ACTGV

Le freinage des trains

Association des Conducteurs de Trains à Grande Vitesse

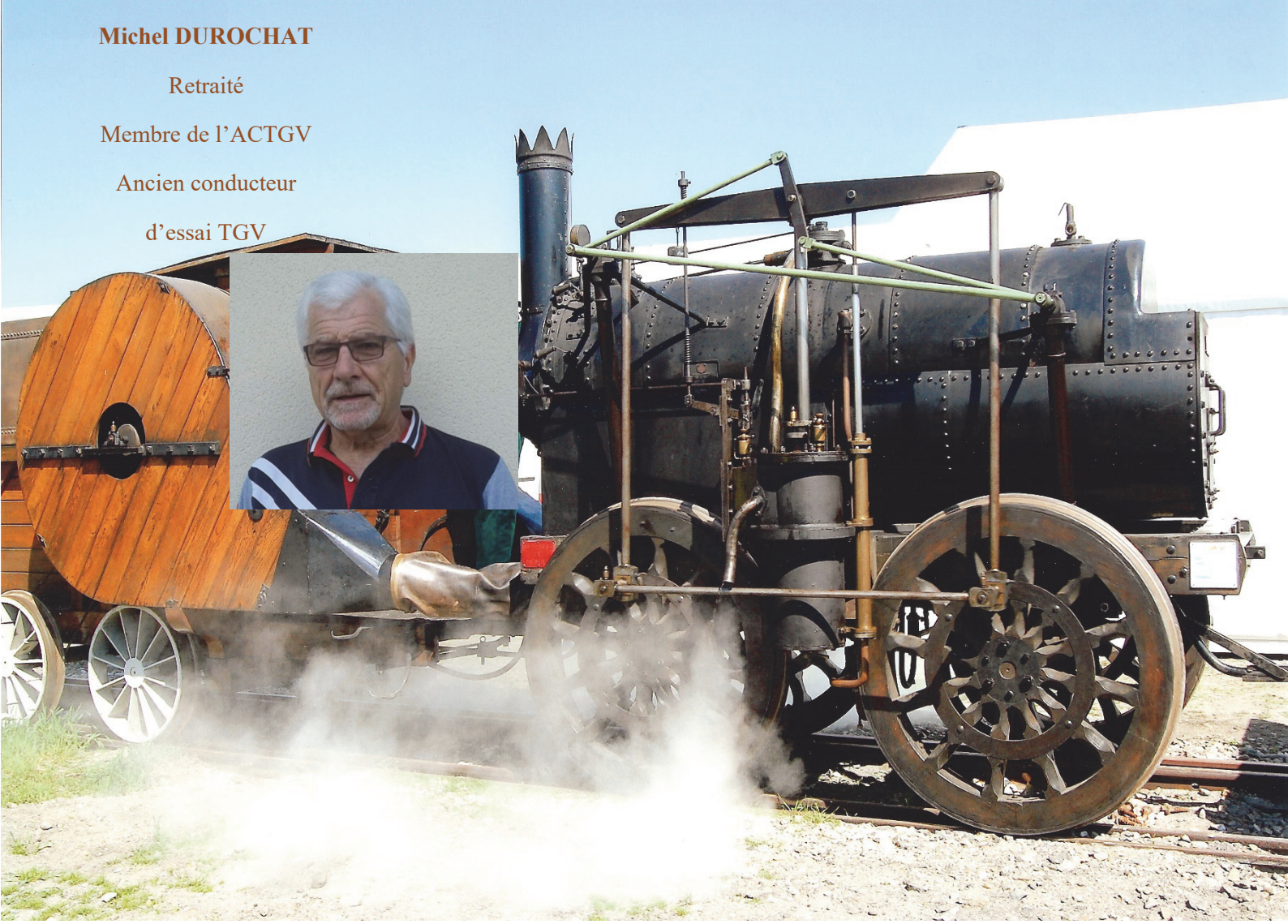
Michel DUROCHAT

Retraité

Membre de l'ACTGV

Ancien conducteur

d'essai TGV



Gilbert DESPLANQUES

Retraité

Secrétaire de l'ACTGV

Ancien conducteur

TGV à Bordeaux

SOMMAIRE

Abréviations utilisées	3
Généralités sur le freinage ferroviaire	4
Le frein pneumatique UIC	5
Pourcentages de masse freinée exigés	17
Le problème de l'adhérence en freinage	20
Comportement des différents types de frein à l'égard de l'adhérence	22
Influence de l'adhérence disponible sur les performances de freinage d'un train	22
Semelles de frein	23
Dispositif engendrant l'effort de freinage	24
Régleur de frein S.A.B. à double action	26
Freins à disques	31
Freins à courants de Foucault	34
Freins hydrauliques	37
Freins électriques	40
Freins électromagnétiques	42
Conjugaison des freinages	46
Freins de stationnement et freins d'immobilisation	53
Problèmes apportés par les grandes vitesses	60
Contrôles et asservissements	63
Les anti-enrayeurs	67
Production d'air comprimé	76
Triples-valves	80
Distributeurs	86
Bloc-frein	103
Frein direct	108
Robinet de frein H7A équipé du détendeur FVF2	112
Robinet de frein à commande électrique dit « Presse-Bouton » PBL2	121
Frein électropneumatique « FEP »	126
Appareils utilisés pour commander le freinage sur les TGV PSE	131
Appareils utilisés pour commander le freinage sur les autres types de TGV	136
Essais des freins des engins moteurs	145
Essais des freins à la mise en tête sur un train	146
Essais des freins sur les TGV	149
Essais des freins lors de la mise en UM de deux TGV PSE	154
Essais des freins lors de la mise en UM de deux TGV autres que TGV PSE	155
Freinage AGV	156
Performance de freinage du matériel roulant équipé de la TVM	156
Barème de vitesse limite à observer en cas d'anomalie dans les équipements de freinage électrique et pneumatique sur les TGV	157
Règles générales relatives au freinage des trains	158
Freinage d'un train de voyageurs	162
Freinage d'un train de messagerie	165
Freinage d'un train de marchandises	166
Repérage des avaries ou anomalies de frein relatives aux véhicules remorqués	169
Anomalies de frein en pleine voie	172
Anomalies de frein sur les TGV	177
Conclusion	179

ABREVIATIONS UTILISEES

A	AE	Anti-enrayeur
	AGV	Automotrice à Grande Vitesse
	AL	Alarme
B	BM	Bloc Moteur
	BP	Bouton Poussoir
C	CF	Cylindre de Frein
	CFI	Cylindre de Frein Immobilisation
	CG	Conduite Générale
	CP	Conduite Principale
E	EB	Essieu Bloqué
	EJ	Essai Journalier des freins
	EPSF	Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire
F	FAMAD	Frein Automatique Modérable Au Desserrage
	FCF	Frein à Courants de Foucault
	FEP	Frein Electropneumatique
	FA	Freinage d'Arrêt
	FD	Freinage de Dérive
	FF	Freinage Forfaitaire
	FIEF	Frein d'Immobilisation pour Essai des Freins
	FIL	Frein d'Immobilisation en Ligne
	FIP	Frein d'Immobilisation Pneumatique
	FIS	Frein Immobilisation Stationnement
H	HLP	Haut Le Pied (locomotive seule)
L	LGV	Ligne à Grande Vitesse
	LS	Lampe de Signalisation
	LS-CT	Lampe de Signalisation Comptage
	LS-DF-F	Lampe de Signalisation Défaut Frein
	LT	Lampe Témoin
M	MF	Masse Freinée
	MFR	Masse Freinée Réalisée
	MFTN	Masse Freinée Totale Nécessaire
	MA 100	Train de marchandises à V = 100 km/h
	MA 90	Train de marchandises à V = 90 km/h
	MA 80	Train de marchandises à V = 80 km/h
	ME 140	Train de messagerie à V = 140 km/h
	ME 120	Train de messagerie à V = 120 km/h
	ME 100	Train de messagerie à V = 100 km/h
	MP(CO)I	Manipulateur de Traction
	MP F	Manipulateur de Freinage
	MP F(SE)	Manipulateur de Frein de Secours
	MP VI	Manipulateur de Vitesse Imposée
	MTBF	Mean Time Between Failure (temps moyen entre deux pannes)
	MVGV	Train de Messagerie circulant sur LGV à V = 200 km/h
	MV 160	Train de Messagerie à V = 160 km/h
P	PEPD	Pilote Electro Pneumatique Direct
	PBL 2	Presse Bouton Locomotive 2ème version (commande du frein)

Q	Q	Lettre désignant un relais
R	R 200	Train de voyageurs réversible à V = 200 km/h
	R 160	Train de voyageurs réversible à V = 160 km/h
	RA	Réservoir Auxiliaire
	RC	Réservoir de Commande
	RE	Réservoir Egalisateur
	REX	Réservoir Expansion
	RFN	Réseau Ferré National
	RM	Robinet du Mécanicien
	RP	Réservoir Principal
	RPD	Réservoir Première Dépression
	RS	Réservoir de Surcharge
	RT	Renseignements Techniques
S	SAFI	Signal d'Alarme à Frein Inhibable
	SENF	Sans Entrefer Ni Frottement
	SFC	Système Fonction Cabine
	SIAC	Système Informatique d'Aide à la Conduite
	SM	Système Multifonction
	STI	Spécification Technique d'Interopérabilité
T	TD	Radio à Transmission de Données
	TGV A	TGV Atlantique
	TGV PBA	TGV Paris/Bruxelles/Amsterdam
	TGV PBKA	TGV Paris/Bruxelles/Köln/Amsterdam
	TGV POS	TGV Paris/Ostfrankreich/Süddeutschland
	TGV PSE	TGV Paris/Sud Est
	TGV R	TGV Réseau
	TGV TM	TGV Trans Manche
	TVM	Transmission Voie Machine
U	UIC	Union Internationale des Chemins de fer
	UM	Unité Multiple
	URG	Urgence
	US	Unité Simple
	UTA	Unité de Traitement Auxiliaire (ordinateur)
	UT BM	Unité de Traitement Bloc moteur (ordinateur)
	UTP	Unité de Traitement Principal
	UTR	Unité de Traitement Remorque (ordinateur)
V	VI	Vitesse Imposée
	V 200	Train de voyageurs à V = 200 km/h
	V 160	Train de voyageurs à V = 160 km/h
	V 140	Train de voyageurs à V = 140 km/h
	V 120	Train de voyageurs à V = 120 km/h
Z	Z	Lettre désignant un interrupteur
	Z (IS)	Interrupteur d'Isolement

GÈNÈRALITÈS SUR LE FREINAGE FERROVIAIRE

A l'inverse de la traction dont les efforts sur le train sont très localisés au niveau de la ou des locomotives (tête et exceptionnellement tête et queue ou encore sur les rames à motorisation répartie), le freinage requiert des efforts répartis sur le maximum de véhicules du train de la tête à la queue. En effet, si en traction la distance de mise en vitesse n'intervient qu'au niveau de l'horaire, la distance d'arrêt en freinage conditionne la sécurité de circulation car, à une vitesse donnée elle doit rester inférieure à la distance d'implantation entre le signal d'avertissement et le signal d'arrêt de la ligne sur laquelle le train circule. Cette obligation entraîne donc la nécessité pour chaque véhicule ou presque d'assurer la production d'un effort retardateur en liaison directe avec sa masse. Comme la commande du frein est ponctuelle à partir de la locomotive (ou de la cabine de conduite pour les éléments automoteurs) par l'agent de conduite, il apparaît nettement qu'un des problèmes fondamentaux du freinage ferroviaire depuis que les trains existent soit celui de sa télécommande.

Au début du chemin de fer, cette télécommande, qui était plutôt une transmission, consistait à ordonner aux différents serre-freins échelonnés tout au long de la rame, de serrer ou de desserrer le frein à vis en fonction d'un code de coups de sifflets donnés par le mécanicien.

Le règlement pour les mécaniciens et chauffeurs du 24 octobre 1839 du réseau Paris à Lyon et à la Méditerranée (partie Nord du réseau) précisait dans son paragraphe XI : *Un coup de sifflet prolongé appelle l'attention. Plusieurs coups de sifflets saccadés commandent de serrer les freins. Un coup de sifflet bref commande de desserrer les freins.* Dans le paragraphe XII article 6 il est écrit : *Le mécanicien, aussitôt qu'il entend une explosion de pétards, doit fermer le régulateur, donner l'ordre au chauffeur de serrer le frein du tender, et faire aux conducteurs du train, au moyen du sifflet, le signal réglementaire pour qu'ils serrent les freins ; au besoin même, il fera contre-vapeur. Quand la vitesse du train aura été presque entièrement amortie et ne dépassera pas 2 m/s, c'est-à-dire la vitesse d'un homme qui marcherait rapidement à côté du train, le mécanicien pourra faire desserrer les freins…..*

Les Instructions de l'Exploitation pour les agents du service actif de la Compagnie de Lyon à la Méditerranée de 1853 précisaient dans l'Instruction pour les Chefs de Train et Gardes-Freins en route, paragraphe III, article 28 il est écrit : *En cas de danger résultant d'un accident arrivé à une voiture du train, ou de toute autre circonstance, les chefs de train doivent serrer immédiatement leurs freins sans attendre l'avertissement du machiniste……*Dans le paragraphe III, article 29, il est écrit : *A l'approche de tous les embranchements, les chefs de train et garde-freins doivent agir sur leurs freins pour approcher les sabots des roues, et se tenir prêts à serrer rapidement s'il en est besoin.*

Le règlement pour les mécaniciens et chauffeurs de décembre 1881 du chemin de fer du Nord (Lille), « Instructions Spéciales » article 36 : *Dès que les mécaniciens ou chauffeurs aperçoivent ou entendent un signal d'arrêt, ils doivent, par tous les moyens à leur disposition, se rendre immédiatement et complétement maître de la vitesse de leur train, de manière à s'arrêter le plus promptement possible. Le mécanicien fait, sans retard ni hésitation, aux agents du train, au moyen du sifflet à vapeur, le signal règlementaire pour qu'ils serrent les freins. A la demande des freins par le mécanicien, le chauffeur devra tirer la corde de déclenchement, le conducteur ou garde-frein devra compléter à la main le serrage du frein et le relever après l'arrêt. La possibilité pour le mécanicien de faire déclencher le frein par la corde de communication, ne dispense nullement les conducteurs de serrer les freins d'office, quand le mécanicien en donne le signal et ne fait pas usage de la corde de communication. Aux termes de leur règlement, les agents des trains doivent se tenir à la portée de leur frein, attentifs et prêts à obéir immédiatement aux signaux qui peuvent leur être faits, soit sur la voie, soit par le sifflet à vapeur.*

Dans l'application des textes en italique ci-dessus, le terme « conducteur » s'applique à un agent du train (le contrôleur de l'époque) et non à celui qui conduit le train. Jusqu'aux années 1990, celui qui conduit un train s'appelle le « mécanicien ».

