nait rôtisseur : ce proverbe ne s'appliquerait-il pas, avec une légère modification, au service des machines, et ne pourrait-on dire qu'un certain génie inné est nécessaire pour faire un bon chauffeur ?

Une attention continue aux moindres détails, conduisant à l'observation presque machinale d'une série de précautions minutieuses, est indispensable pour devenir bon mécanicien ; sans cette attention, on peut briller d'un certain éclat dans la carrière, mais comme un fantaisiste exposé aux avaries et aux accidents. Une seule manœuvre omise laisse la porte ouverte aux malheurs qui nous guettent sans cesse : l'ouverture spontanée du régulateur cause la mort du chauffeur,

raccordant les rotules de son tender (Monthermé, 1893) : cet accident est-il possible avec le changement de marche au point mort, les purgeurs ouverts, le frein serré ou les roues calées ?

Une surveillance constante de toutes les parties de la machine, même les plus minimes, n'est pas moins nécessaire. Une avarie grave a souvent pour point de départ une goupille perdue, un écrou desserré : or, pourquoi une goupille manque-t-elle ? pourquoi un écrou est-il desserré ? Un raccord qui fuit peut vider un tender ; on peut même oublier de remplir les soutes au départ ; mais pour le bon mécanicien, pénétré de l'importance de ses fonctions et de la gravité de ses moindres fautes, il n'y a ni distraction ni oubli.

L'attention et la vigilance pendant la marche ne doivent jamais être en défaut, cela va sans dire : tout en surveillant la voie, en remarquant les signaux, le mécanicien s'apercevra du moindre bruit anormal dans le fonctionnement du mécanisme, du moindre trouble dans l'échappement, de la moindre odeur d'huile chaude, et il pourra souvent empêcher une avarie naissante de s'aggraver. Nombreux sont les actes de vigilance, souvent fort remarquables, qu'on peut citer à l'actif du personnel des machines.

Outre les qualités professionnelles, les qualités morales ne sont pas moins nécessaires à ce personnel : d'abord, le courage et le sang-froid dans toutes les circonstances ; en douter serait lui faire injure. Blessé dans une collision, le bras cassé, un mécanicien court faire les signaux d'arrêt à un train qui le suit, tandis que le chauffeur, qui n'est guère plus ménagé, s'occupe à couvrir le feu de la machine renversée, pour que le ciel du foyer ne brûle pas. Ce n'est que lorsque toutes ces précautions sont prises que ces hommes pensent enfin à eux-mêmes !

Le mécanicien doit aussi porter une attention continuelle à sa conduite ; il faut qu'il observe une sobriété féroce. Sans qu'il ait le moins du monde un goût exagéré pour l'alcool, la faim et la soif, développées par le travail au grand air, la rencontre d'un camarade, quelque fête de famille, peuvent lui jouer un vilain tour ; la moindre excitation est dangereuse en service ; elle peut lui valoir, si elle est remarquée, les notes les plus mauvaises : or, bien peu suffit parfois pour provoquer cette excitation, surtout si l'on est saisi par le froid en sortant de pièces chaudes : on n'échappe à ce danger que grâce à une ferme volonté et à une constante attention.

164. Moyens de bien connaître les machines. — A la lecture des livres, qui peuvent leur apprendre comment fonctionnent les machines, les chauffeurs et mécaniciens ajouteront l'observation minutieuse de leur fonctionnement : ils en remarqueront toutes les circonstances et chercheront à bien s'en rendre compte. Nous ne voulons pas ici indiquer des règles pour tous les menus détails de la conduite de chaque série de machines : au contraire, l'étude sérieuse d'un sujet exige qu'on considère surtout les règles générales auxquelles se rap-

portent tous les détails particuliers. Par exemple, celui qui aurait appris par cœur comment on doit remédier aux diverses avaries, qui peuvent se produire sur une machine déterminée, saurait peut-être se tirer d'affaire quand elles se produiraient; mais sa liste ne serait jamais complète et il y aurait toujours des cas imprévus, même sur cette machine déterminée. Notre homme serait encore plus embarrassé sur une autre locomotive, qui ne présente pas des dispositions identiques, et où des avaries analogues peuvent exiger des manœuvres différentes.

Au contraire, celui qui connaît le fonctionnement de la locomotive, qui s'est rendu compte du rôle des diverses pièces, verra bien plus facilement celles qui sont affectées par une avarie; il saura ce qu'il doit démonter, ce qu'il peut conserver et comment la machine marchera ensuite.

Aussi ne jugeons-nous pas utile de multiplier outre mesure les indications relatives à la conduite des machines, aux mesures à prendre en cas d'avaries, parce que les manières d'agir peuvent varier à l'infini, tandis qu'elles se déduisent de principes peu nombreux : ce sont surtout ces principes qu'il importe de connaître et que nous avons tâché d'exposer dans les chapitres qui précèdent. Nous nous contenterons d'ajouter quelques indications, surtout à titre d'exemples.

165. Inspection de la machine au départ. — Le mécanicien qui vient prendre son service ne doit jamais oublier de regarder les affiches du dépôt, qui peuvent contenir des indications importantes pour la marche des trains et pour la sécurité. Puis, avant de quitter le dépôt pour s'atteler à un train, il vérifie, par une inspection minutieuse, l'état de l'engin sur lequel il doit pouvoir compter. Il voit si la chaudière est bien remplie, le feu bien allumé, si le cendrier et la boîte à fumée sont complètement nettoyés. Le graissage de toutes les articulations, sans exception, est une opération essentielle : en les graissant toujours dans le même ordre, on n'en oubliera aucune. En même temps on vérifie qu'il n'y a pas d'écrou desserré, qu'aucune goupille ne manque, qu'à tous les mouvements fonctionnent librement.

Les tuyaux de sablière se bouchent facilement ; ces tuyaux, ainsi que tout le mécanisme de distribution du sable, mécanisme assez délicat dans les appareils Gresham, doivent être visités avec soin ; sinon, on risque d'être privé de l'aide du sable, toujours utile et souvent indispensable. Lorsqu'on entend les coups de patinage d'une machine se répéter fréquemment, il est fort probable que la sablière fonctionne mal ou qu'elle est vide.

Le réservoir à air du frein Westinghouse sera de temps en temps débarrassé de l'eau qui s'y accumule.

Le mécanicien examine aussi son tender, qui doit être muni de son outillage, de tous ses agrès, signaux, pétards, outils, et de

ses pièces de rechange ou de secours, mais débarrassé de tout objet inutile. Il doit, bien entendu, contenir une provision suffisante d'eau et de combustible. Les freins et les attelages seront vérifiés, surtout celui de la locomotive et du tender, attelage dont les pièces doivent toujours être propres et convenablement graissées : on peut alors les manœuvrer au besoin ; elles s'usent moins, et le découplément est possible sans trop de peine, en cas de nécessité.

Cette inspection minutieuse est surtout utile quand un mécanicien prend une machine qui vient d'être conduite par d'autres : il ne sait pas dans quel état elle a été laissée par ses prédécesseurs, et, s'il n'est pas attentif, il court le risque d'être rendu responsable d'avaries dont il n'est pas l'auteur.

Sous ce rapport, le système le plus commode, et pour le mécanicien et pour le chef de dépôt, dont la surveillance est plus facile, consiste à confier chaque locomotive à une seule équipe ; mais ce système n'est pas toujours applicable, parce qu'à certains moments l'exploitation des chemins de fer exige une grande augmentation du nombre de trains et qu'alors le service de chaque locomotive est trop long pour les hommes : à moins de posséder un matériel immense, qui resterait souvent en chômage, une compagnie de chemins de fer doit alors recourir au service par *équipes multiples*. En outre, les restrictions étroites, apportées en France à la durée du service des mécaniciens et chauffeurs par des circulaires ministérielles de 1892, rendent souvent difficile une utilisation convenable des machines confiées à une seule équipe.

Une locomotive est parfois desservie par deux équipes, toujours les mêmes, qui alternent ; cette organisation convient notamment pour des machines de gare, mais la nature des autres services, qui laissent forcément les machines au repos à certaines heures, permet rarement de l'appliquer. Le système des *équipes banales*, où toute équipe dessert indifféremment toute machine d'une même série, est celui qui occupe le mieux le personnel et les machines ; mais c'est celui qui exige la plus grande surveillance de l'état des machines et qui diminue le plus la responsabilité des mécaniciens en cas d'avaries.

Bien d'autres combinaisons trouvent leur place : c'est ainsi que trois équipes peuvent être chargées de deux locomotives ; ou bien chaque locomotive peut avoir une équipe titulaire, qui la conduit habituellement, mais, en outre, quelques équipes volantes prennent indifféremment toutes les machines.

On a beaucoup discuté sur les mérites et les inconvénients de la conduite des locomotives par plusieurs équipes ; mais ces discussions théoriques perdent leur importance devant la nécessité d'appliquer ce système. Certes il est plus commode et plus agréable pour un mécanicien d'avoir une machine attitrée, qu'il est seul à conduire ; mais s'il est juste de donner au personnel toutes les facilités désirables pour accomplir sa tâche, on perdrait de vue le but qu'on veut

atteindre, en sacrifiant à ses convenances un mode utile d'exploitation. A tous les degrés de la hiérarchie, le devoir des agents d'un chemin de fer est, avant tout, de chercher à assurer le service le mieux possible : ils ne doivent donc jamais regretter le sacrifice de leurs préférences particulières, quand elles peuvent être une gêne ou un obstacle.

166. Etat du feu au départ. — Quand une machine vient se mettre en tête de son train, la grille doit être en bon état, complètement nettoyée et garnie, sur toute sa surface, de combustible bien allumé ; le cendrier et la boîte à fumée doivent être entièrement vides ; le niveau de l'eau dans la chaudière doit être élevé, et la pression voisine de sa limite supérieure. Tout cela est affaire de soin plus que d'habileté, mais l'homme le plus habile, si sa machine n'est pas bien préparée au départ, se tirera difficilement d'affaire, surtout si son train est lourd et s'il fait grand vent.

Il ne convient pas que les soupapes soufflent violemment pendant l'attente du départ : c'est une perte de chaleur et une gêne dans les gares. Sur une machine bien proportionnée au service qu'on lui demande, quand le feu est convenablement disposé, les premiers coups d'échappement font monter la pression et tendent à faire lever les soupapes. Il en sera de même en montant les rampes ; c'est la marque d'une production abondante et facile, qui permet de demander un grand travail à la machine.

167. Démarrages. — Les démarrages exigent de grandes précautions pour les longs trains de marchandises, dont les attelages, si solides qu'ils soient, se rompent facilement, tant est grande la violence des chocs qu'ils reçoivent. Aux trains de voyageurs, les démarrages doivent être rapides : pour les express, il faut gagner du temps partout où l'on peut, et, pour les trains à nombreux arrêts, la rapidité du démarrage permet seule d'obtenir une vitesse moyenne de marche suffisante.

Il est intéressant de se rendre compte du temps nécessaire pour un démarrage : combien de secondes faut-il pour qu'un train, partant du repos, prenne une vitesse déterminée, et quel parcours fait-il pendant cette période de mise en vitesse ? Une fois que nous connaissons cette durée et ce parcours, comme nous pouvons immédiatement calculer le temps qu'aurait employé un train sans arrêt, marchant régulièrement à la vitesse finale, nous en déduisons, par une soustraction, le temps perdu par le démarrage. Supposons qu'on mette 210 secondes pour acquérir une vitesse de 51 kilomètres à l'heure, et qu'on parcoure pendant ce temps 1 880 mètres. A la vitesse de 51 kilomètres à l'heure, c'est-à-dire de 14^m,15 par seconde, on mettrait 133 secondes pour faire ces 1 880 mètres : on a donc perdu 210 moins 133 ou 77 secondes.

Le temps ainsi perdu varie beaucoup avec le poids des trains, la puissance des locomotives, le profil de la ligne, les circonstances

atmosphériques, la manière de conduire la machine. Pour fixer les idées, nous donnons le tableau d'une série de démarrages effectués par une machine de banlieue de la compagnie de l'Est (série 613 — 692), pesant, garnie, 55 tonnes. Le poids du train, sans la machine, était de 260 tonnes. Les démarrages ont eu lieu en palier et par un beau temps.

VITESSE atteinte en kilomètres à l'heure.	CHEMIN parcouru depuis le départ, en mètres.	DURÉE du parcours en secondes.	TEMPS perdu en secondes.
5	7	10	5
9	24	20	10
13	51	30	16
24	215	60	27
33	460	90	39
39	745	120	50
44	1 095	150	60
48	1 465	180	70
51	1 880	210	77
54	2 325	240	85

On peut dire que le *temps perdu* varie de la moitié au tiers du temps nécessaire pour acquérir la vitesse. Il se rapproche du tiers quand cette vitesse s'accroît.

Nous avons dressé un tableau analogue, d'après des expériences faites par M. Mestre à la compagnie de l'Est, en 1893, pour le démarrage rapide d'un train pesant 205 tonnes, traîné par une forte locomotive à grande vitesse, pesant, avec son tender, 70 tonnes; c'était au total 275 tonnes. Les démarrages ont eu lieu également en palier et par beau temps.

VITESSE atteinte en kilomètres à l'heure.	CHEMIN parcouru depuis le départ, en mètres.	DURÉE du parcours en secondes.	TEMPS perdu en secondes.
40	900	90	30
50	1 200	130	43
60	2 000	180	60
70	3 200	250	83
80	5 300	360	120

Le temps perdu est ici le tiers du temps nécessaire pour prendre la vitesse qu'on veut obtenir : pour les grandes vitesses, cette perte est importante. Les chiffres du tableau permettent de calculer aussi le temps perdu pour la reprise de la vitesse après un ralentissement ; si l'on faisait 80 kilomètres à l'heure et qu'on doive ralentir à 40, on perd 72 secondes pour reprendre la vitesse de 80 kilomètres ; il faut y ajouter la perte de temps pendant la période de ralentissement, et pendant le parcours fait à la vitesse de 40 kilomètres.

Si le démarrage se fait en rampe, il exige encore plus de temps. Tous les mécaniciens d'express savent combien on gêne leur marche quand on leur impose un ralentissement en un point bas d'une ligne : ce ralentissement *coupe* la vitesse, souvent considérable, qu'ils avaient acquise en descendant jusqu'à ce point, vitesse qui leur aurait permis de remonter à bonne allure la rampe qui suit la pente. La perte de temps, qui en résulte, est presque toujours estimée trop bas dans le tracé des horaires qui règlent la marche des trains.

Pour faire des démarrages rapides, il faut commencer par se mettre en marche dès qu'on reçoit le signal du départ : cette remarque peut sembler superflue ; cependant on constate souvent des intervalles successifs, de plusieurs secondes chacun, entre le signal de départ donné par le chef de gare, celui du chef de train, le coup de sifflet du mécanicien et la mise en marche de la machine : il semble que chacun de ces signaux doive réveiller un homme profondément endormi, qui commence par bâiller et s'étirer les bras avant de faire ce qu'on lui demande. Perdre du temps est toujours mauvais ; mais quand il s'agit de trains difficiles, les secondes sont précieuses et il ne faut pas les gaspiller. C'est là encore affaire de soin et d'attention plus que d'habileté.

Pour que la mise en vitesse soit prompte, il faut que la locomotive exerce un grand effort de traction, ce qu'on obtient avec le changement de marche à fond de course et le régulateur ouvert en grand. Plusieurs motifs obligent souvent à modérer cet effort : c'est d'abord le patinage, qu'on combat avec le sable ; c'est l'action sur le feu d'un échappement trop violent, qu'on atténue par le desserrage de la tuyère, par l'ouverture du registre d'entrée d'air dont la porte du foyer est munie ; enfin, c'est la trop forte dépense de vapeur, si l'on continue longtemps les grandes admissions.

On doit tenir compte de ces difficultés, mais sans tomber dans l'inconvénient inverse : il ne faut pas ramener le changement de marche près du point mort dès que la machine a fait un ou deux tours de roues, ce qui donne une mise en mouvement pénible et traînante d'un effet déplorable.