Définition officielle SNCF du mécanicien : Agent (du service de conduite, conducteur de locotracteur ou de draisine) qui assure la conduite d'un engin moteur, quelle que soit la nature de cet engin. Depuis le terme

mécanicien a été remplacé par « conducteur » avec la même définition (il y a des conducteurs de manœuvre, des conducteurs de ligne et des conducteurs de ligne principaux). Un conducteur assure la conduite d'un train, en charge de la sécurité des circulations sur le réseau ferroviaire, applique les contrôles et procédures de sécurité et effectue les premiers dépannages sur le matériel moteur et remorqué.

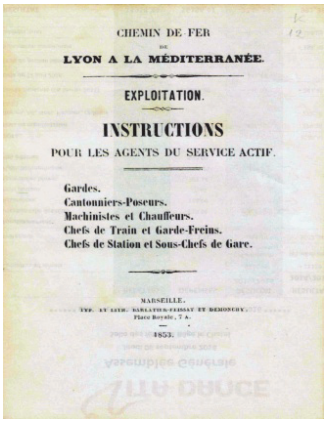
CHEMINS DE FER
DE
PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

PARTIE NORD DU RÉSEAU

RÈGLEMENT
POUR
LES MÉCANICIENS ET LES CHAUFFEURS

24 Octobre 1859

PARIS
IMPRIMERIE DE RENOU ET MAULDE
RUE DE RIVOLI, 144.

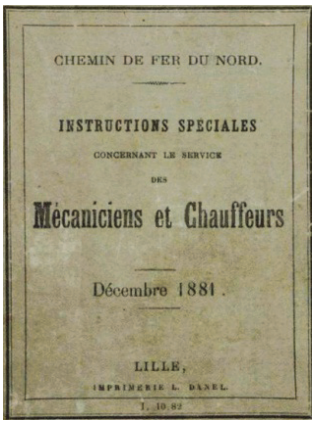

CHEMIN DE FER
DE
LYON A LA MÉDITERRANÉE.

EXPLOITATION.

INSTRUCTIONS
POUR LES AGENTS DU SERVICE ACTIF.

Gardes.
Cantonniers-Poseurs.
Machinistes et Chauffeurs.
Chefs de Train et Garde-Freins.
Chefs de Station et Sous-Chefs de Gare.

MARSEILLE.
TYP. ET LITH. MARLATIER-FEISSAT ET DÉMONCHY,
Place Royale, 7 A.
1853.


CHEMIN DE FER DU NORD.

INSTRUCTIONS SPÉCIALES
CONCERNANT LE SERVICE
DES
Mécaniciens et Chauffeurs

Décembre 1881.

LILLE,
IMPRIMERIE L. DANEL.
1. 10.82

Des dispositifs mécaniques de commande de proche en proche ont été essayés : l'effort nécessaire à l'application des sabots était créé grâce à un treuil et une sorte d'embrayage agissant sur un essieu (l'énergie nécessaire au freinage était donc prélevée sur l'énergie cinétique des masses en mouvement, disposition assez logique, l'énergie mécanique à disposition étant surabondante lorsqu'il s'agit d'effectuer un freinage). La commande des embrayages s'effectuait de proche en proche, par l'enfoncement des tampons ; il suffisait donc de freiner ou de libérer le frein du véhicule de tête pour qu'une action similaire s'établisse tout au long du train. Ce mode de transmission était efficace mais brutal et peu graduable et n'a jamais eu beaucoup d'extension.

Un mode de commande plus évolué aussi a été essayé, au début des applications de l'électricité, dans lequel un conducteur électrique installé sur les véhicules, actionnait, grâce à des électro-aimants, les embrayages mécaniques évoqués plus haut ; il s'agissait en quelque sorte d'un frein électromécanique utilisant l'énergie cinétique des véhicules pour l'application des sabots.

Ce n'est qu'à partir des années 1860-1870 que s'est développée une véritable télécommande du frein avec l'apparition de la technique pneumatique, qui possédait en outre, l'avantage de rassembler sur le fluide pneumatique les fonctions de commande du frein par variation de pression et d'exécution du freinage par la production d'un effort sur le piston d'un « cylindre de frein » appuyant les sabots de frein sur les roues par l'intermédiaire d'une timonerie.

LE FREIN PNEUMATIQUE UIC

Motifs de sa création :

Le premier frein pneumatique a été un frein direct qui avait l'avantage d'être continu puisqu'à partir d'une installation de production et de distribution d'air comprimé située sur la locomotive, on alimentait les cylindres de frein des véhicules directement à partir d'une conduite installée sous les véhicules et raccordée aux extrémités par des demi accouplements flexibles. Toutefois cette commande a été rapidement abandonnée car une avarie de la conduite de distribution (rupture d'attelage, éclatement de demi accouplement, etc…) entraînait la mise hors service du frein : le frein direct n'était pas automatique.

Afin de s'affranchir de cette sujétion tout en conservant les avantages de la technique pneumatique la commande du frein a été rendue indirecte, avec une application du frein lorsqu'intervient une baisse de pression dans la conduite pneumatique appelée « Conduite Générale (CG) ». Outre l'arrêt automatique du train en cas de fuites importantes accidentelles sur la conduite générale, cette commande permet également de mettre à la disposition des voyageurs un dispositif simple et sûr de provoquer l'arrêt automatique du train par mise à l'atmosphère de ladite conduite générale (signal d'alarme). Par contre, dans ce cas, l'équipement de frein du véhicule nécessite des organes supplémentaires, à savoir :

- Un réservoir dit auxiliaire qui permet d'emmagasiner, préalablement à toute manœuvre de serrage, une réserve d'air permettant l'alimentation du cylindre de frein, car la CG qui se vide durant le serrage n'a plus la possibilité de servir d'alimentation pendant cette séquence.
- Un « distributeur » (une « triple-valve » sur d'anciens véhicules) assurant les communications respectives entre les différentes capacités de l'équipement de frein.

Un tel frein pneumatique a été inventé par George Westinghouse en 1872 (création de la triple-valve). Par la suite un grand nombre d'administrations ferroviaires l'ont adopté et il est devenu le « frein UIC » admis en trafic international. Par la suite, et beaucoup plus tard, la triple-valve a laissé sa place à une technologie plus évoluée : le « distributeur ».

Principe du montage et des séquences de fonctionnement du frein UIC :

Tous les véhicules moteurs et remorqués possèdent un distributeur (ou une triple-valve), pièce maîtresse de l'équipement de frein. Il est relié à la CG, au réservoir auxiliaire, au cylindre de frein du véhicule sur lequel il est installé ainsi qu'à l'atmosphère. Par ailleurs, les robinets d'arrêt de la CG comportent un trou de fuite d'au moins 80 mm² qui, en cas de fermeture intempestive de l'un de ces robinets, met la partie à l'atmosphère, soit la partie de CG encore alimentée par la locomotive, soit la partie CG qui n'est plus alimentée.

La locomotive possède en plus un « Robinet du Mécanicien » relié à la CG, à une source d'air comprimé et à l'atmosphère.

Ce frein est :

- Continu : parce que l'intervention d'une seule personne : conducteur utilisant la commande du frein, agent de train ou voyageur actionnant le signal d'alarme, provoque la mise en action de tous les freins du train.
- Automatique : parce qu'il entre en action de lui-même lorsqu'il se produit une fuite à la conduite générale (CG).
- Modérable au serrage : (triple-valve, distributeur) parce qu'il est possible de graduer l'intensité du freinage en augmentant par paliers l'effort d'application des sabots (ou disques) sur les roues.
- Modérable au desserrage : (distributeur) car il est possible de réduire uniformément l'effort de freinage en effectuant des desserrages gradués.

Principes et définitions *(voir schéma page 30)* **:**

- Conduite générale (CG) : permet l'alimentation des différentes capacités du frein placées sur le véhicule lui-même et sur ceux qui le suivent. Les variations de pression dans cette conduite provoquent le fonctionnement du frein.

- Conduite dérivée et robinet d'isolement : assure la communication entre la CG et le distributeur (ou triple-valve) de frein. Dans certains équipements, cette conduite est située à l'intérieur d'un réservoir support. Le robinet d'isolement permet d'isoler les organes de frein du véhicule tout en laissant subsister la continuité de la CG.

- Vitesse de propagation : la vitesse de propagation est le quotient de la longueur de la conduite de frein du train déterminée, sans tenir compte des branchements, depuis le robinet du mécanicien jusqu'au robinet d'arrêt de queue, par le temps qui s'écoule entre le moment où le mécanicien met la poignée de son robinet à la position de serrage et celui où l'air commence à pénétrer dans le cylindre de frein du dernier véhicule (temps de propagation). La longueur maximale d'un train est actuellement de 750 m, locomotive inclue. Sur certains parcours désignés aux « Renseignements Techniques » (RT), la longueur des trains peut atteindre 850 m.

  En conséquence, le temps nécessaire pour que le freinage soit effectif sur tous les véhicules de la rame dépend directement de la vitesse de propagation.

  Plus celle-ci est élevée, plus ce temps est court, ce qui diminue les risques de réaction.

Pour les équipements anciens (triples-valves), cette vitesse est de l'ordre de 100 m/s alors qu'elle atteint 275 à 290 m/s pour les distributeurs modernes.

- Remplissage : le robinet du mécanicien via un détendeur alimente la CG à une pression de 5 bars. Les distributeurs mettent en communication la CG et les réservoirs auxiliaires (RA) afin de mettre en place la réserve d'air. Cette opération est indispensable avant le départ du train, elle correspond à l'armement du frein.

  Le temps de remplissage des capacités, réservoir auxiliaire (RA) ou réservoir de commande (RC), est égal à la durée de remplissage du réservoir, mesurée depuis le moment où l'air commence à pénétrer dans le réservoir et celui où la pression y atteint 4,8 bars.

  Le temps de remplissage des réservoirs auxiliaires des équipements à triples-valves est beaucoup plus court que celui des RA ou RC des distributeurs.

  A titre d'exemple, ce temps est de l'ordre de 80 secondes pour certaines triples-valves, alors qu'il peut atteindre 5 minutes environ pour les RC de certains distributeurs.

- Serrage : pour l'obtenir, il suffit de faire baisser la pression à la CG de façon plus ou moins prononcée, par l'intermédiaire du robinet du mécanicien en la mettant plus ou moins à l'atmosphère suivant l'intensité du freinage commandée. Sous l'effet de cette baisse de pression à la CG, les distributeurs se « désarment » ce qui a pour effet d'une part, d'interrompre la liaison de la CG avec le réservoir auxiliaire (conservation de la réserve d'air) et d'autre part, d'établir celle entre ce dernier et le cylindre de frein. La plage de modérabilité du frein se situe donc entre les pressions à la CG comprises entre 4,8 et 3,4 à 3,7 bars. Le conducteur graduera l'intensité de son freinage à partir de la pression qu'il commandera dans la CG entre les deux valeurs précitées.

  Le temps de serrage est égal à la durée de remplissage du cylindre de frein (CF) mesurée depuis le moment où l'air commence à pénétrer dans le cylindre et celui où la pression y atteint 95 % de sa valeur finale.

- Serrage à fond : le serrage à fond est celui qui correspond à la pression maximale au CF.

  Il est obtenu en provoquant dans la CG une dépression supérieure ou égale à 1,6 bar (triples-valves et distributeurs modernes) et à 2 bars pour les distributeurs JMR.

- Desserrage : après un serrage préalable où la pression à la CG a été portée à une valeur inférieure à 4,8 bars, le desserrage s'obtient par une augmentation de pression à la CG réalisée par le robinet du mécanicien qui met cette dernière en communication avec la source d'air comprimé. La correspondance des pressions au CF et à la CG est identique à celle du serrage, rendant ainsi le frein modérable au desserrage (cette fonction a été une amélioration notable apportée ultérieurement au frein d'origine de George Westinghouse dont la triple-valve ne permettait pas de modérabilité au desserrage).

  Le temps de desserrage est égal à la durée de vidange du CF mesurée depuis le moment où l'air commence à s'échapper du cylindre et celui où la pression y atteint la valeur de 0,4 bar.

Catégories de frein UIC :

L'UIC prévoit deux catégories de freinage qui se différencient par leurs temps de serrage et desserrage :

- Le frein « Voyageurs » dénommé « P » qui est destiné aux trains de voyageurs ou messageries. Il se caractérise par un temps de serrage entre 3 et 5 secondes et un temps de desserrage compris entre 15 et 20 secondes. Le temps de serrage correspond à la durée de remplissage du cylindre de frein depuis le début de son alimentation jusqu'à 95% de la pression maximale. Le temps de desserrage correspond à la durée de la vidange du même appareil comptée depuis le début du desserrage jusqu'à obtention d'une pression résiduelle de 0,4 bar.

- Le frein « Marchandises » dénommé « G » par l'UIC équipe les trains de marchandises. Par rapport au frein « P » les temps sont nettement plus allongés : celui du serrage entre 18 et 30 secondes et celui du desserrage entre 45 et 60 secondes.