Les démarrages font perdre plus de temps que les périodes d'arrêt. Quand on emploie les freins continus, on peut estimer la durée de l'arrêt, en secondes, en prenant le tiers du chiffre de la vitesse en kilomètres à l'heure et en y ajoutant 5 : ainsi, à la vitesse de 90 kilo

mètres, il faudra 90 divisé par 3 plus 5 (ce qu'on écrit $90 : 3 + 5$) ou 35 secondes pour arrêter ; à la vitesse de 60 kilomètres, 25 secondes. Comme on parcourt du chemin pendant le ralentissement, le temps perdu n'est guère que la moitié de cette durée. Ce sera par exemple 20 secondes et 15 secondes dans les deux cas envisagés.

Même sans freins continus, la durée de l'arrêt est plus rapide que celle de la mise en vitesse, et le temps perdu est moindre.

168. Conduite du feu. — En ce qui touche la conduite du feu, nous ne pouvons que renvoyer au chapitre II. Rappelons seulement quelques indications importantes.

Quel que soit le combustible employé, quelle que soit la manière de le disposer, on doit le charger fréquemment et par petites quantités, de manière que l'état du feu soit presque uniforme.

L'échappement doit être aussi peu serré que possible, car le serrage de l'échappement crée une pression résistante contre les pistons.

L'alimentation doit être autant que possible continue et uniforme. Quand on voit le mécanicien, dans la montée d'une rampe, chercher à retrouver le niveau de l'eau, disparu dans la tubulure inférieure qui porte le tube en verre, il est fort à craindre que la vitesse ne baisse beaucoup vers le sommet de la rampe et qu'il ne faille longtemps pour remettre la chaudière en bon état, sans compter le danger du nouvel abaissement du niveau sur le ciel du foyer, qui résulte du passage de la rampe à la pente.

Vers la fin du trajet, l'économie commande de réduire les chargements, pour n'avoir à l'arrivée que peu de combustible sur la grille ; il ne faut pas exagérer cette précaution : on a vu des machines ne pouvoir rentrer au dépôt faute de pression !

Quand le feu est bien conduit, non seulement la production de vapeur est abondante, non seulement le personnel touche de fortes primes d'économie de combustible, mais encore les foyers durent longtemps et les fuites aux tubes sont rares.

169. Manœuvre du régulateur et du changement de marche. — Une fois la vapeur produite, il s'agit de la dépenser avec économie, pour obtenir à chaque instant, sans gaspillage, l'effort de traction convenable. Deux appareils sont à la disposition du mécanicien, pour régler l'effort que la vapeur exerce sur les pistons : le régulateur et le changement de marche. Comment doit-il les manœuvrer ?

Pour étudier cette question, il faut commencer par bien se rendre compte des effets produits par chacun de ces deux appareils ; seule cette étude permet de comprendre ce que l'on fait. L'examen de la distribution nous a montré qu'en rapprochant l'appareil de changement de marche de son *point mort*, la période d'admission de vapeur diminuait, ou, plus clairement, que la portion du parcours du piston, à partir de son fond de course, pendant laquelle le tiroir ouvre

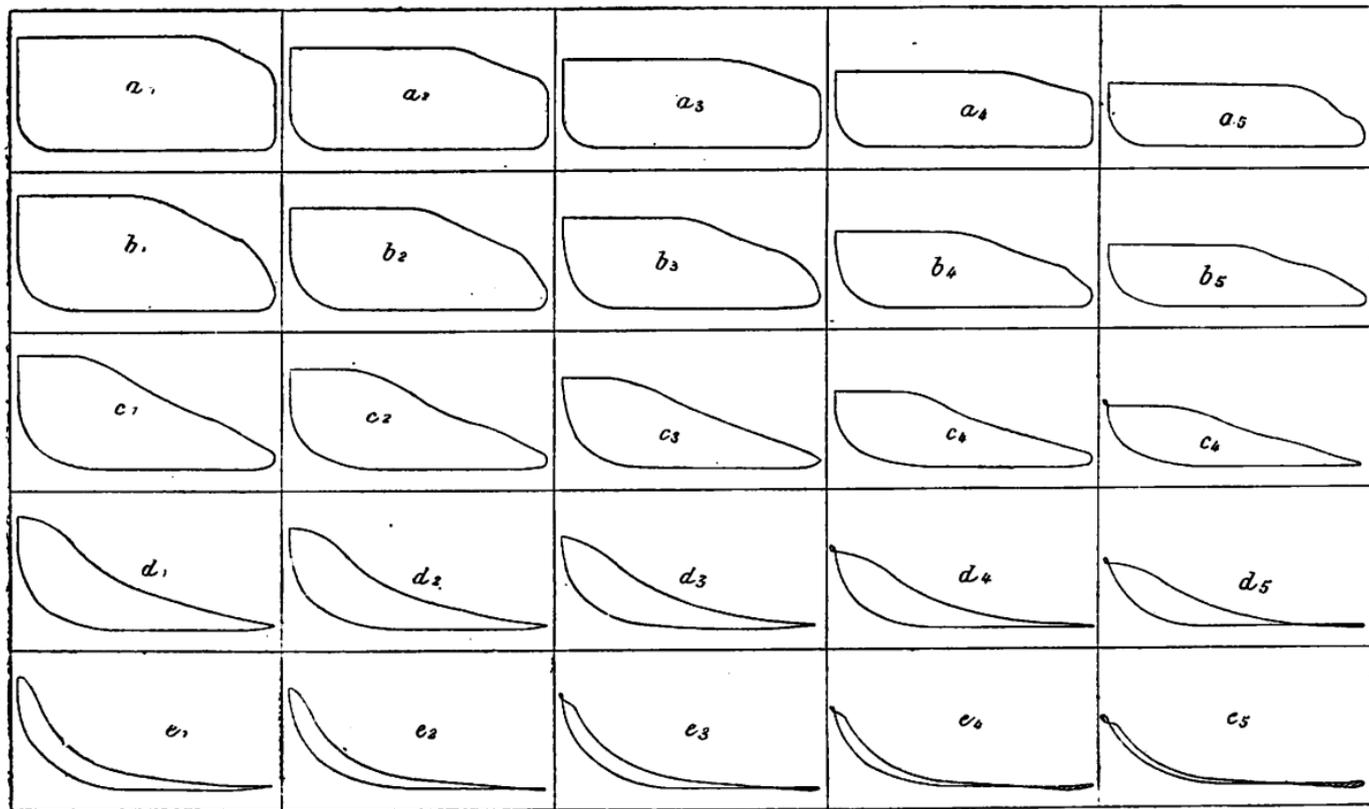


Fig. 281. — Diagrammes du travail de la vapeur correspondant à diverses positions du régulateur et du changement de marche,
Nota : le dernier diagramme à droite, dans la rangée horizontale du milieu, devrait être marqué c_5 au lieu de c_4 .

l'admission de vapeur, était de plus en plus courte. Supposons que le changement de marche à *fond de course* donne une admission d'environ 80 p. 100 (pendant les 80 centièmes du parcours du piston); on réduira cette admission à 70, 60, 50, 40... p. 100 en ramenant le changement de marche jusqu'à son *point mort*, où elle conserve encore une certaine valeur, de 10 p. 100 par exemple. Mais la variation de la période d'admission n'est pas le seul effet de cette manœuvre: les périodes d'*échappement anticipé*, à la fin de la course aller, et de *compression*, vers la fin de la course de retour du piston, augmenteront, à mesure que celle d'admission diminuera.

Lorsque le changement de marche se rapproche ainsi de son point mort, la diminution de l'admission d'une part, l'accroissement de la compression d'autre part, réduisent le travail moteur de la vapeur par coup de piston.

Au lieu de toucher au changement de marche, manœuvrons le régulateur: en n'ouvrant qu'une étroite issue à la vapeur de la chaudière, nous la *laminerons* et la pression sera plus petite dans les boîtes à vapeur que dans la chaudière: plus nous refermerons le régulateur, plus nous ferons ainsi baisser la pression de la vapeur employée dans les cylindres, et plus nous réduirons encore le travail moteur par coup de piston. Mais nous n'agissons pas sur l'*échappement anticipé*, ni sur la *compression* pendant le retour du piston.

Ainsi, pour réduire l'effort moteur sur le piston, le mécanicien peut soit rapprocher le changement de marche du point mort sans toucher au régulateur, soit refermer le régulateur sans toucher au changement de marche, soit combiner les deux manœuvres.

Figurons les variations du travail de la vapeur, qui résultent de ces divers modes d'agir, par le *diagramme* que donnerait l'*indicateur* (§ 84): le travail est mesuré par la *surface* de ce diagramme; comme il y a *deux* cylindres à *double effet*, il y a par tour de roues quatre diagrammes pareils, si la distribution est bien réglée.

Pour ne pas compliquer notre étude, nous supposons d'abord que la machine marche à une certaine vitesse moyenne invariable. La figure 281 montre les diagrammes pour une série de positions des deux organes de manœuvre; ceux qui sont marqués de la même lettre (*a, b, c, d, ou e*), et qui sont groupés en rangées horizontales, correspondent aux admissions moyennes p. 100 de 80, 60, 40, 20 et 10 (point mort), données par le changement de marche; tous les diagrammes d'une rangée verticale ayant même numéro (1, 2, 3, 4, 5) correspondent à une même ouverture du régulateur, les numéros 1 à la plus grande ouverture, les numéros 5 à la plus faible.

Le plus grand des diagrammes, celui qui correspond au travail le plus fort, est le numéro *a-1*, obtenu avec le changement de marche à fond de course et le régulateur ouvert en grand; le plus petit est *e-5*. Parmi les autres diagrammes, on peut en trouver des séries qui ont même surface, si l'on suppose le tableau complété par le tracé de tous

les intermédiaires, en nombre aussi grand qu'on le désire. C'est ainsi que le diagramme *c-1* est équivalent à un diagramme placé entre *b-2* et *c-2* et qu'il a même surface à peu près que *b-3* et *a-4*. Tous les diagrammes de même surface indiquent un même travail sur les pistons.

Ceci posé, quels motifs feront choisir, pour chaque valeur du travail à produire, le régime qui donne un de ces diagrammes plutôt qu'un autre équivalent? C'est d'abord la recherche de l'économie de vapeur : celui des diagrammes équivalents qui en dépense le moindre poids offre un avantage important; mais des expériences longues et délicates peuvent seules déterminer exactement ce poids, et on ne peut le déduire du simple relevé à l'indicateur, à cause des fortes condensations qui se produisent pendant l'admission dans le cylindre, condensations qui ne sont pas visibles sur le diagramme. A défaut de ces expériences, le mécanicien habile déduit d'une longue pratique et d'une grande attention à la marche de sa machine les conditions qui lui permettent de réduire le plus sa consommation.

La considération du poids de vapeur dépensé n'est cependant pas la seule qui doive nous guider : tous les diagrammes portant le n° 1, qui correspondent au régulateur ouvert en grand, donnent à certains moments sur le piston toute la pression de la vapeur dans la chaudière; d'autre part, tous les diagrammes marqués *e*, avec le changement de marche au point mort, indiquent aussi de très fortes pressions sur le piston, à cause de la longue compression. Or, ces fortes pressions augmentent la fatigue du mécanisme et les frottements : à ce point de vue, les diagrammes qui, pour un même travail, ne les atteignent pas, offrent un sérieux avantage : ce sont ceux qui correspondent à des admissions de 20 p. 100 au moins et à une ouverture incomplète du régulateur.

Les diagrammes *c-5* (marqué à tort *c-4* sur la figure), *d-4*, *d-5*, *e-3*, *e-4* et *e-5* ont, dans le coin gauche supérieur, une boucle (couverte de hachures, peu visibles vu la petite échelle des dessins) qui montre que le piston comprime la vapeur jusqu'à une pression supérieure à celle de la boîte à tiroir. L'ouverture anticipée de l'admission réduit cet effet, en permettant à la vapeur refoulée de sortir du cylindre et de retourner dans la boîte à tiroir, mais non sans causer des pertes de travail : les boucles hachurées représentent un travail *résistant* ou *négatif*, et leur surface doit être déduite du reste du diagramme.

Les diagrammes *d-5*, *e-2*, *e-3*, *e-4* et *e-5* nous montrent encore une boucle couverte de hachures, sur leur droite : c'est encore un travail résistant à déduire : cette boucle tient à ce que la pression de la vapeur, à la fin de la détente ou au commencement de l'échappement anticipé, ne dépasse pas beaucoup celle de l'atmosphère. Le piston continuant son mouvement pendant l'échappement anticipé, il arrive que le cylindre, au lieu de renfermer un excès de vapeur, aspire, au contraire, dans la colonne d'échappement : comme cette aspiration se

fait par des ouvertures étroites, il y a laminage, et la pression dans le cylindre s'abaisse au-dessous de la pression atmosphérique : c'est ce qu'on voit sur le diagramme *d-5*, donné à plus grande échelle (fig. 282).

Il faut encore penser que la pression n'est pas la même dans toutes les chaudières de locomotive. Elle est d'environ 8 kg par cm^2 dans les machines un peu anciennes, de 10 kg dans un grand nombre de machines modernes; on l'a même portée récemment à 12 (pour des locomotives non compound). Or, si nos diagrammes de la figure 281 sont établis pour une pression de 9 kg, il faudra supprimer la première colonne (nos 1) pour les machines timbrées à 8 kg, sur lesquelles les diagrammes portant les nos 2 correspondront au régulateur ouvert en grand. Si avec cette ancienne machine timbrée à 8 kilogrammes on marchait avec le régulateur ouvert en grand et la distribution à 20 p.100 d'admission, le jour où on remplacerait sa chaudière par une autre timbrée à 10 kg, il ne faudrait plus ouvrir le régulateur en grand pour se retrouver dans les mêmes conditions de marche. Avec une chaudière timbrée à 12 kg, l'effet sera plus sensible encore, et on pourra être conduit à y *laminer* davantage la vapeur à l'aide du régulateur.

Jusqu'ici nous avons supposé que la machine marchait toujours à une même vitesse. Or la vitesse varie beaucoup, et cette variation modifie encore le travail de la vapeur. Laissons le régulateur et le changement de marche dans une position déterminée sans y toucher, et supposons que la vitesse de la machine s'accélère. A mesure que la vitesse augmentera, il faudra que la vapeur traverse plus rapidement

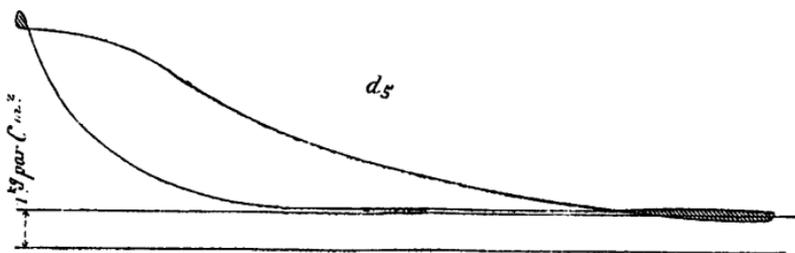


Fig. 282. — Diagramme avec travail résistant.

les divers passages étroits qu'elle franchit, et, par suite, les laminages ou chutes de pression augmenteront. Ces laminages se produisent en divers points : d'abord à la sortie de la chaudière par le régulateur, puis à l'admission dans le cylindre, par la fente qu'ouvre le tiroir, enfin à l'échappement. Par suite de ces laminages, la pression ira en s'abaissant dans la boîte à vapeur, puis elle tombera de plus en plus vers la fin de l'admission dans le cylindre. Par contre, l'action de l'échappement anticipé diminuera; mais la contre-pression augmentera pendant l'échappement et pendant la compression.