Avantages et inconvénients du frein UIC :

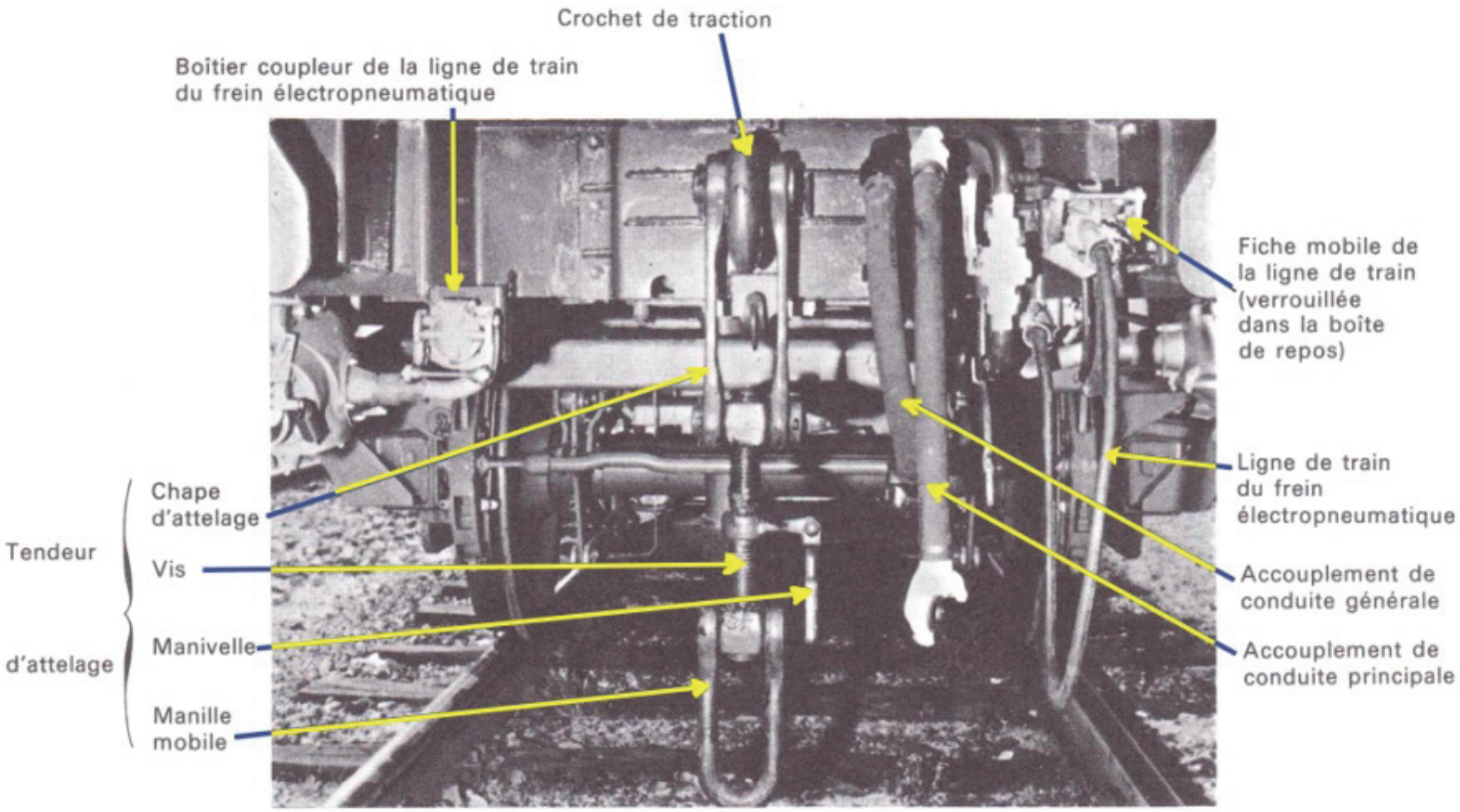
Son avantage principal est de présenter une très grande sécurité de fonctionnement due en particulier :

- A son principe même de commande indirecte.
- A l'utilisation d'une commande pneumatique renommée fiable.
- A la simplicité de sa réalisation attendue que les fonctions de commande et d'exécution sont assurées par une conduite unique.

L'inconvénient de ce système est de ne pas permettre dans les phases transitoires d'établissement et de relâchement du freinage, une simultanéité de commande des freins entre la tête et la queue des trains lorsque la CG atteint une certaine longueur, car deux phénomènes physiques inhérents à la commande pneumatique conjuguent leurs effets pour que les variations de pression à la CG commandées en tête par le robinet du mécanicien ne se répercutent pas instantanément en queue de la rame :

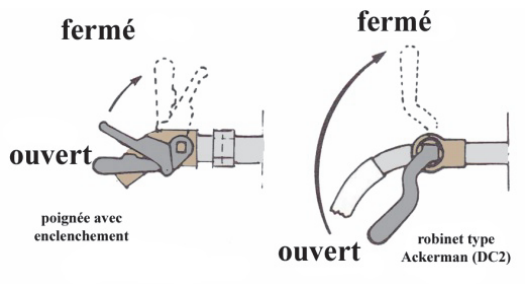
- La propagation d'une onde de variation de pression dans la CG s'effectue à une vitesse relativement basse (cette valeur est une vitesse effective qui inclut le temps propre de propagation de l'onde et celui de réponse du distributeur, c'est pourquoi elle est inférieure à la vitesse du son) pour les distributeurs modernes, l'UIC fixe un minimum de 250 m/s. Lors d'un serrage du frein, le début d'alimentation du cylindre de frein du dernier véhicule interviendra plus de 4 secondes après la manœuvre de serrage alors que le premier véhicule aura été alimenté presque instantanément.

- Ensuite, lorsque l'on crée des variations de pression par le robinet du mécanicien, les transferts d'air comprimé de la tête à la queue ou inversement demandent un certain temps du fait du débit relativement limité de la CG dont le diamètre intérieur est de 26 mm pour les voitures ou 34 mm pour les wagons.

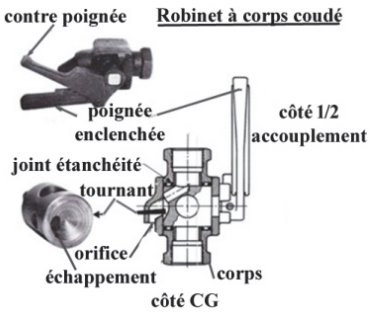


Attelage et liaisons servant au fonctionnement du frein

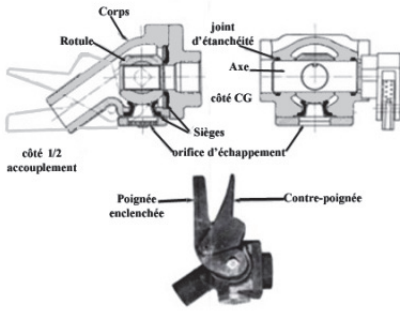
Robinets d'arrêt :



Robinets d'arrêt



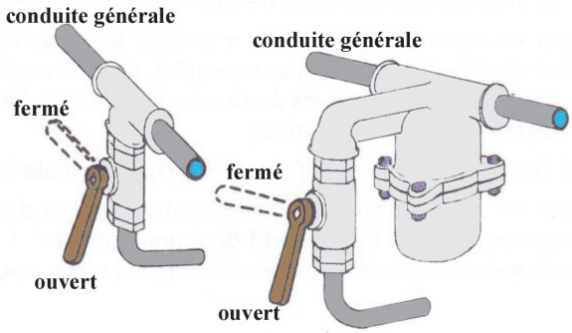
Robinet d'arrêt type AUXIM



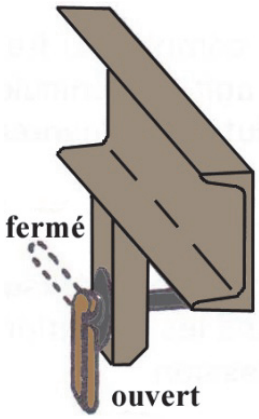
Robinet d'arrêt Westinghouse type « J »

Robinets d'isolement :

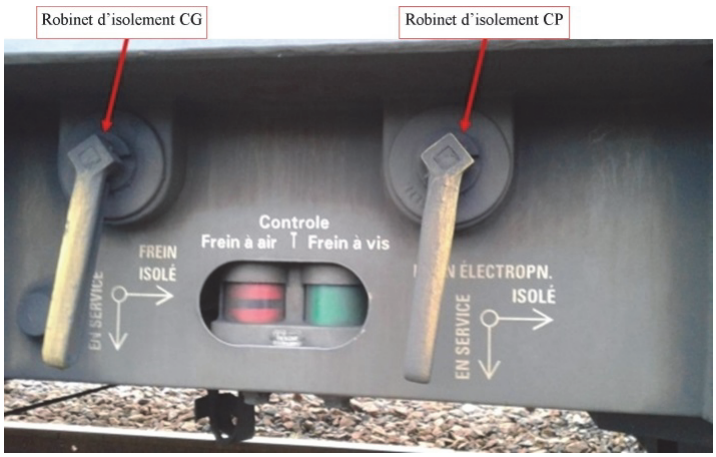
La conduite dérivée assure la communication entre la CG et le distributeur de frein. Le robinet d'isolement permet d'isoler les organes de frein du véhicule tout en laissant subsister la continuité de la CG. Ce robinet peut comporter une commande à distance. La poignée du robinet de la commande à distance est dirigée verticalement vers le bas quand le frein est en service.



Commande sous chassis

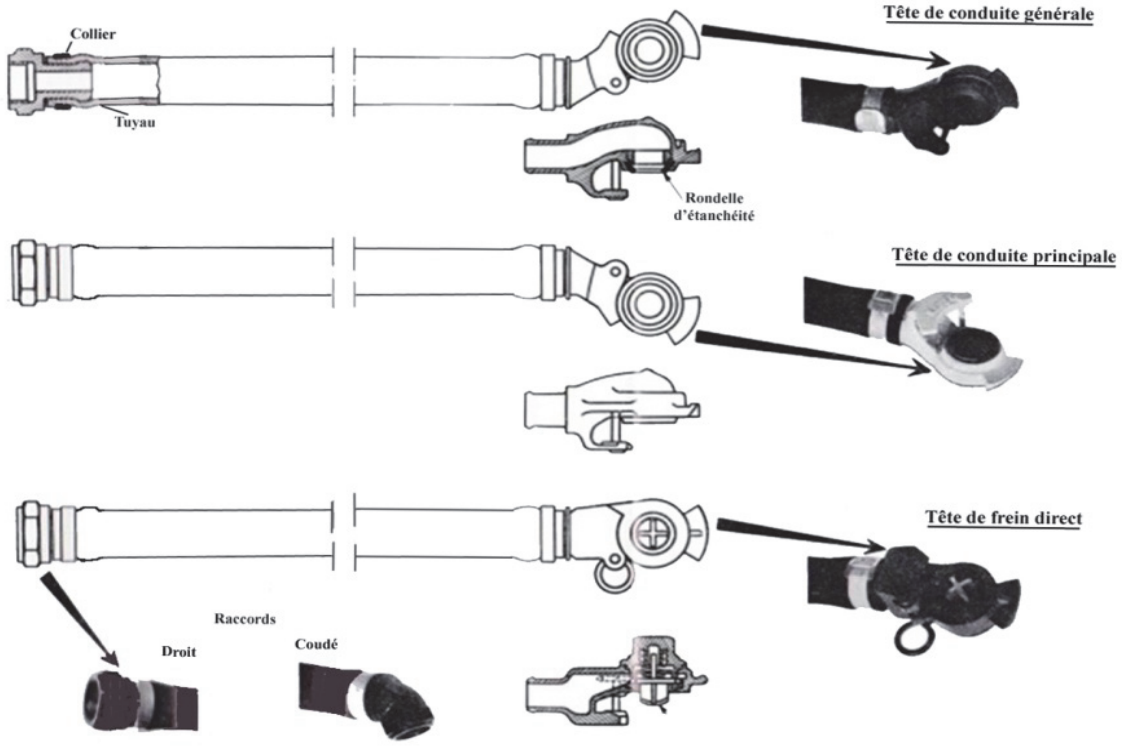


Commande à distance



Lorsqu'il est en position de fermeture (position horizontale) le robinet d'isolement par l'intermédiaire d'un trou de fuite, met la partie de la CG dérivée, située entre le robinet d'isolement et le distributeur, à l'atmosphère.

Demi-accouplements :



Couleur des têtes de demi-accouplement :

CG : tête noire

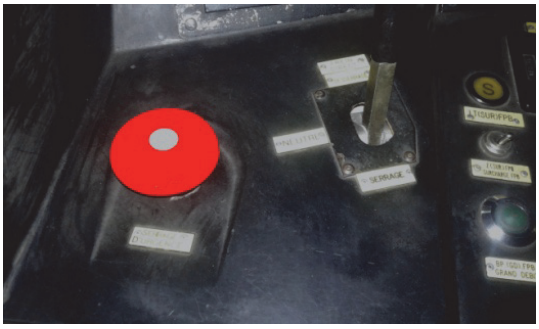
CP : tête blanche

Robinets ou boutons poussoirs d'urgence :

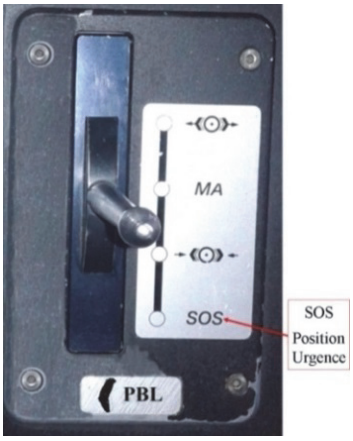
En dehors de la possibilité d'effectuer un freinage d'urgence avec un robinet du mécanicien type H7A en plaçant la poignée de commande en position « Serrage d'urgence », position VI, ainsi que certains robinets à commande électrique, toutes les cabines de conduite sont équipées d'un ou de deux robinets, (ou d'un ou de deux boutons poussoirs) d'urgence. Ces robinets (ou boutons poussoirs) agissent directement sur la CG en la mettant à l'atmosphère par une section de passage équivalente à un orifice de 25 mm de diamètre. Sur les robinets à commande électrique type PBL, le fait enfoncer le bouton poussoir « BP URG » situé à gauche du pupitre alimente, par un contact électrique, l'électrovalve « Neutre » empêchant ainsi l'alimentation en air de la CG.

Les fourgons, les voitures à compartiment-fourgon comportent également un robinet d'urgence relié à la CG.

Robinet d'urgence



Bouton pousoir d'urgence du type « Coup de poing »



Robinet à commande électrique sur TGV

Dispositifs d'intercommunication (signal d'alarme) :

- Principe de fonctionnement :

  Les véhicules à voyageurs sont équipés d'un système alarme qui agit par mise à l'atmosphère de la CG du train (freinage d'urgence).

  Ce dispositif comprend, par caisse :

  * Des boîtes d'appel dont le nombre et la répartition sont déterminés, en fonction de l'aménagement du véhicule, pour respecter les prescriptions du code UIC.

  * Une valve d'échappement de la CG commandée par les boîtes d'appel.

  Remplissage de la CG qui alimente :

  * La chambre (A) de la valve d'échappement, la chambre (B) de cette valve et la conduite des boîtes d'appel, à travers l'orifice calibré (O).

  * La surface du piston (P), le diamètre de l'orifice calibré (O) et la tension du ressort (R) sont tels que le clapet reste appliqué sur son siège.