Toutes ces actions (sauf celle de l'échappement anticipé, qui est en sens inverse, mais n'est pas assez grande pour compenser les autres) réduisent le travail de la vapeur par coup de piston, en diminuant l'effort moteur à l'aller et en augmentant la résistance au retour : la surface du diagramme se contracte de plus en plus. Les figures 283 et 284 représentent deux de ces diagrammes (correspondant aux numéros *b-1* et *d-2* de la figure 281), pour une série de vitesses croissantes.

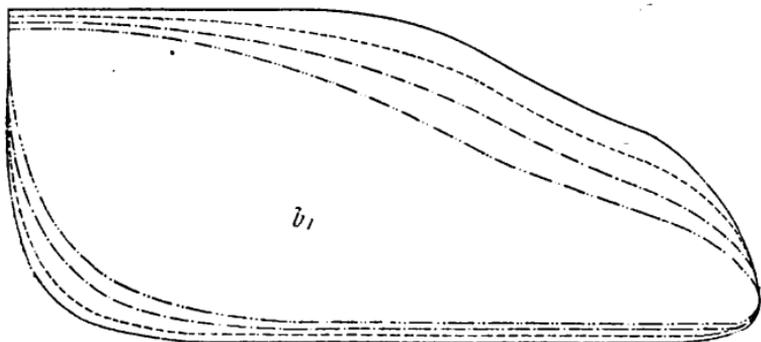


Fig. 283. — Diagrammes à diverses vitesses.

On voit ainsi qu'à des vitesses différentes, les mêmes positions du régulateur et du changement de marche ne donnent pas le même travail par coup de piston; certaines positions de ces organes, qui conviennent à une vitesse, peuvent donner une mauvaise utilisation de la vapeur quand la vitesse change.

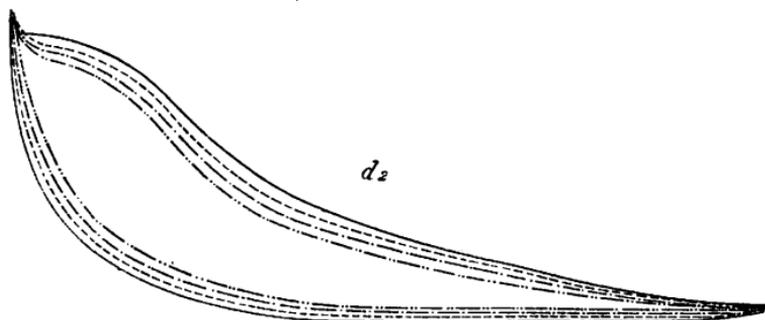


Fig. 284. — Diagrammes à diverses vitesses.

Résumons ces considérations relatives à une question fort délicate, de manière à en déduire les règles généralement suivies :

L'une des positions les plus convenables du changement de marche est celle qui donne l'admission d'environ 20 p. 100 : avec une plus

forte admission, la vapeur n'est pas assez détendue dans le cylindre, et par suite est mal utilisée : une admission plus faible fait commencer trop tôt l'échappement anticipé et donne une trop forte compression.

Le changement de marche donnant ainsi l'admission de 20 p. 100, pour réduire le travail moteur, on refermera un peu le régulateur; mais il ne faudra pas laminer ainsi par trop la vapeur, qui doit toujours arriver dans la boîte à tiroir avec une pression au moins égale à celle que donne la compression dans le cylindre. S'il faut réduire beaucoup le travail moteur, on devra alors diminuer un peu l'admission avec le changement de marche, sans trop fermer le régulateur.

Il faut surtout éviter les marches qui donnent des boucles à l'une ou à l'autre extrémité du diagramme, soit par excès de compression, soit par trop faible pression vers la fin de la course.

Si l'on a besoin, au contraire, de plus de travail que n'en donne, avec l'admission de 20 p. 100, le régulateur ouvert en grand, on augmentera l'admission à l'aide du changement de marche, en laissant, bien entendu, le régulateur ouvert en grand.

Toutefois, avec les chaudières à très haute pression (12 kg), une petite chute de pression au régulateur paraît toujours désirable pour ne pas trop fatiguer les mécanismes et aussi pour diminuer les entraînements d'eau.

Si, par suite d'avarie ou de forts chauffages, le mécanicien veut avant tout ménager le mécanisme, il placera la distribution près de son fond de course et laminera fortement la vapeur avec le régulateur, en marchant à vitesse réduite.

Aux grandes vitesses, les admissions réelles que donne le changement de marche au même cran diminuent beaucoup, tandis que les compressions augmentent : on sait bien qu'alors le changement de marche trop près du point mort *empêche la machine de courir*; on ne devra pas craindre de s'en éloigner, quitte à refermer un peu le régulateur, qui d'ailleurs produit aussi, dans la même position, un laminage de plus en plus fort.

En un mot, pour obtenir la même distribution de vapeur, il faut éloigner le changement de marche du point mort à mesure que la vitesse augmente.

Ajoutons que la distribution de toutes les machines n'est pas également bien réglée; quelquefois des inégalités se manifestent surtout à certains crans de marche, où les coups d'échappement deviennent irréguliers. Ces défauts de construction peuvent faire préférer des marches différentes pour deux machines de séries différentes; des défauts de montage peuvent même faire conduire différemment deux machines de la même série.

170. Régularité de la marche. — Pour obtenir une bonne vitesse moyenne, il faut, en palier, conserver une allure uniforme et surtout

éviter de trop ralentir en montant les rampes ; car il est difficile de rattraper le temps ainsi perdu, à moins de prendre sur les pentes des vitesses excessives, dangereuses, et même souvent impossibles à obtenir. Supposons qu'on doive franchir une longueur de 60 kilomètres, dont moitié en rampe de 5 mm et moitié en pente de 5 mm. Pour faire le trajet en une heure, les vitesses suivantes seront nécessaires :

VITESSE sur la rampe.	DURÉE du trajet en rampe.	VITESSE sur la pente.	DURÉE du trajet en pente.
60 km à l'heure.	30 minutes.	60 km à l'heure.	30 minutes.
55 —	33 —	66 —	27 —
50 —	36 —	75 —	24 —
45 —	40 —	90 —	20 —
40 —	45 —	120 —	15 —

Dès que la vitesse sur rampe se réduit aux deux tiers de la vitesse moyenne, il faut que cette vitesse moyenne soit doublée sur la pente pour rattraper le temps perdu.

Aux fortes pentes se joignent souvent des courbes raides ; ces pentes se trouvent fréquemment sur des embranchements secondaires, dont les voies ne peuvent être aussi robustes que celles des grandes lignes. En outre, certains types de machines, par suite de leur faible empaquetement, de leurs pièces en porte-à-faux, ou pour d'autres raisons, ne doivent pas dépasser une vitesse fixée. Voilà bien des motifs pour ne pas descendre les pentes trop rapidement. Mais comme il faut que les trains, qui ont de nombreuses correspondances à assurer, arrivent à l'heure, comme il faut qu'ils regagnent au besoin quelques minutes perdues, il est fort important que les mécaniciens ne perdent jamais de temps en montant les rampes.

Rien ne donne meilleure réputation au service d'un chemin de fer que l'arrivée des trains rigoureusement aux heures prescrites. Cette grande ponctualité ne tient pas uniquement au service des machines, mais les mécaniciens peuvent beaucoup pour l'assurer, et c'est en somme toujours sur eux qu'on compte pour rattraper les minutes perdues en stationnements trop prolongés ou en ralentissements.

Nous n'avons considéré que les *vitesse moyennes* sur la rampe et sur la pente. Or la vitesse réelle sera généralement plus faible en arrivant au sommet de la rampe, de sorte qu'il faudra un assez long parcours sur la pente pour y acquérir une grande vitesse. Cette circonstance allonge la durée du trajet en pente, on exige, au bas de la pente, pour

la descendre dans le même temps, une vitesse supérieure à la moyenne que nous avons calculée.

En somme, avec une allure inégale, on perd souvent plus de temps sur les rampes qu'on ne peut en regagner sur les pentes.