  En ligne (figure de gauche *figure page 12*) :

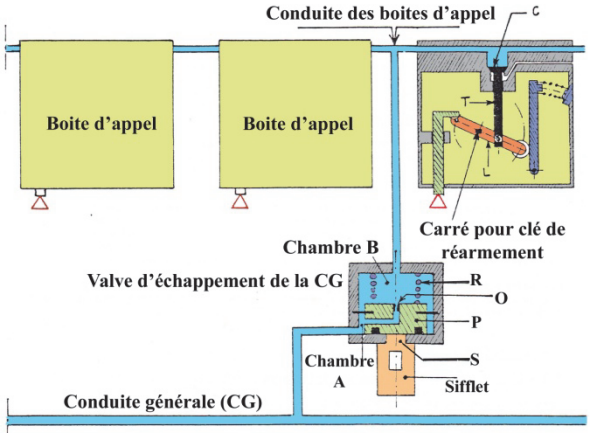
  Les variations de pression dans la CG sont répercutées dans la conduite des boîtes d'appel avec un léger décalage dû à l'orifice calibré (O). Le clapet de la valve d'échappement reste appliqué sur son siège. Lorsque la pression est stabilisée dans la CG les pressions dans les chambres (A) et (B) de la valve d'échappement sont égales.

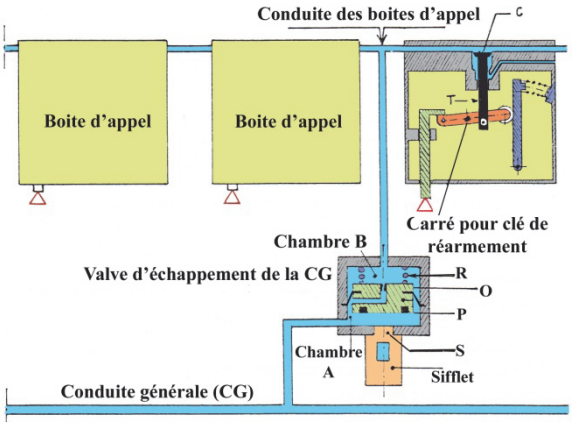
  Manœuvre d'un signal d'alarme (figure de droite *figure page 12*) :

  En tirant sur la poignée d'une boîte d'appel, on provoque par l'intermédiaire d'un levier (L) la levée d'une tige (T) et l'ouverture d'un clapet (C). La conduite des boîtes d'appel est mise à l'atmosphère et la pression diminue rapidement dans cette conduite.

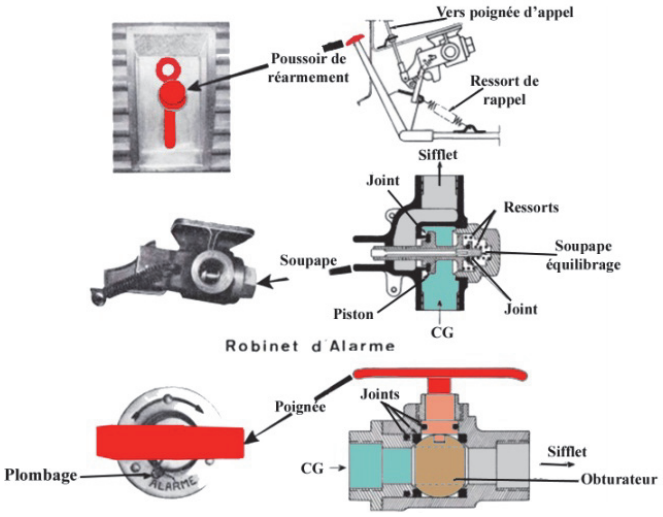
  Le déséquilibre des pressions dans les chambres (A) et (B) de la valve d'échappement provoque la levée du piston/clapet (P) et l'échappement de la CG par un orifice de grande section (S) ce qui entraîne le serrage à fond des freins. Un sifflet placé sur l'échappement permet de localiser auditivement le véhicule où l'alarme a été déclenchée.

  Les boîtes d'appel ne peuvent être réarmées (fermeture du clapet (C)) qu'à l'aide d'une clef spéciale dont est doté le personnel (clef à carré femelle dite « clef de Berne »).



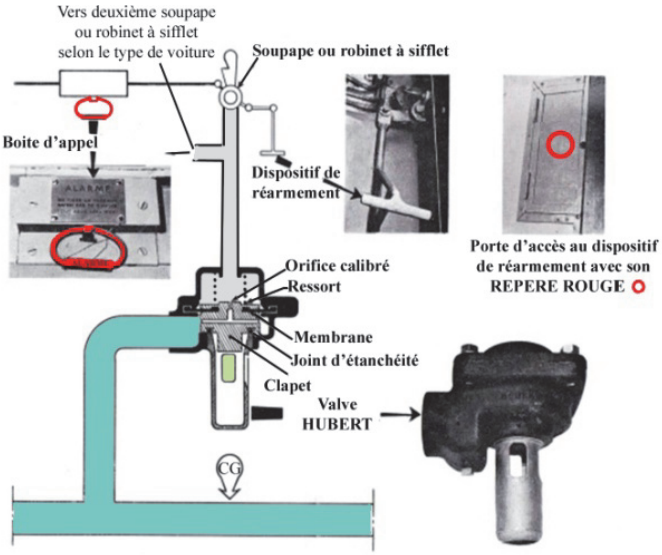


Autres types de signaux d'alarme :



Dispositif d'intercommunication type DEV.

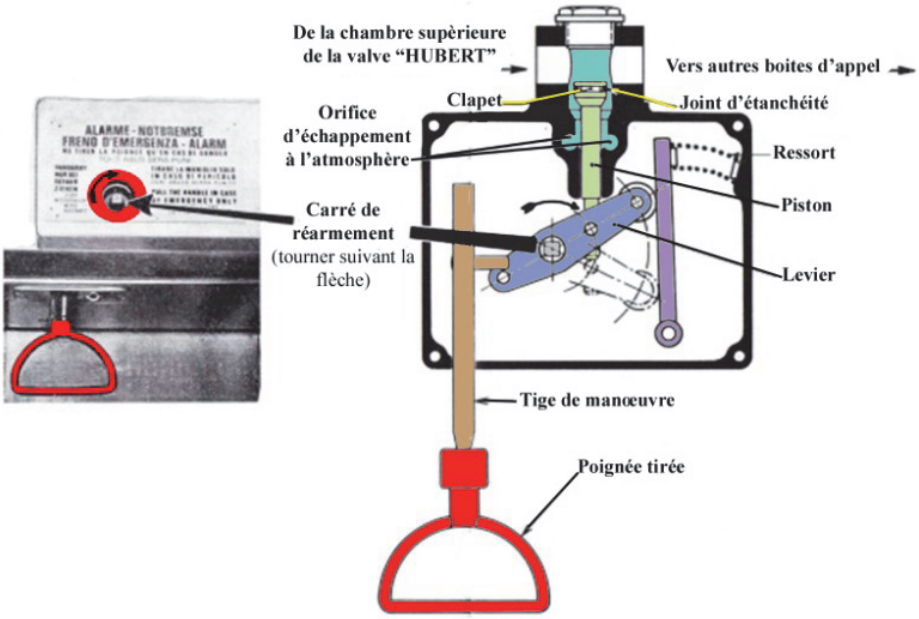
Le réarmement s'obtient en actionnant de haut en bas un poussoir disposé à l'extérieur, sur le côté de la voiture. Cette manœuvre provoque également la remise en place de la poignée qui a été tirée.



Dispositif d'intercommunication pneumatique avec valve Hubert.

La soupape ou le robinet à sifflet provoque la mise en action de la valve Hubert par vidange de sa chambre supérieure. L'air contenu dans cette capacité de volume réduit s'échappe à l'atmosphère, par le sifflet, qui ne fonctionne que pendant un temps très court. La membrane permet au clapet de se soulever lorsque la soupape ou le robinet à sifflet est actionné. En effet, le débit du robinet ou de la soupape à sifflet, qui est supérieur à celui de l'orifice calibré, produit un déséquilibre de pression de part et d'autre de la membrane entraînant ainsi la levée du clapet.

Le dispositif de réarmement permet d'obtenir la fermeture de la soupape ou du robinet qui a été actionné par la poignée d'appel. Cette manœuvre provoque également la remise en place de la poignée qui a été tirée.



Dispositif d'intercommunication. Boîte d'appel pneumatique type Westinghouse.

Le réarmement est obtenu en agissant sur le carré de la boîte d'appel dans le sens de la flèche, soit de gauche à droite. Cette manœuvre provoque la rotation du levier : le piston s'abaisse et le clapet repose sur son siège. L'étanchéité est obtenue à l'aide d'un joint.

Signal d'Alarme sur les TGV PSE avec Frein Inhibable (SAFI) :

Sur les rames équipées du SAFI le conducteur constate lorsqu'un signal d'alarme est tiré, (ou qu'une commande d'ouverture de secours des portes a été actionnée) :

- L'allumage en cabine de la lampe « alarme » au pictogramme ainsi qu'au boîtier de commande radio-interphonie-sonorisation.
- L'allumage fixe de la lampe locale « alarme » LT(AL). Cette lampe est située sur la plate-forme de chaque remorque.
- L'allumage de la lampe incorporée dans le bouton poussoir BP(A)LT(AL) placé dans l'armoire de l'appareillage électrique situé sur la plate-forme.
- L'émission continue de tops sonores.
- Une dépression dans la CG.
- L'émission simultanée de 5 tops sonores.
- Au démarrage d'un établissement : arrêt immédiat.
- En ligne : confirmer le freinage, interrompre l'émission des tops sonores, recevoir si possible, par interphone une information de l'agent d'accompagnement. Le conducteur peut reprendre la main sur le freinage et choisir une zone pour s'arrêter ne présentant pas de sujétion (viaduc, tunnel,…), facilitant ainsi une intervention suivant la nature de l'incident.
- Après avoir appliqué les prescriptions réglementaires, si le conducteur doit le réarmer :
  * Immobiliser le train.
  * Réarmer le signal d'alarme ou (éventuellement) la poignée d'ouverture de secours des portes d'accès.
  * Vérifier que la deuxième poignée d'alarme située sur la remorque intéressée n'a pas été actionnée.
  * Appuyer sur le bouton-poussoir PB(A)LT(AL) de la remorque en cause.
  * Vérifier l'extinction de la lampe BP(A)LT(AL) et de la lampe « alarme »LT(AL).

Signal d'alarme sur les autres types de TGV:

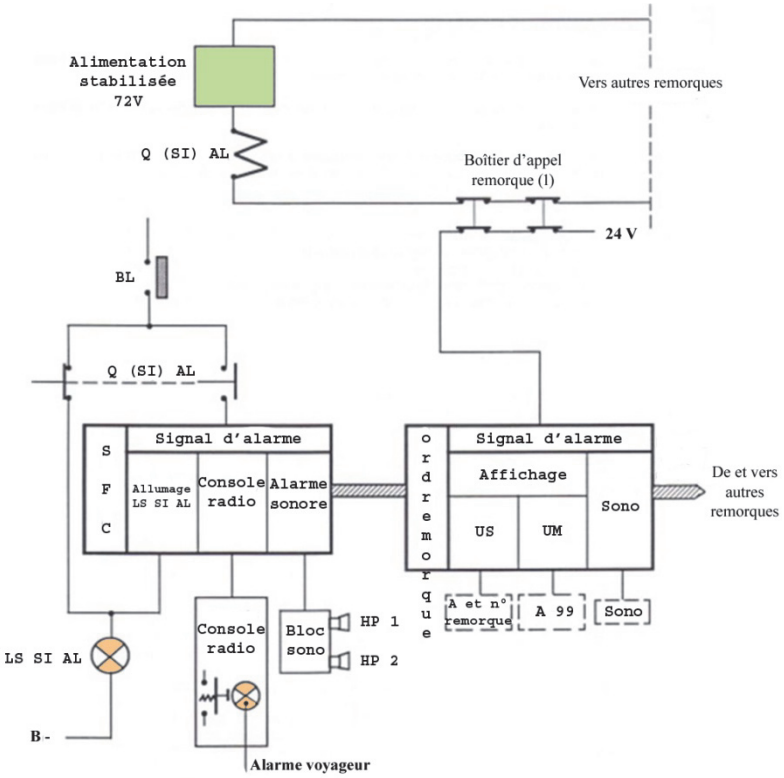
Un signal d'alarme tiré provoque dans la cabine de conduite en service :

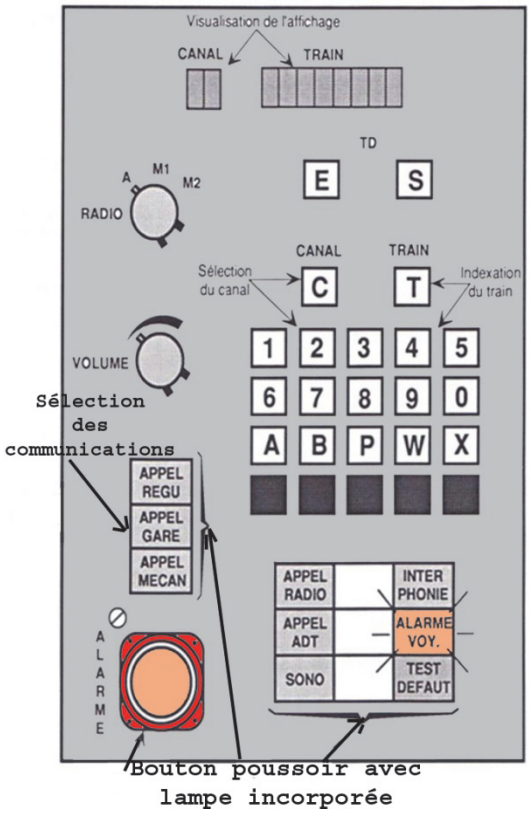
- L'allumage de la lampe « alarme » au pupitre.
- L'émission de 5 tops sonores sur un premier haut-parleur (par coupure d'une boucle de sécurité parcourant tout l'élément).
- L'émission simultanée d'autres tops sonores de manière continue, sur un second haut-parleur (par la transmission multiplexée).
- Une dépression CG pour les rames équipées du SAFI.
- Le clignotement du bouton « alarme » du boîtier de commande radio TD (Transmission de Données).
- Au démarrage d'un établissement : arrêt immédiat.
- En ligne : confirmer le freinage, interrompre l'émission des tops sonores, recevoir si possible, par interphone une information de l'agent d'accompagnement. Le conducteur peut reprendre la main sur le freinage et choisir une zone pour s'arrêter ne présentant pas de sujétion (viaduc, tunnel,…), facilitant ainsi une intervention suivant la nature de l'incident.
- L'inscription de l'information sur la console après appui sur la touche « J » du SIAC (**S**ystème **I**nformatique d'**A**ide à la **C**onduite), pour localiser le signal d'alarme, si le conducteur doit le réarmer :
  . Immobiliser le train.
  . Réarmer le dispositif à la clef de Berne à proximité de la poignée utilisée (le réarmement de la poignée d'ouverture des portes est automatique).
  . Vérifier sur l'afficheur défaut de la remorque qu'aucun autre signal d'alarme n'a été mis en action ou qu'aucune autre poignée d'ouverture manuelle de secours des portes n'a été manœuvrée.

Dans toutes les remorques : la diffusion du signal « appel contrôleur pour alarme » pendant 25 secondes.

L'apparition sur l'afficheur défaut de la remorque dans laquelle le contrôleur se trouve des symboles :

- Soit A99 si le signal d'alarme est tiré sur l'autre élément en unité multiple (UM).
- Soit A complété du numéro de la remorque dans les autres cas.





Boîtier de commande radio

Emplacement des dispositifs de réenclenchement des signaux d'alarme et des dispositifs d'isolement du frein sur les voitures :

Affichette apposée sur la face extérieure de la Porte du placard « éclairage » et sur la plateforme opposée

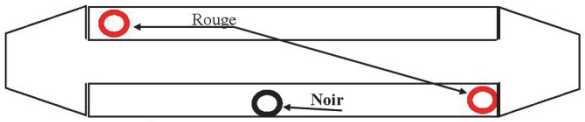
Rouge — Noir

Rappel ALARME		Isolement FREIN
Voir schéma à l'intérieur du placard éclairage	Siehe Schema im Inneren des Schrankes Brieuchtung	Vedere esquema al interno dal armado illuminazione

Affichette apposée sur la face intérieure de la porte du placard « éclairage ».

VOITURE A COULOIR CENTRAL

Rappel ALARME
Isolement FREIN



Le ou les repères rouges indiquent l'emplacement du ou des dispositifs de réenclenchement du signal d'alarme. Le repère noir indique l'emplacement de la commande du robinet d'isolement	Das order die roten Merkzeichen geben die Stella der Wiedereinschaltungsv orrichtung der Notoremse an Das Sxhwarze Merkzeichein gibt die Bedienungsstelle des Absperrehahns an.	Lo o le centrassegni –rossi indicano la posizione dei dispositivi di reinserzionz del segnale d'allarme. La contrassegno nero indica la posizione dallo comando del rubinetto d'isolamento

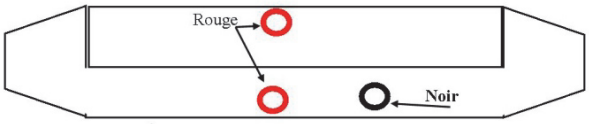
Rouge — Noir

Rappel ALARME		Isolement FREIN
Voir schéma à l'intérieur du placard éclairage dans le couloir	Siehe Schema im Inneren des Schrankes Brieuchtung in Wagengang	Vedere esquema al interno dal armando illuminazione nel corridoio

Affichette apposée sur la face intérieure de la porte du placard « éclairage ».

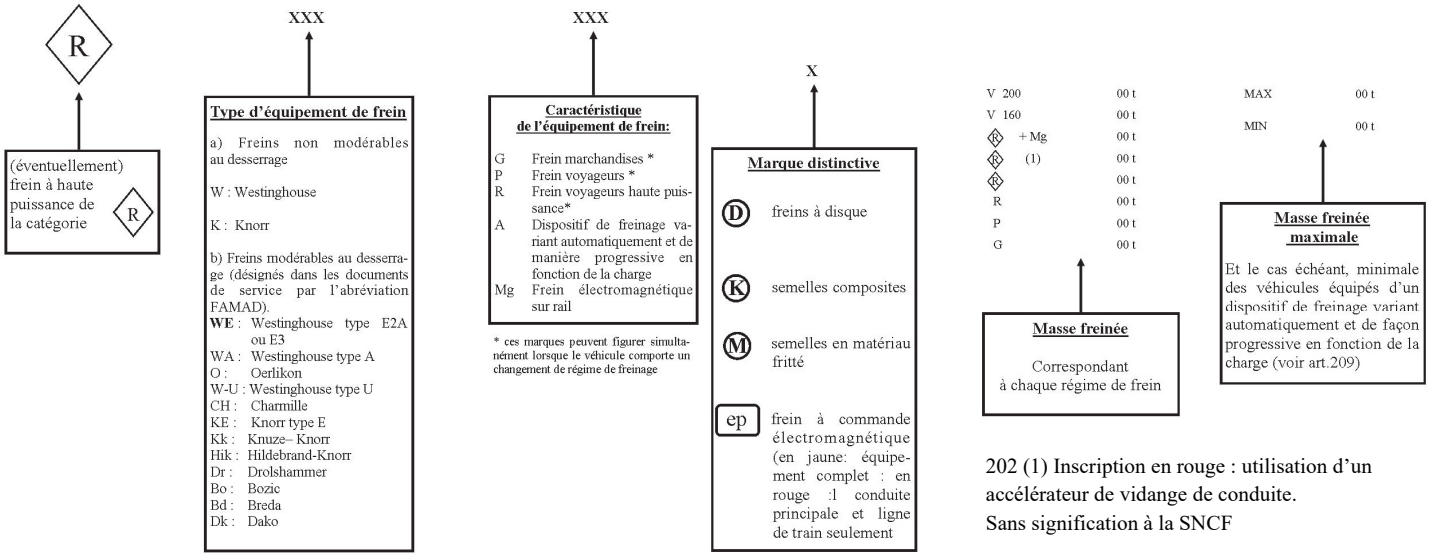
VOITURE A COULOIR LATERAL

Rappel ALARME
Isolement FREIN



Le ou les repères rouges indiquent l'emplacement du ou des dispositifs de réenclenchement du signal d'alarme. Le repère noir indique l'emplacement de la commande du robinet d'isolement	Das order die roten Merkzeichen geben die Stelle der Wiedereinschaltungsv orrichtung der Notoremse an Das Schwarze Merkzeichein gibt die Bedienungsstelle des Absperrehahns an.	Lo o le centrassegni –rossi indicano la posizione dei dispositivi di reinserzionz del segnale d'allarme. La contrassegno nero indica la posizione dallo comando del rubinetto d'isolamento

Marques distinctives de l'équipement de frein sur le parc « voyageurs » (voitures et fourgons) :



202 (1) Inscription en rouge : utilisation d'un accélérateur de vidange de conduite.
Sans signification à la SNCF

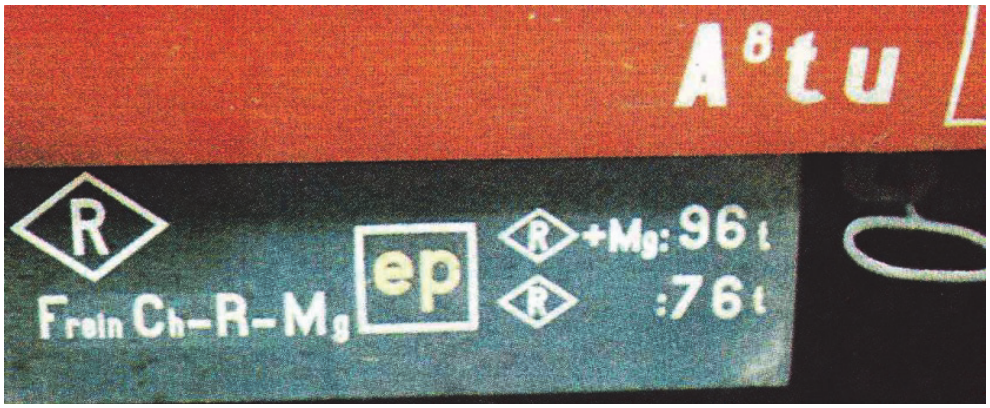
Dispositif de freins à haute puissance :

Les freins de la catégorie (R) à un seul étage de pression sont soit :

- Des freins à disques. Les véhicules qui en sont équipés sont porteurs de la marque (D) et de la marque (R).
- Des freins à semelles de frein en matière composite. Les véhicules qui en sont équipés sont porteurs de la marque (K) et de la marque (R).
- Des freins à semelles de frein en matériau fritté. Les véhicules qui en sont équipés sont porteurs de la marque (M) et de la marque (R).

Les freins de la catégorie (R) à deux étages de pression sont équipés de freins à sabots en fonte. Les véhicules qui en sont équipés sont porteurs de la seule marque (R).

Exemple sur une voiture pouvant circuler à 200 km/h :



Cette voiture est équipée du frein haute puissance de la catégorie :
-Du distributeur Charmilles – Frein voyageurs haute puissance (R) – Du frein électromagnétique.
-Du frein à commande électropneumatique EP.

-Masse freinée à prendre en compte : haute puissance (R) + frein électromagnétique Mg => 96 tonnes.

haute puissance (R) seule => 76 tonnes.

Conduite blanche :

Les wagons ne comportant que la CG portent, sur leurs montants d'angle, une bande blanche caractéristique de cet équipement.

POURCENTAGES DE MASSE FREINEE EXIGES

Voitures voyageurs et matériels assimilés :

Pour les voitures voyageurs, le pourcentage de masse freinée minimal (calculé par rapport à la tare) à respecter en fonction de la vitesse est le suivant :

- Pour V = 120 km/h : 105 %
- Pour V = 140 km/h : 110%
- Pour V ≥ 150 km/h : 150 à 160%

Les voitures modernes des rapides sont freinées au régime ◇R◇ qui implique un pourcentage de 150 à 170% à vide et >135 % en charge. Les voitures aptes à 200 km/h ont des pourcentages plus élevés (par exemple : 188 % à vide à 180 km/h).

Les voitures de moindres performances peuvent être freinées aux régimes P (105 à 120 %) ou R (121 à 149 %).

Les wagons :

Les pourcentages minima de masse freinée que l'on exige sont en principe les suivant :

- En régime « voyageurs »
  . Régime /S/ 65 % (70 % pour les véhicules munis d'un dispositif autovariable en fonction de la charge).
  . Régime /SS/ (120 km/h) 40 à 60 % suivant les types de wagons.

Distance d'arrêt pour le matériel voyageur :

Formule de M. Pedelucq :

$$L = \frac{\boldsymbol{\varphi} V^2}{1{,}09375\lambda + 0{,}127 - 0{,}235\, i\varphi}$$

L : distance d'arrêt. **λ** : pourcentage de masse freinée. **V** : vitesse. **i** : déclivité réelle en mm/m.

Les valeurs du coefficient **φ** pour le matériel équipé de semelles fonte, varient en fonction de la vitesse comme indiqué dans le tableau suivant :

V en Km/h	φ
70 et 71	0,061
72 à 76	0,062
77 à 88	0,063
89 à 98	0,064
99 à 104	0,065
105 à 109	0,066
110 à 112	0,067
113 à 116	0,068
117 à 119	0,069
120 à 123	0,070
124 à 126	0,071
127 à 133	0,072
134 à 140	0,073
150	0,0742
160	0,0755
170	0,0775
180	0,0790
190	0,0810
200	0,0830

Sur les matériels à très grande vitesse, il est nécessaire d'installer plusieurs systèmes de freinage, chacun ayant une efficacité optimale dans une gamme de vitesse déterminée. L'aspect calcul des performances doit lui aussi suivre l'évolution : on est trop loin du mode de freinage et des vitesses sur lesquels M. Pedelucq a basé sa formule expérimentale pour que celle-ci soit encore utilisable.

En outre, l'interdépendance plus serrée que jamais entre signalisation et freinage pour les très grandes vitesses nécessite de connaître les performances pour différentes configurations des modes de freinage et leur utilisation (urgence, service). C'est la raison et l'objet d'une méthode de calcul sur ordinateur. Ce programme de calcul donne, connaissant notamment les courbes efforts retardateurs en fonction de la vitesse pour chaque type de freinage, plusieurs résultats : distance parcourue, vitesse atteinte, décélération, résistance à l'avancement, adhérence….

<u>Distance d'arrêt pour le matériel marchandises :</u>

Eu égard à la composition très variable des trains de marchandises, on conçoit que les formules les concernant soient peu précises.

<u>Formule de Maison (1910) :</u>

$$L = \frac{4{,}24\ V^2}{(\lambda\ \times f1\ \times 10^3 - i + 3) + (6\ \times 10^{-4})\ V^2}$$

Avec f1 = coefficient de frottement des roues enrayées.

= 0,10 si i < 15

= 0,10 – 1,33 × 10^{-3} $(i - 15)$ si i > 15

i = déclivité (en mm/m, + pour pente, - pour rampe).