171. Observation des signaux. — Toute la sécurité de l'exploitation repose sur la stricte observation des signaux. On a bien établi des mécanismes fort ingénieux qui *enclenchent* les divers leviers de commande des appareils, de manière à en rendre impossibles ou du moins inoffensives les fausses manœuvres; mais c'est à condition que les mécaniciens tiendront toujours compte des signaux d'arrêt, qu'ils ne les confondront jamais entre eux, qu'ils seront toujours complètement maîtres de leur train.

On a beaucoup cherché les moyens de supprimer les effets dangereux de la distraction ou de l'erreur des mécaniciens en vue des signaux, comme les enclenchements atténuent les erreurs des agents chargés de les manœuvrer; mais la solution pratique du problème reste encore à trouver, si tant est qu'elle soit possible avec les conditions actuelles de l'exploitation des voies ferrées et les dispositions des gares; car il ne suffit pas qu'une chose soit en principe désirable pour qu'on puisse la réaliser, en matière de chemins de fer comme en beaucoup d'autres: il n'est même pas sûr que nous devions chercher avant tout cette réalisation, si d'autres questions plus importantes attendent leur solution.

Lorsque les trains sont munis de freins continus, on peut faire agir ces freins sans l'intervention du mécanicien, quand des signaux sont à l'arrêt, à l'aide de pédales ou de contacts électriques; mais l'application brutale des sabots, qui en résulte, n'est pas sans inconvénients: elle fait parfois rompre les attelages. Le système n'agit pas pour les trains non munis de ces freins, et ce sont justement ces trains qui sont le plus à craindre. Enfin il n'est guère applicable qu'aux signaux éloignés des stations; on ne voit pas comment on pourrait l'employer pour ceux qui se trouvent, parfois en si grand nombre, dans les gares importantes.

On peut aussi se contenter d'un avis donné au mécanicien lorsqu'il passe devant un signal à l'arrêt, par exemple au moyen d'un sifflet qui fonctionne sur la locomotive. Ces appareils avertisseurs ne sont guère applicables aussi qu'aux signaux de distance, qui peuvent être dépassés; ils sont utiles surtout en cas de brouillard, mais ne donnent pas non plus de solution générale pour les signaux des gares.

En disant que tout employé, quel que soit son grade, *doit obéissance passive aux signaux*, on trace de la manière la plus claire le devoir d'un mécanicien en présence d'un signal d'arrêt. Il n'a pas à se demander si l'arrêt est justifié; peu importe que la ligne paraisse entièrement libre devant lui, qu'il soit probable que la position du signal est due à une erreur ou à un oubli: il doit obéir comme s'il voyait un obstacle.

Il arrive quelquefois que, par suite de négligence, certains signaux restent indûment à l'arrêt ; si le mécanicien se croit fondé à négliger leurs indications, il commet une faute grave, bien plus grave que celle de l'agent chargé de la manœuvre ; les tribunaux se chargeront bien de le lui apprendre, mais un peu tard, s'il en résulte un accident.

En pareil cas, un mécanicien ne doit jamais hésiter à obéir aux signaux, quitte à faire connaître à ses chefs les arrêts inutiles qu'on lui impose, afin qu'on y mette bon ordre.

Si l'indication d'un signal à l'arrêt ne doit jamais être discutée, il n'en est pas de même lorsqu'il cesse d'indiquer l'arrêt. Alors le mécanicien a le droit, et même le devoir, de se demander si cette position est justifiée et de vérifier, autant qu'il le peut, si réellement la voie est bien libre devant lui. Par suite d'un oubli, un signal peut rester à voie libre, malgré la présence de l'obstacle qu'il devrait couvrir. Quelquefois même des mécaniciens ont vu effacer devant eux des signaux à l'arrêt, ce qui semble une annonce bien certaine de voie libre, alors qu'elle ne l'était pas ! On les invitait ainsi à continuer leur marche, à reprendre leur vitesse. Si, malgré cette indication erronée, un homme prudent a su découvrir le danger et l'éviter, quelle satisfaction ne doit-il pas éprouver ? Ce n'est pas tant l'idée du danger personnel auquel il a échappé, qui le rend heureux et fier, c'est surtout le fait d'avoir, par sa vigilance et son habileté, évité un grave accident, et sauvé la vie d'un grand nombre de ses semblables !

Quand on conduit des trains rapides, dont les itinéraires serrés ne permettent guère les moindres pertes de temps, la scrupuleuse obéissance aux signaux exige beaucoup de soin et d'expérience : il faut parfaitement connaître tous ceux qu'on aperçoit, ainsi que le profil et les plus petits détails de la ligne qu'on parcourt à toute vitesse. Quelquefois des obstacles empêchent de voir facilement les signaux ; il en est qu'on ne distingue qu'à une certaine distance, puis qui disparaissent momentanément quand on s'en approche. On rectifie autant que possible la position de ces appareils, quand elle est reconnue défectueuse ; mais des arbres en poussant, des constructions nouvelles, peuvent venir les masquer à tout moment.

Il est de règle générale que, dans tous les passages où une grande attention est nécessaire, le chauffeur ne doit jamais être occupé au chargement du foyer ou à l'alimentation : il regarde les signaux et surveille la voie comme le mécanicien.

Enfin un train n'est réellement bien conduit, suivant toutes les règles de l'art, que lorsque le mécanicien sait se réserver quelques secondes, non pas précisément pour ralentir, aux bifurcations importantes, aux grandes stations, lorsque les règlements n'ordonnent aucun ralentissement, mais pour éviter en ces points les vitesses excessives. A cet égard, on fera bien de réfléchir aux quelques chiffres qui suivent.

La longueur d'un arrêt de détresse, obtenu avec le frein Westing-

house, varie beaucoup ; mais, dans les conditions moyennes et normales, on peut l'estimer à 300 mètres quand la vitesse est de 85 kilomètres à l'heure ; dans les mêmes conditions, elle sera de 415 mètres, pour la vitesse de 100 kilomètres, et de 550 mètres, pour celle de 115 kilomètres. Supposons qu'un mécanicien aperçoive un obstacle à 300 mètres devant lui et serre aussitôt le frein ; il évitera la collision s'il marchait à 85 kilomètres, tandis qu'il aura encore, au moment de la rencontre, une vitesse de 52 kilomètres à l'heure s'il marchait à 100, et de 72 kilomètres, s'il en faisait 115.

Nous ne donnerons aucun détail sur les signaux eux-mêmes, que les règlements spéciaux définissent avec précision.

172. Précautions à prendre en stationnement. — Les conséquences de la mise en marche spontanée d'une locomotive peuvent être si graves qu'on ne saurait prendre trop de précautions pour l'éviter.

Pendant les stationnements prolongés, et surtout si le personnel quitte sa locomotive (ce qui n'est permis que sur les voies des dépôts ou lorsqu'un agent spécial est chargé de la garde des machines en feu), le régulateur sera fermé à fond, et le changement de marche placé au point mort ; les purgeurs seront ouverts, et les freins serrés sur la machine et le tender.

Les mêmes précautions doivent être prises pendant un arrêt de courte durée, quand on veut pénétrer sous la machine ou engager le bras entre les pièces du mécanisme.

On connaît plusieurs exemples de départs spontanés de locomotives ; nous citerons l'un des plus récents, où une machine de gare a démolie plusieurs wagons, à Mohon, heureusement sans autre accident. Le chauffeur était bien de garde sur la machine, mais il dormait et ne s'est même réveillé qu'au moment de la collision. Le changement de marche n'était pas au point mort ; les purgeurs avaient été ouverts ; mais le chauffeur les avait refermés, pour travailler au feu, parce que la tringle de manœuvre, tirée pour l'ouverture des purgeurs, le gênait, et il avait oublié de les rouvrir ; le frein n'était pas serré ; le régulateur était mal fermé ou bien s'est ouvert tout seul.

En somme, les manœuvres qui préviennent toute chance de mise en marche intempestive ne sont ni longues ni difficiles et il faut s'habituer à les exécuter machinalement, sans avoir besoin d'y penser : cette habitude, qui rend instinctifs certains mouvements, est une assurance qu'aucune préoccupation, aucune distraction ne sera cause d'un oubli.

Or si mille fois un tel oubli n'a pas de conséquence, il peut aussi causer la mort d'un camarade ou une catastrophe sur la ligne : c'est assez pour qu'un homme sérieux ne veuille jamais s'exposer à un tel risque.

Avant de mettre une machine en marche, quand elle vient d'être visitée ou graissée, il faut toujours vérifier que personne ne reste des-

sous. Pour la même raison de sécurité, il ne faut jamais tamponner, si doucement que ce soit, une locomotive arrêtée. Avant de passer sous une machine attelée en tête d'un train, on doit s'assurer qu'aucune manœuvre de wagons ne sera faite en queue, et prévenir à cet effet le chef de service de la gare.

On évitera aussi une abondante production de vapeur ou un excès de pression pendant les stationnements prolongés; certains règlements prescrivent alors le desserrage des *balances*; le feu doit être convenablement couvert, les portes du cendrier fermées ou la cheminée capuchonnée.

Enfin il ne faut pas faire de fumée, désagréable partout, et surtout dans les gares. S'il est nécessaire de charger le feu pendant un stationnement, on combattra la fumée en ouvrant le souffleur et en laissant entrer un peu d'air par la porte du foyer.

173. Double traction. — La double traction est usitée en cas de surcharge d'un train, ou pour éviter la circulation des machines haut-le-pied, ou enfin comme renfort sur les rampes. L'emploi du block-system sur les grandes lignes permet souvent de *dédoubler* les trains, au lieu d'y atteler deux locomotives, et de mieux utiliser leur puissance, puisque, pour les trains de voyageurs, les règlements limitent à 24 le nombre des voitures. C'est sur les lignes à voie unique, où il est difficile d'ajouter des marches supplémentaires, que les machines retournant à leur dépôt sont de préférence attelées en double aux trains. Enfin, sur les rampes, les renforts sont souvent donnés, par une machine en queue, à des trains de marchandises, qui peuvent déjà avoir deux machines en tête. Les trains de voyageurs, d'après l'ordonnance du 15 novembre 1846, ne peuvent avoir plus de deux locomotives (sauf en cas de *secours*), mais nous pensons qu'on peut autoriser, pour ces trains comme pour ceux de marchandises, le renfort en queue.

Sur un parcours total de 47 300 000 kilomètres faits par les locomotives du réseau de l'Est, en 1893, 450 000 (environ le centième du total) sont dus à des machines en double.

C'est le mécanicien placé en tête qui règle la marche du train; mais celui qui suit n'en doit pas moins être attentif aux signaux et à l'état de la voie. En ouvrant sans précaution le régulateur de la machine d'un train de marchandises, on risque d'en rompre les attelages: le risque serait encore plus grand si l'on ouvrait en même temps les régulateurs de deux machines attelées au même train. La fermeture même du régulateur peut aussi être cause de chocs. Pour ces motifs, les règlements du chemin de fer de l'Est, d'accord avec ceux de plusieurs autres compagnies, prescrivent au mécanicien placé en tête d'ouvrir son régulateur le dernier et de le fermer le premier.

En cas de double traction, la vitesse doit être bien régulière, et dépasser le moins possible la moyenne prescrite: les règlements contiennent diverses prescriptions à ce sujet.

La seconde machine reçoit la poussière soulevée par la première, ce qui l'expose aux chauffages : le graissage doit donc en être particulièrement surveillé. Avec le renfort en queue, à la traversée de certains tunnels, le personnel de la seconde machine trouve souvent l'air fortement vicié : on a dû en quelques points munir les machines d'un appareil respiratoire, composé d'un réservoir où l'on aspire l'air par un tuyau flexible.

174. Avaries en service. — Les locomotives sont exposées à des avaries de tout genre. L'adresse et le soin des mécaniciens peuvent les rendre fort rares, mais sans les supprimer entièrement : quand elles se produisent, l'habileté consiste à ne pas *rester en détresse*, à remettre rapidement la machine en état de marcher, au moins jusqu'à une station où elle peut être remplacée. On est quelquefois surpris de voir avec quelle dextérité certains mécaniciens savent se tirer de positions en apparence désespérées : il ne faut pas toutefois que les tours de force en pareil cas fassent courir le risque d'aggraver fortement l'avarie ou de dérailler en pleine voie, notamment en continuant à rouler avec un essieu ou un bandage rompu.

On ne peut passer en revue toutes les avaries qui se produisent ; nous en indiquerons seulement quelques-unes.

175. Chauffages. — Les chauffages sont les incidents qui troublent le plus fréquemment la marche des machines. Lorsqu'ils se produisent, l'important est de les contenir et de les réduire ; s'ils s'aggravent, au contraire, bientôt les tourillons *grippent*, le métal blanc des coussinets fond : c'est une avarie sérieuse. Des pièces mécaniques coûteuses, telles que des mouvements de distribution, coulisses et bielles de suspension, sont transformées en ferraille sans valeur, dans l'espace de quelques minutes, par des chauffages intenses.

Lorsqu'une pièce chauffe, il faut, après l'avoir refroidie si elle est très chaude, bien assurer le graissage : si un conduit bouché, une mèche trop serrée, un réservoir d'huile vide est la cause du chauffage, il est facile de la faire disparaître. Parfois les réservoirs, notamment ceux des boîtes, se remplissent d'eau, qui prend la place de l'huile : cela arrive lors des lavages des chaudières ; il faut avoir soin d'enlever cette eau.

Le serrage excessif de certaines articulations peut être une cause de chauffage ; mais si on desserre les coussinets d'une grosse tête de bielle motrice, ils ne portent plus *à bloc* l'un contre l'autre, et le montage est défectueux : il ne faut donc user de cette ressource qu'avec mesure et momentanément. En desserrant les coins de serrage des glissières de plaques de garde, on exagère le jeu des boîtes d'une manière souvent fâcheuse. Sous prétexte d'éviter les chauffages, il ne faut pas faire ferrailer les machines, ce qui produit une usure rapide.

Parfois on se sert de *suif* pour lubrifier les pièces qui ont tendance

à chauffer : le suif, en fondant, les arrose abondamment dès qu'elles s'échauffent.

Les machines toujours bien nettoyées et soigneusement graissées, sans excès d'huile, sont peu sujettes à chauffer, sauf par suite de défauts de montage.

176. Avaries de la chaudière. — La plupart des avaries à la chaudière arrêtent la machine sans qu'on puisse y remédier sur place, par exemple la fusion du plomb du ciel de foyer, la projection d'une soupape Adams (fig. 76) par suite de la rupture d'une colonnette. Si le ressort d'une soupape à levier casse, il est aisé de caler cette soupape jusqu'à l'arrivée. Nous avons dit quelques mots, au § 45, sur le remplacement d'un tube de niveau.

Lorsqu'un tube à air chaud s'écrase, on peut quelquefois en boucher les deux extrémités par des bouchons ou *tampons* en fer ou même en bois (qui se carbonise seulement à la surface), mis en place à l'aide d'une tige en fer; on relève alors le niveau de l'eau dans la chaudière et on fait remonter la pression. Il ne faut pas oublier que la projection d'un tampon placé devant la porte serait fort dangereuse.

Les voûtes en briques rendent souvent impossible le tamponnement d'un tube.

Si plusieurs entretoises se rompent, si un gonflement anormal des parois du foyer se produit, la prudence commande de modérer aussitôt le feu et de laisser tomber la pression.

177. Avaries des appareils d'alimentation. — S'il devient impossible de faire fonctionner les appareils d'alimentation, on est bien obligé de jeter le feu; mais c'est une avarie qui ne semble guère excusable, surtout quand la locomotive est munie de deux injecteurs. Aussi, dès que l'un d'eux ne fonctionne pas bien, faut-il le faire remettre en état. Nous avons indiqué au § 54 les principales causes du raté des injecteurs.

Les prises d'eau sur les tenders sont souvent fermées par une soupape goupillée à l'extrémité d'une tige, qui sort au-dessus de la caisse et sert à la manœuvre. Quelquefois les goupilles se rompent (se méfier sans cesse des goupilles!) et la soupape reste posée sur son siège. Pour s'en débarrasser, il faut démonter la tige de manœuvre, puis envoyer brusquement la vapeur dans le tender comme pour en réchauffer l'eau : la soupape est alors projetée, sans que la tige s'oppose à son mouvement.