<u>Formule de Sauthoff (1961) :</u>

Cette formule donne des résultats beaucoup plus près de la réalité que celle de Maison tout en étant pessimiste pour le matériel moderne.

$$L = \frac{4{,}24\ V^2}{5{,}1\ \Psi\ \sqrt{\lambda r - 5 \pm Ir}}$$

Avec **Ψ** = f (V) ex : V = 40 Km/h → Ψ = 0,85

V = 80 Km/h → Ψ = 1,02

λr = % de masse freinée à utiliser dans le calcul = **λ**.Ce

Ce = coefficient f (nombre d'essieux) ex : 40 – 80 essieux → Ce = 1,06

100 – 120 essieux → Ce = 0,95

Ir = déclivité à utiliser dans le calcul = i × Cï

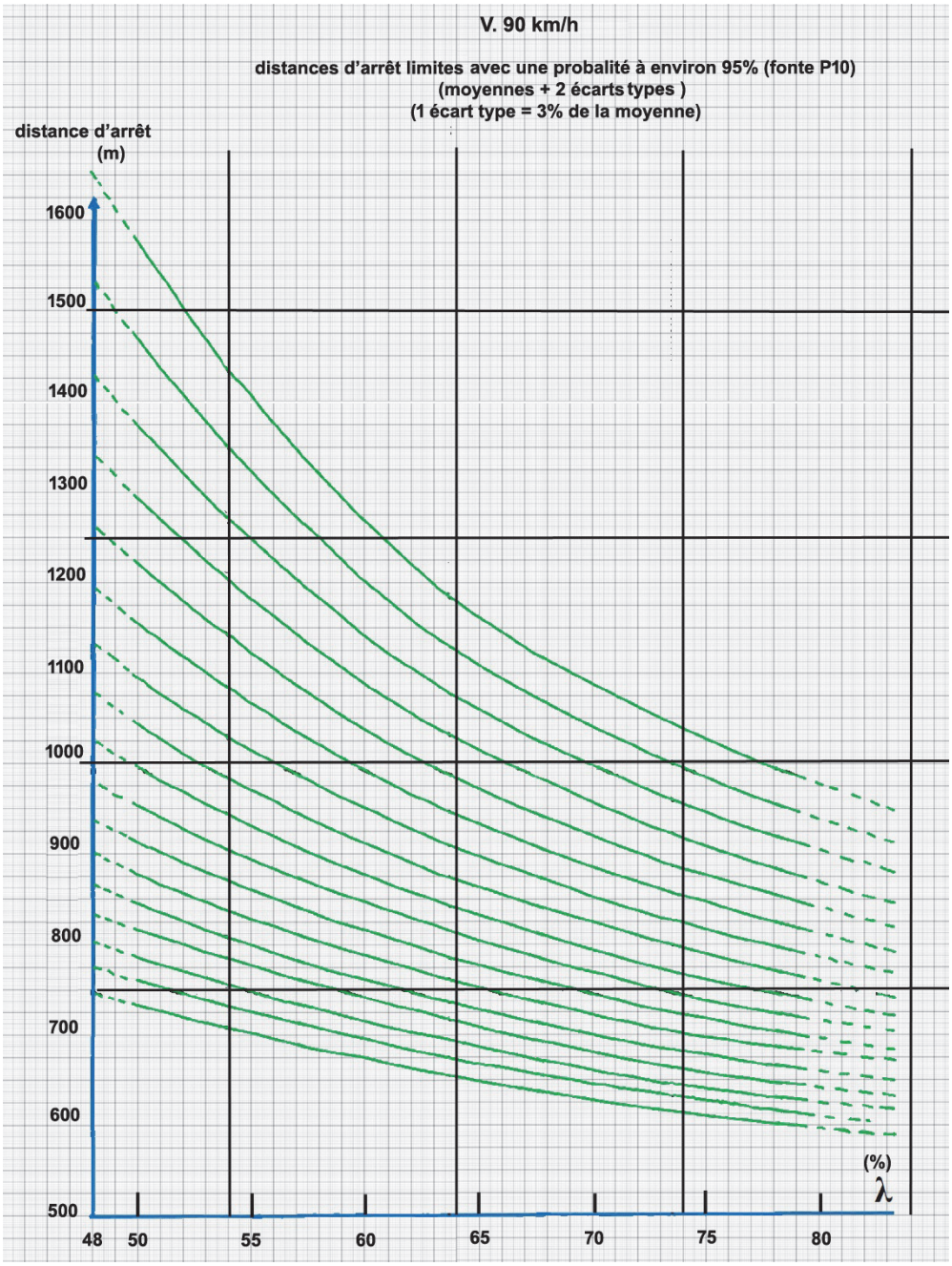
i = déclivité réelle en mm/m

Cï = coefficient ex : V = 40 km/h Cï = 0,66

V = 80 km/h Cï = 0,74

Limite d'utilisation de la formule : 40 % < **λ**< 90 %

40 % < v < 100 km/h



La SNCF a établi à partir d'essais, des courbes plus précises donnant pour chaque vitesse, la distance d'arrêt du train en fonction de son λ avec la pente comme paramètre.

Pour les trains de marchandises, et pour les types de semelles les plus couramment utilisées, des abaques ont été réalisées à partir d'essais afin de pouvoir déterminer, en fonction notamment du train (somme des wagons) et de la déclivité, la distance d'arrêt pour chaque vitesse limite type (90 km/h, 100 km/h, 120 km/h). La fiche UIC 544-1 donne ensuite les corrections à apporter pour tenir compte de la longueur du train par rapport au train de référence, pour un frein à commande pneumatique.

Variation de la masse freinée en fonction de la vitesse :

La formule de Pedelucq qui est l'expression mathématique de la famille de courbes, l'a été déterminée expérimentalement pour des matériels freinés exclusivement avec des semelles en fonte, la masse freinée étant par définition une constante indépendante de la vitesse bien que la décélération moyenne diminue quand la vitesse initiale du freinage augmente.

Il n'en est pas de même pour des matériels comportant un équipement de freinage faisant appel à des matériaux de frottement organiques ou équipés d'un frein dynamique ; dans ce cas, la masse freinée augmente avec la vitesse car la décélération moyenne reste pratiquement constante.

La masse freinée des engins freinés avec d'autres moyens que les sabots en fonte devrait donc, en principe, être définie non seulement à la vitesse de 120 km/h qui est la vitesse conventionnelle imposée par l'UIC, mais aussi à des vitesses plus élevées (160, 200…. km/h).

Les locomotives :

Les locomotives, du fait de leur masse élevée, sont difficiles à freiner et le pourcentage de masse freinée appelé coefficient λ est en général bien inférieur à celui des voitures qu'elles remorquent.

Le cas ces BB 22200 est donné ci-dessous à titre d'exemple :

Régime de freinage	Vitesse (Km/h)	Masse freinée (tonnes)	λ (%)
V + E	160	107	119
V	120	66	73
M		65	72

Tare = 90 t

Coefficient d'inertie des masses tournantes = 1,16

E = freinage électrique

V = frein pneumatique voyageurs

M = frein pneumatique marchandises

L'idéal, en particulier pour les vitesses de l'ordre de 200 km/h serait d'obtenir pour la locomotive le même λ que celui de la rame remorquée.

LE PROBLEME DE L'ADHERENCE EN FREINAGE :

Le freinage sur les essieux étant tributaire de la réaction du rail, il est nécessaire, lorsqu'on effectue une forte décélération en adhérence dégradée, que l'effort retardateur soit à chaque instant dosé avec précision en fonction de l'adhérence disponible. En l'absence de cette régulation, on provoquerait un glissement excessif des roues, puis l'enrayage avec les dégradations que cela implique et souvent une baisse d'efficacité du freinage. Avec une régulation trop simpliste, on risque des allongements d'arrêt prohibitifs de nature à compromette la sécurité.

Les anti-enrayeurs (AE) modernes permettent d'adapter finement l'effort de freinage à l'adhérence disponible et même de régénérer cette adhérence. Il s'agit d'un phénomène difficile à appréhender du fait de sa nature aléatoire.

Etat macrogéométrique des surfaces roue et rail en contact :

L'état de surface des roues dépend essentiellement du type de freinage du véhicule : disques seuls, semelles en fonte, semelles en métal fritté, semelles composites.

Pollution du rail :

Les distances d'arrêt très différentes suivant les jours. Il faut donc admettre qu'une pollution naturelle des rails plus ou moins importante superpose son effet à celui de la solution détergente. Ainsi, on a constaté lors d'essais effectués avec des solutions identiques de détergent que l'adhérence était en fonction de l'état hygrométrique de l'air suivant une loi non linéaire qu'il est difficile de préciser. L'humidité provoque probablement une pollution des rails par transport de composés tels que le SO^2 (dioxyde de soufre) qui réduise le coefficient d'adhérence.

Conditions atmosphériques :

Il est bien connu que le brouillard et le crachin détériorent l'adhérence plus qu'une pluie abondante qui lave quelque peu les rails.

Vitesse :

L'adhérence décroît lorsque la vitesse augmente, probablement à cause des accélérations verticales qui délestent partiellement et périodiquement les roues. Par contre l'influence du lacet semble devoir être écartée.

Charge verticale de la roue :

D'après la théorie de Kalker, établie pour le pseudo-glissement, l'adhérence baisse lorsque la charge augmente. Sur rail mouillé, cette adhérence baisse d'environ de 5 % quand la charge par essieu augmente de 1 tonne.

Dimensions de l'ellipse de contact roue/rail :

Le coefficient dépend entre autre des dimensions de l'ellipse de contact et à ce titre et conformément à la théorie de Hertz, des rayons de courbure de la roue et du rail dans les plans longitudinaux et transversaux. L'adhérence serait influencée par : le rayon de la roue, le rayon de courbure du profil transversal de la table de roulement et par le rayon de courbure du champignon du rail.

Cabrage de caisse et cabrage de bogie :

Ces cabrages peuvent modifier la répartition des charges sur les essieux. Ainsi sur une voiture, il se produit en freinage :

- Une surcharge du bogie avant et une décharge du bogie arrière dues à l'inertie longitudinale de la caisse.
- Sur chaque bogie, une surcharge de l'essieu avant et une décharge de l'essieu arrière dues au couple de freinage.
- Sur chaque bogie, une légère surcharge de l'essieu avant et une légère décharge de l'essieu arrière dues à l'inertie longitudinale du châssis de bogie.

En fait, on observe bien une tendance plus marquée au glissement sur les essieux 2 et 4 dans le sens de la marche, lesquels sont affectés par les décharges.

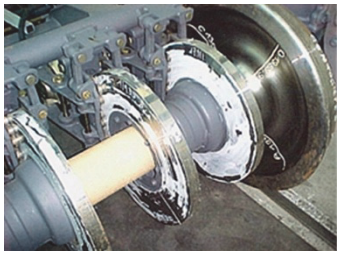
COMPORTEMENT DES DIFFERENTS TYPES DE FREIN A L'EGARD DE L'ADHERENCE :

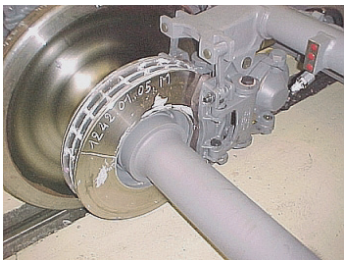
L'adhérence est fonction, en particulier, de l'état de surface de la roue, lequel dépend du type de frein utilisé. Les semelles en fonte provoquent un dépolissage bénéfique ; l'absence de semelle en fonte (cas du freinage par disques seuls) conduit à un certain poli de la roue. La présence de semelles composites provoque un polissage encore plus prononcé et nuisible.

L'état de surface des roues qui exerce une certaine influence sur le bruit de roulement d'une voiture, a pu être caractérisé par la mesure du bruit. Le freinage avec disques seuls permet de gagner 5 à 8 dB au niveau du bogie, par rapport au freinage combiné (disques + semelles en fonte). Le freinage par semelles composites permet encore un léger gain par rapport au freinage avec disques seuls.

On peut admettre qu'en l'absence d'anti-enrayeur (AE), l'adhérence utilisable aux vitesses usuelles est d'environ 9 % pour un frein à disques seuls, de 11 à 12 % pour les semelles fonte et seulement de 7 à 8 % pour les semelles composites.

Cela explique que s'il est possible dans de nombreux cas de ne pas utiliser l'AE avec les semelles fonte, par contre, son absence sur du matériel freiné à semelles composites ou à disques seuls peut entraîner la formation de méplats. A ce titre, les roues freinées avec semelles en fonte étant normalement dépolies, peuvent s'accommoder le cas échéant d'AE moins performant que les roues freinées avec disques seuls.


Disque double sur TGV


Frein à disque X TER

Garniture frein TGV

Disque double TGV

INFLUENCE DE L'ADHERENCE DISPONIBLE SUR LES PERFORMANCES DE FREINAGE D'UN TRAIN :

Deux cas sont à envisager suivant que la voiture est ou non munie d'anti-enrayeurs :

- Si les voitures ne comportent pas des anti-enrayeurs, il arrive que les premières voiture du train donnent lieu à des glissements d'essieux élevés qui peuvent abaisser encore l'adhérence et conduisent à l'enrayage. Il peut en résulter un allogement de distance d'arrêt variable en fonction du nombre d'essieux enrayés.
- Si les voitures comportent des anti-enrayeurs, ceux-ci vont adapter l'effort de freinage à l'adhérence disponible et il en résultera des délestages qui entraîneront des allongements de distance d'arrêt. Ces allongements sont en fonction :
  . De la qualité des anti-enrayeurs.
  . De la longueur du train : un train court est plus vulnérable qu'un train long car par suite de l'essuyage du rail effectué par les essieux de tête, l'adhérence augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la tête du train.

L'effet d'essuyage des rails par le roulement des essieux peut être utilisé avec profit si l'on dispose d'anti-enrayeurs, car dans ce cas il est possible de régler les voitures en surpuissance de freinage. En plus le glissement entretenu des essieux des voitures de tête provoquera un dépolissage des rails plus intense et il en résultera un relèvement de l'adhérence dont les voitures suivantes bénéficieront.

SEMELLES DE FREIN :

Sabots en fonte :

La fonte est un matériau de frottement très peu coûteux, facile à élaborer et à mettre en forme, dont l'influence sur les roues est peu nocive. Pourtant son usure est assez forte et ses caractéristiques de frottement ne sont pas entièrement satisfaisantes : son coefficient de frottement est assez bas (de l'ordre de 0.10) et varie énormément en fonction, d'une part, de la vitesse et, d'autre part, de la pression d'application. Par contre, ce coefficient de frottement fournit une bonne constance des performances de freinage quelles que soient les conditions atmosphériques.

La seule tentative qui ait abouti est celle qui a donné naissance à la fonte P14, par dosage de phosphore à 1,4 %. La standardisation (sous commission de freinage UIC) des semelles en fonte a abouti au choix d'une fonte P10 phosphoreuse moins fragile, en abaissant à 1 % la teneur en phosphore.

Semelles composites :

La recherche d'un matériau autre que la fonte a eu essentiellement pour origine la nécessité de pallier l'insuffisance de ses caractéristiques de frottement. Celles-ci sont très dépendantes de la vitesse et relativement modestes au-dessus de 50 km/h.

Ces semelles appelées aussi semelles plastiques, sont fabriquées à partir de mélanges assez voisins de ceux utilisés pour la confection des garnitures de frein automobile (carbone, silice, oxydes métalliques, sulfate de baryum, liant à base de résine polymérisable ou de caoutchouc).

Le fait nouveau a été apporté par une augmentation très sensible de la résistance à l'usure par rapport au matériaux antérieurs et par une amélioration de l'état de surface du chemin de roulement de la roue grâce à un polissage effectué par la semelle elle-même au cours des freinages (il en résulte que ces semelles s'usent rapidement lorsqu'elles sont appliquées sur une roue sortant du tour, mais au fur et à mesure que le polissage se produit, l'usure décroît pour devenir enfin très faible).

On distingue deux catégories de semelles composites :

- **Les semelles à haut coefficient de frottement dites « semelles K ».**
  Les semelles K ont reçu un nombre d'application assez grand sur la SNCF : sur le matériel voyageur, elles équipent les voitures sur les bogies Y 28 E, Y 26 (environ 1000 voitures). En raison de leur coefficient de frottement élevé (environ 0,25) ces bogies sont freinés avec une seule semelle par roue, appliquée chacune par bloc de freinage. Elles ont été montées sur certaines locomotives (BB 67400, CC 72000, CC 6500, BB 15000, BB 7200, BB 22200…) en raison de la simplification qu'elles procurent dans la réalisation des bogies. Un certain nombre de wagons sont avec des dispositifs de freinage autovariable en fonction de la charge.

Ces semelles offrent des avantages importants :

* Coefficient de frottement relativement constant.
* La valeur élevée du coefficient de frottement (0,25) permet de réduire le nombre de semelles, donc de simplifier les timoneries et structures de bogie.
* L'usure de ce type de semelles étant très inférieure à celle en fonte, son utilisation s'avère bénéfique malgré une valeur à l'achat supérieure à celle en fonte.
* Le polissage des roues entraîne un niveau de bruit inférieur tant au freinage qu'au roulement.

Ces semelles composites présentent par contre les inconvénients suivants :

* Leur limite d'utilisation se situe vers 180 Km/h pour un véhicule de 43t de masse et de λ 150 % freiné avec une seule semelle par roue.
* La nécessité de rendre ces semelles assez abrasives entraîne pour certaines d'entre elles une agressivité vis-à-vis de la table de roulement génératrice de déformations pouvant provoquer des instabilités lesquelles obligent à des reprofilages.
* En fonction de leur composition, les semelles peuvent polluer plus ou moins les tables de roulement affectant quelque peu l'adhérence roue-rail, ce qui favorise les enrayages.
* Le coefficient de frottement diminue sous l'influence d'une humidité importante particulièrement en période hivernale.

La fiche UIC 541-4 prescrit que la variation du coefficient de frottement moyen ne doit pas être supérieur de ± 15 % par rapport à la valeur obtenue au cours des freinages à sec. Cette prescription est difficile à respecter.

Les inconvénients des semelles K sont donc importants aussi convient-il de leur préférer la solution du freinage combiné disques + semelles fonte.

- **Les semelles à bas coefficient de frottement dites « semelles L ».**

Le coefficient de frottement des semelles L est moins élevé que celui des semelles K et se situe à 0,17 environ. L'agressivité de ces semelles vis-à-vis des tables de roulement est plus réduit que celle des semelles K. Leur usure est un peu plus rapide, par contre, elles sont peu sujettes aux inclusions métalliques.

Semelles frittées :

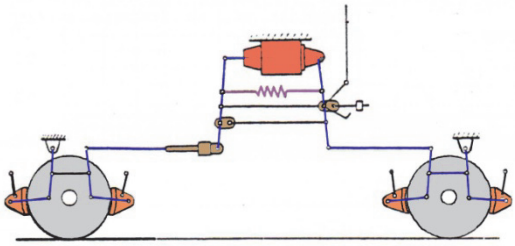
La baisse de coefficient de frottement sous humidité des semelles composites constituant un inconvénient sérieux pour les compositions de trains courts, les freinistes ont mis au point des matériaux frittés ayant le même coefficient de frottement mais insensible à l'eau.

Ces frittés sont à base de bronze ou de fer et comportent des éléments d'addition tels que les carbures qui permettent d'ajuster le coefficient de frottement. Les frittés à base de bronze présentent une meilleure constance de frottement mais confèrent une adhérence moins bonne que les frittés à base de fer.

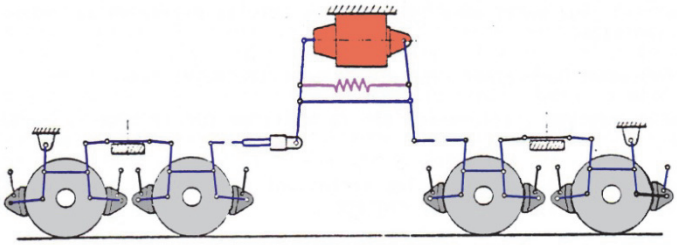
Les semelles en fritté de coefficient 0,25 sont appliquées en particulier sur les locomotives afin d'éviter les allongements de distance d'arrêt lors des circulations HLP sur rails mouillés.

DISPOSITIFS ENGENDRANT L'EFFORT DE FREINAGE :

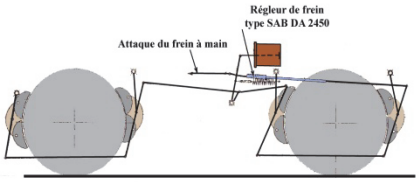
Le dispositif le plus répandu comprend un cylindre à air comprimé et la timonerie classique.

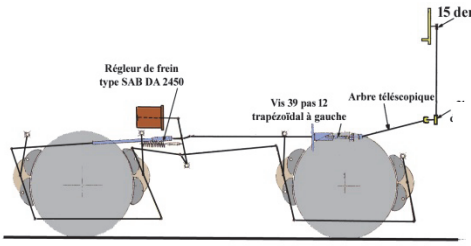


Timonerie wagon à deux essieux

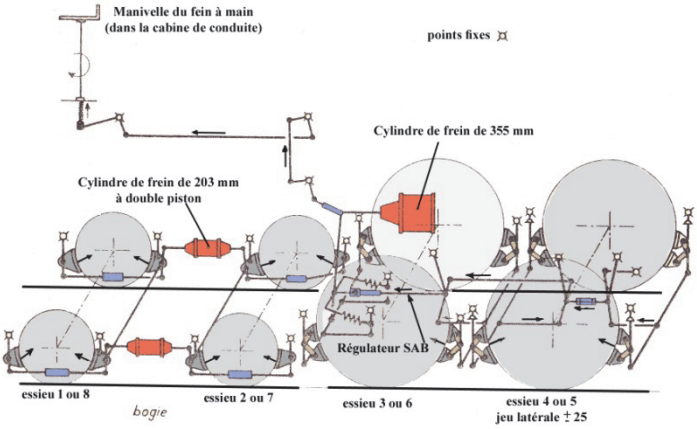


Timonerie voiture à deux bogies

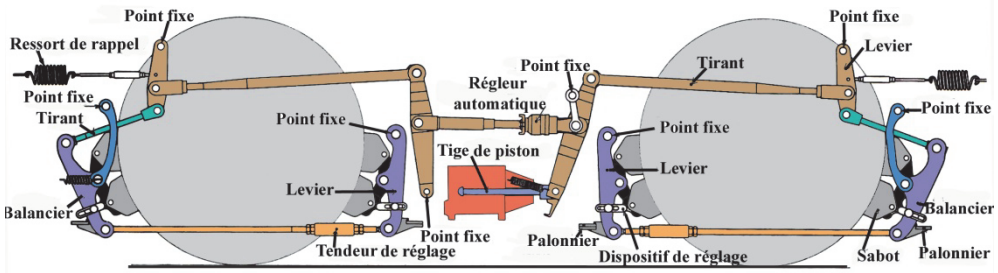




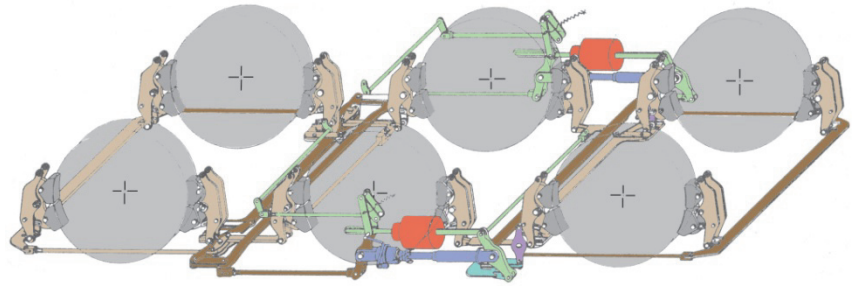
Timonerie frein Oerlikon BB 9200



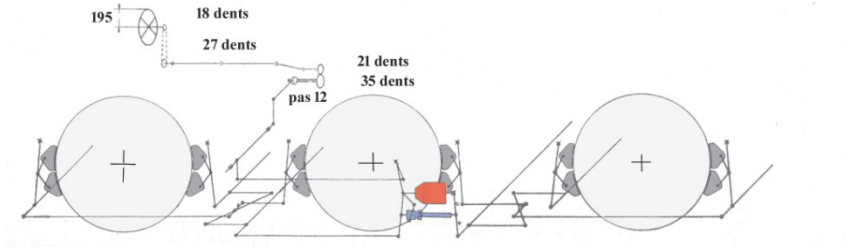
Timonerie freins 2D2 9100



Timonerie freins BB 8100

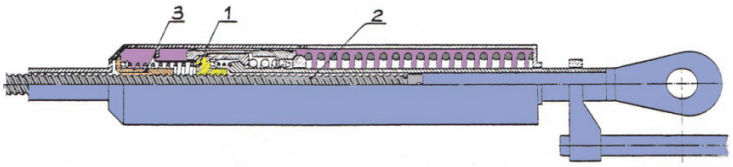


Timonerie freins CC 7100



Régleur de timonerie :

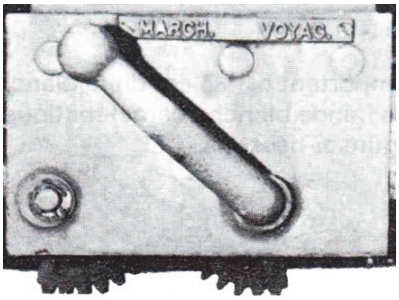
Ces appareils, qui sont pratiquement indispensables dans le cas de deux rapports de freinage tare et charge, assurent la constance de la puissance de freinage (pression constante au cylindre de frein). Ils fonctionnent suivant des principes mécaniques et sont à double effet, c'est-à-dire qu'ils sont susceptibles de corriger aussi bien une course trop courte qu'une course trop longue. Ils tendent à être « à rattrapage rapide », ils peuvent corriger en une seule action une différence importante qui apparaîtrait dans le jeu des sabots.



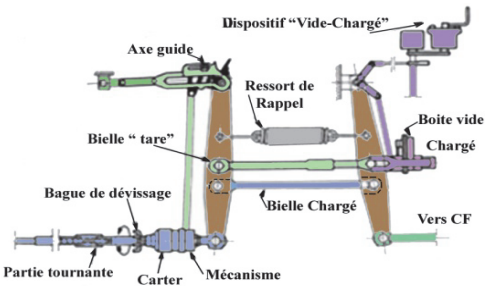
L'écrou de réglage 1 détermine, par sa position sur la tige 2, la longueur du régleur. L'écrou d'avance 3 enregistre les variations de jeu aux semelles qui doivent être compensées par l'écrou 1

Dispositif « Marchandises-Voyageurs » :

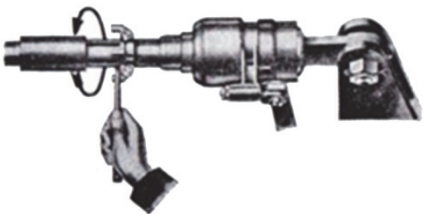
Le changement de régime se fait au moyen d'un levier, muni à son extrémité d'une boule en principe peinte en jaune, qui peut se déplacer devant une plaque portant les indications **March**. ou **I** ou **G** à gauche, et **Voyag**. ou **V** ou **P** à droite.



Disposition « Voyageurs »



Disposition « Marchandises »

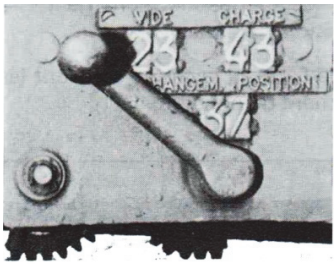


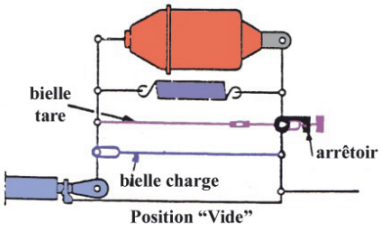
Dévissage manuel du régleur

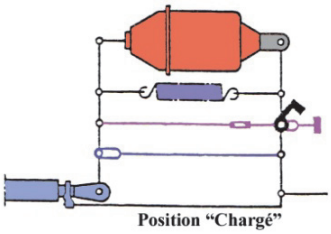
REGLEUR de FREIN S.A.B. à DOUBLE ACTION

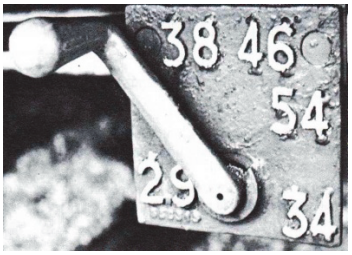
Dispositif « Vide-Chargé » mécanique :

Certains wagons comportent un dispositif « Vide-Chargé » à deux ou trois positions permettant de réaliser des efforts de freinage différents selon que le wagon est vide ou que sa masse sur rails (tare + chargement) est inférieure à une certaine limite ou bien chargé, sa masse sur rails atteignant ou dépassant cette limite. Sur les wagons qui comportent trois positions permettant trois efforts de freinage différents.



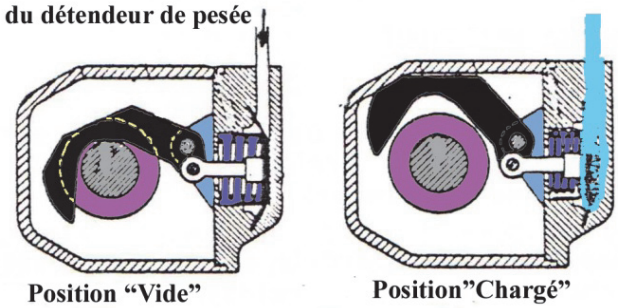






Dispositif vide-chargé à deux positions — Commande manuelle — Dispositif vide-chargé à trois positions

Commande automatique :



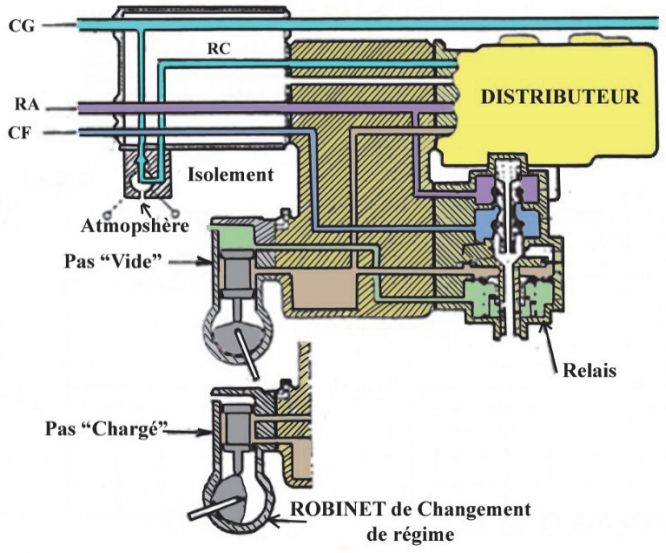
Un détenteur de pesée fonctionnant en « tout ou rien » délivre, lorsqu'on dépasse le poids prévu pour le changement de régime, de l'air comprimé à la boîte Vide-Chargé pneumatique dont l'arrêtoir se soulève. Pour un poids inférieur à celui de changement de régime, la boîte Vide-Chargé n'est pas alimentée, l'arrêtoir est en position basse correspondant à l'utilisation de la bielle tare.