178. Avaries des roues. — Les avaries aux trains de roues sont presque toujours assez graves pour causer forcément une détresse, si elles n'entraînent pas de déraillement; ces avaries consistent surtout en ruptures de bandages ou d'essieux. Même lorsque les pièces rompues restent en place, il ne faut continuer la marche que jusqu'à

la prochaine station et avec une extrême prudence, car le déraillement est fort à craindre : en pareil cas, c'est souvent au moment du garage, lors du passage sur les aiguilles ou les croisements, qu'il se produit. Si le train de roues avarié n'est pas l'un des trains extrêmes, on peut souvent ramener la machine, à froid, en le soulevant et en faisant porter les boîtes par des cales, qui reposent sur les entretoises des plaques de garde. D'autres cales placées au-dessus des boîtes des essieux extrêmes empêchent un trop grand abaissement du châssis.

179. Avaries du châssis. — Les avaries du châssis sont le plus souvent reconnues au dépôt et ne causent guère d'incidents de route. Quelquefois des fentes se déclarent dans les longerons, à partir des angles supérieurs des échancrures où jouent les boîtes. Ces fentes s'allongent petit à petit et finiraient par amener une rupture complète, si on ne réparait pas à temps la machine.

180. Avaries de la suspension. — Les organes de la suspension, surtout sur les mauvaises voies, sont exposés à des avaries assez fréquentes : pour remédier aux unes, on peut attendre la rentrée au dépôt ; les autres exigent l'arrêt de la machine en cours de route. Parmi les premières sont les ruptures d'une feuille, le glissement du ressort dans sa bride, circonstances qui ne paralysent pas la suspension. Au contraire, les ruptures de tiges de suspension, de balanciers, du ressort entier, mettent une machine hors d'état de continuer sa route avec sécurité : un des ressorts cessant complètement de porter sa part du poids de la machine, ce poids se répartit fort inégalement sur les autres ; la machine peut aussi porter directement sur la boîte du ressort avarié par le fond de l'entaille du longeron. Cette modification de la répartition est d'autant plus dangereuse qu'elle change complètement les poids sur les deux roues d'un même essieu : certaines roues seront énormément chargées et d'autres ne porteront rien : un déraillement est à craindre.

En pareil cas, on doit interposer entre la boîte dont la suspension est avariée et le longeron une *cale* en fer ou en bois, dont l'épaisseur est celle du jeu moyen qui devait exister entre ces deux pièces : il faut pour cela soulever la machine avec un vérin. De pareilles cales existent dans l'outillage des machines.

Lorsque deux ressorts sont réunis par un balancier, la rupture d'un seul d'entre eux, d'une tige de suspension, ou du balancier, les met tous deux hors de service ; il faudra alors caler les deux boîtes, à moins qu'on ne puisse immobiliser le balancier, de manière à donner une attache rigide à la tige de suspension du ressort non avarié.

Après avoir ainsi remédié à une avarie de suspension, on gagne, en marchant avec prudence, une station où la machine peut être remplacée.

181. Avaries du mécanisme. — Certaines avaries du mécanisme n'empêchent pas de continuer la marche, et n'exigent que le démontage de quelques pièces; parfois c'est l'un des deux mécanismes moteurs qu'il faut démonter ou paralyser, et la machine fonctionne alors avec un seul cylindre. Parmi les avaries du premier genre, nous avons cité, au § 93, la rupture des bielles d'accouplement, et dit quelques mots de leur démontage. Un accident aux organes de distribution de vapeur n'arrête pas toujours le fonctionnement de la machine. Si la barre d'excentrique de marche arrière vient à se rompre, on pourra, après en avoir démonté les morceaux, mettre le changement de marche au fond de course avant : la barre d'excentrique avant conduira seule le tiroir ; on laminera la vapeur avec le régulateur, parce qu'on ne la détendra plus beaucoup dans les cylindres. Cette manière d'agir n'est possible qu'avec la coulisse à deux flasques, qui permet de faire coïncider l'axe du coulisseau avec l'axe des tourillons d'articulation de la barre d'excentrique : avec la coulisse simple découpée, le démontage complet du mécanisme de distribution devient nécessaire.

Si l'arbre de relevage, un de ses leviers, ou une bielle de suspension est rompue, la coulisse de Stephenson tombe et le coulisseau se trouve à sa partie supérieure. Avec les barres droites généralement usitées, la machine est disposée pour la marche avant : c'est un cas analogue au précédent. Avec la coulisse de Gooch, les mêmes ruptures font tomber le coulisseau à la partie inférieure ; avec les barres droites, il est alors placé pour la marche arrière ; pour la marche avant, il faut le relever dans la coulisse, et le maintenir, au moyen de cales. La rupture d'une des tiges de suspension de la coulisse d'Allan produit l'un ou l'autre effet.

Si une tige de piston vient à se rompre, le piston ira se coller contre le fond avant du cylindre, qui sera probablement avarié ; parfois on pourra continuer la marche jusqu'à une station, si le piston avarié ne bouge plus, parce qu'il recouvre la lumière d'avant. L'admission et l'échappement de vapeur se feront toujours, sans travail moteur, sur l'arrière du cylindre. Arrivé à une station, on démontera la bielle motrice et on fixera solidement le piston : si par exemple la rupture a eu lieu à l'emmanchement de la tige dans la tête, on coïncera la tige dans sa garniture en serrant à bloc un de ses deux écrous, puis on en approchera la tête de piston et on la reliera aux glissières ; on peut sans danger laisser le tiroir continuer sa marche.

La rupture d'une bielle motrice produira à peu près le même effet : on démontera le morceau de la bielle portant sur la manivelle, et on fixera le piston à son fond de course avant.

La rupture d'une tige de tiroir paralyse nécessairement le côté correspondant du mécanisme. On immobilise alors le tiroir dans sa position moyenne, de manière à ce qu'il recouvre les lumières (en coinçant la tige dans la garniture par le serrage d'un écrou), puis on

démonte les pièces du mouvement de distribution qui pourraient venir heurter la tige. Si la machine est munie d'un régulateur Crampton et de boîtes à vapeur distinctes pour les deux cylindres, il peut être plus simple de boucher l'arrivée de vapeur du côté avarié, en montant une bride pleine dans le joint du tuyau de prise de vapeur. Une plaque de tôle est préparée à cet effet dans l'outillage des machines ayant ce régulateur.

Certaines avaries, celles des pistons et des tiroirs, ne sont pas visibles sans démontage des plateaux de cylindres. Nous avons indiqué, au § 113, comment on vérifiait, en stationnement, l'état de ces pièces essentielles : en marche, des fuites importantes autour d'un piston ou sous un tiroir produisent un sifflement facile à remarquer. Si c'est un piston qui n'est pas étanche, le bruit accompagne l'admission de vapeur sur ce piston : il est donc facile de déterminer quel est le piston avarié, puisqu'au début de l'admission la manivelle correspondante est à un de ses points morts. Le tiroir peut donner une fuite continue par l'échappement, notamment s'il est rompu : l'observation des coups d'échappement, qui restent bien nets pour le côté non avarié et qui se produisent un peu avant que la manivelle correspondante n'arrive à ses points morts, permet de déterminer quel est le côté défectueux ; on tâchera de paralyser ce côté, en y supprimant l'arrivée de vapeur, si la fuite est tellement abondante qu'elle empêche de maintenir la pression dans la chaudière.

Si la tige d'un tiroir, à l'intérieur de la boîte, ou si l'attache du tiroir à sa tige vient à se rompre, le tiroir est chassé vers l'avant et reste immobile : la lumière d'arrière du cylindre est toujours ouverte ; la distribution de vapeur ne se fait plus : la vapeur presse constamment la face arrière du piston, le poussant pendant une course et résistant pendant le retour : il n'y a plus qu'un seul cylindre qui soit moteur. On peut à la rigueur continuer la marche ; il est préférable, si on le peut aisément, d'interrompre l'arrivée de vapeur dans la boîte lu tiroir immobile.