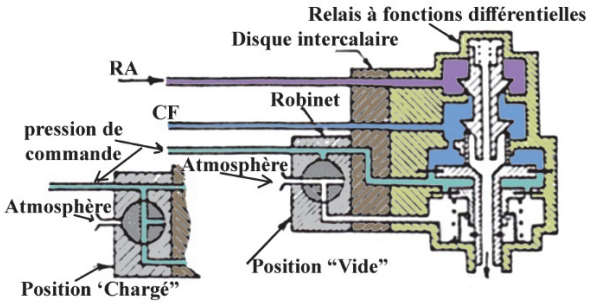
« Vide-Chargé » pneumatique :

La modification de l'effort d'application des semelles de frein sur les roues est obtenue en faisant varier la pression d'alimentation des cylindres de frein. Cette variation est réalisée en incorporant entre le distributeur et le circuit d'alimentation des cylindres de frein un relais comportant deux chambres de commande qui peuvent être alimentées ou mises à l'atmosphère, simultanément ou séparemment.

- Commande manuelle :

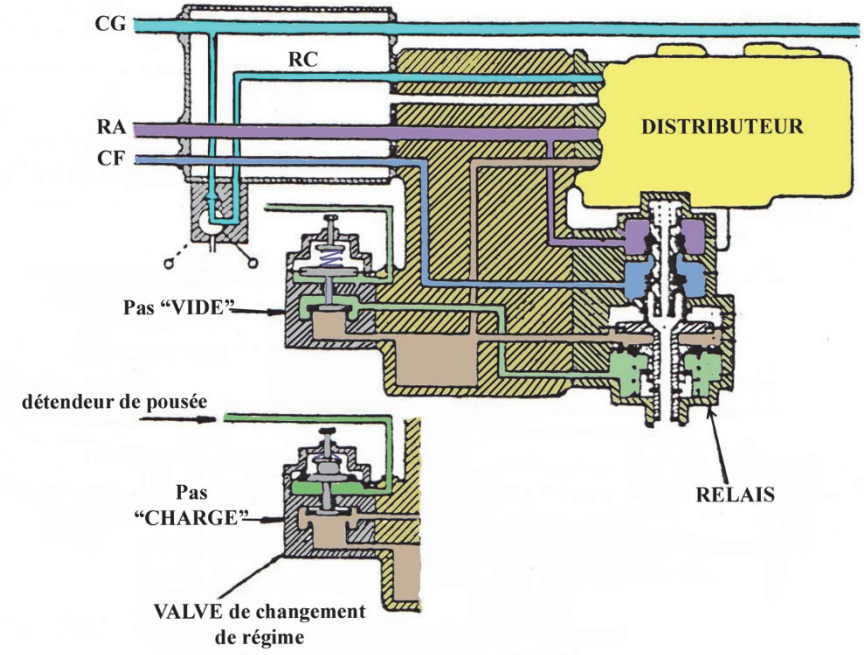
Un robinet à came, commandé manuellement, permet d'alimenter à la pression délivrée par le distributeur, soit une seule chambre du relais (position vide) soit les deux chambres (position chargée).





- <u>Commande automatique</u>

Pour passer de la commande manuelle à la commande automatique, il suffit de remplacer le robinet de changement de régime par une valve pilotée par l'air comprimé délivré par un détendeur de pesée. Le poids de changement de régime n'étant pas le même pour tous wagons, cette valve est réglable de manière à ajuster son fonctionnement à chaque type wagon.



<u>Freins aptes à la descente des fortes pentes :</u>

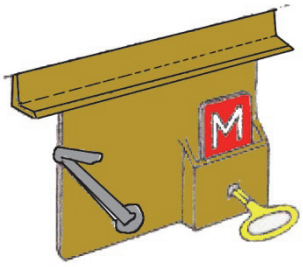
<u>Sont désignées lignes à fortes pentes aux RT, les lignes comportant des pentes égales ou supérieures à :</u>

- 20 mm/m sur au moins 15 km.
- 25 mm/m sur au moins 10 km.
- 30 mm/m sur au moins 5 km.

Certains véhicules sont équipés du **F**rein **A**utomatique **M**odérable **A**u **D**esserrage désigné dans les documents de service par l'abréviation FAMAD. Ces wagons comportent un dispositif **Plaine-Montagne** permettant de réaliser des conditions différentes de desserrage du frein marchandises.

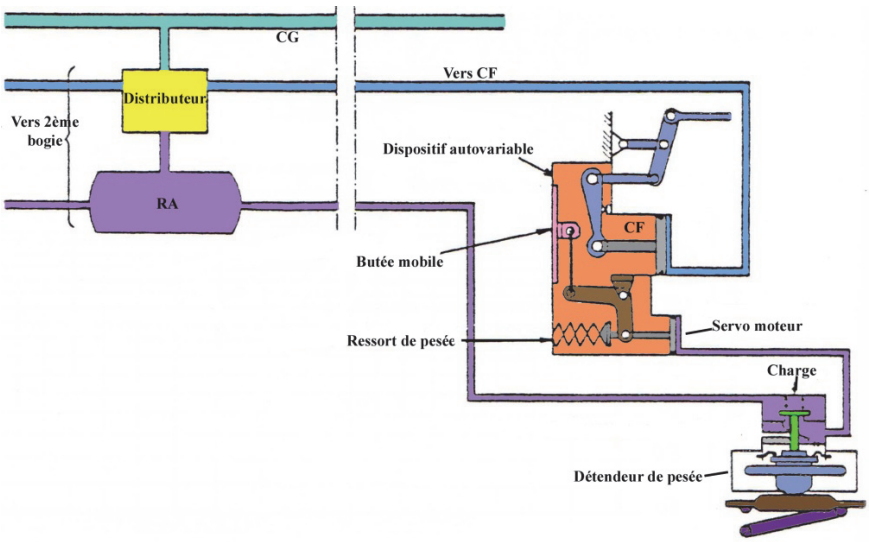
* Position **Plaine**, la lettre **P** sur un voyant jaune.

* Position **Montagne**, la lettre **M** sur un voyant rouge.

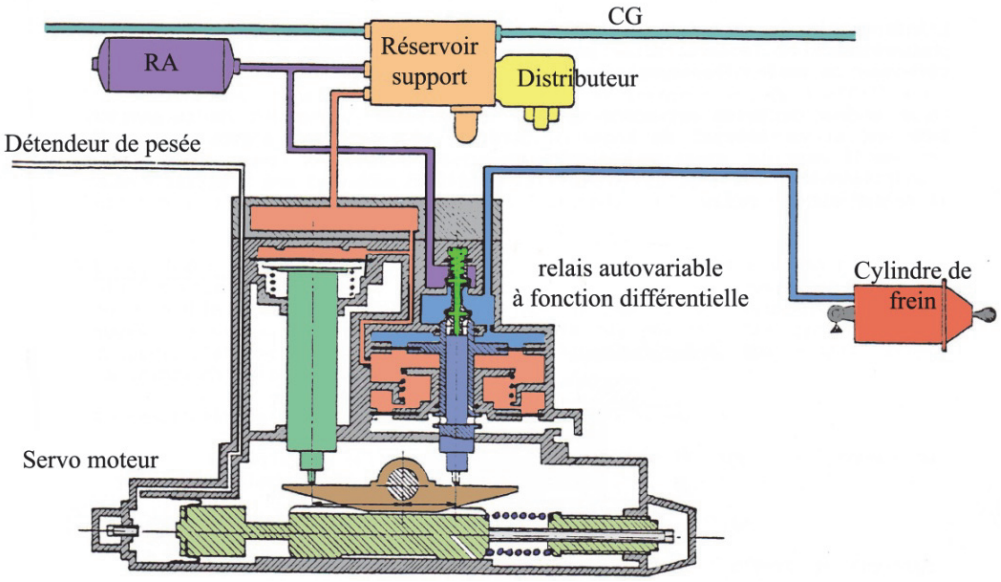


<u>Dispositifs autovariables en fonction de la charge :</u>

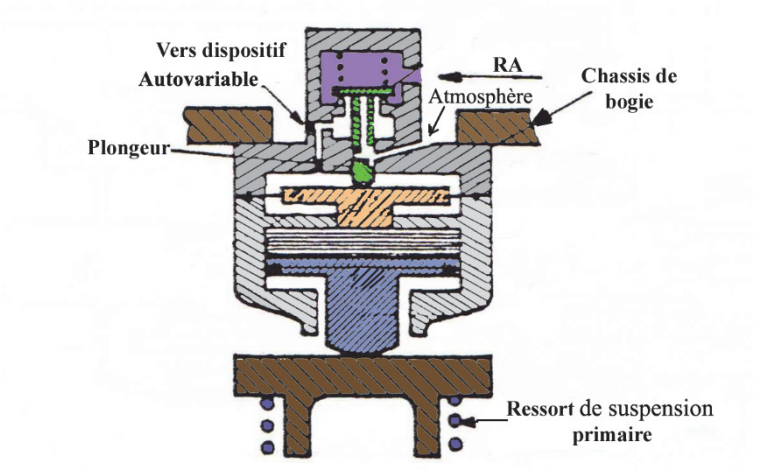
- Pour les wagons à deux essieux :
  . Un systéme de pesée de chaque essieu, le moins chargé règlant l'effort aux sabots en fonction de cette information.
- Pour les wagons à bogie :
  . Un détecteur de pesée, placé au-dessus d'un des ressorts de suspension d'un essieu de chaque bogie. S'il n'existe qu'un seul dispositif pour le wagon, c'est l'essieu le moins chargé qui règle l'effort aux sabots.



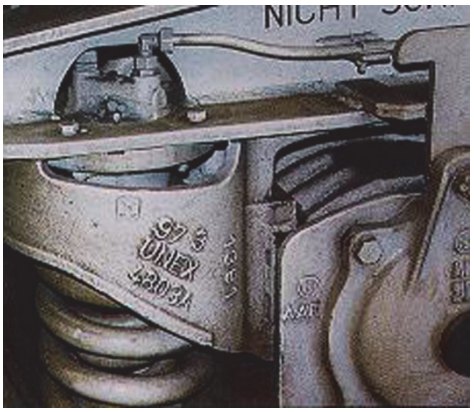
Dispositif mécanique de freinage autovariable



Relais autovariable

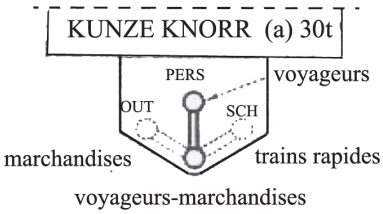


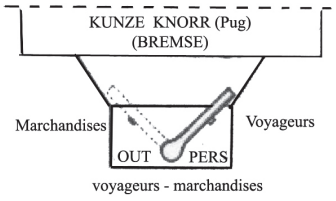
Détendeur de pesée

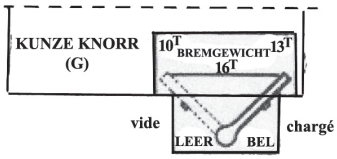


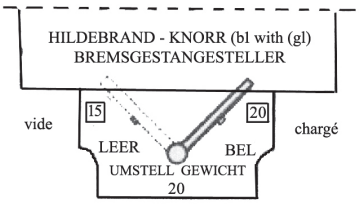
<u>Dispositifs « Vide-Chargé » et « Marchandises-Voyageurs » sur les véhicules étrangers</u> :

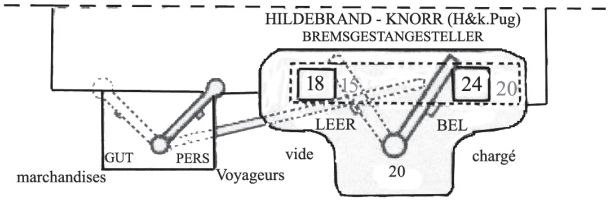
Freins Kunze- Knorr et Hildebrand-Knorr,
modérables au desserrage (Allemagne, Autriche).





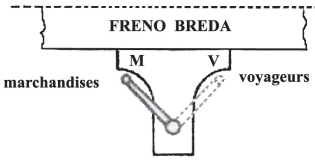




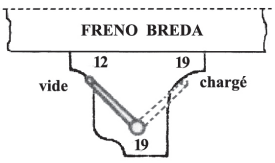


marchandises et vide-chargé

Frein Bréda, modérable au desserrage
(Italie)

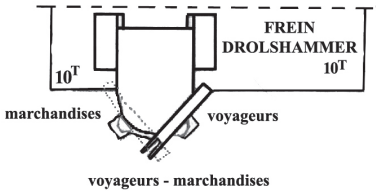


voyageurs - marchandises

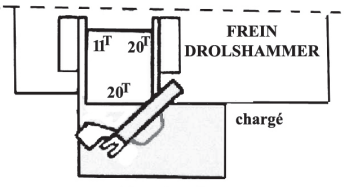


vide- chargé

Frein Drolshammer, modérable au desserrage (Suisse)

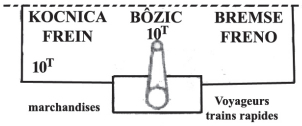


voyageurs - marchandises

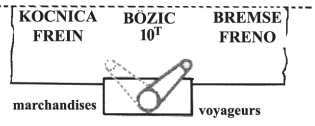


vide - chargé

Frein Bozïc, modérable au desserrage
(Yougoslavie et Tchécoslovaquie)

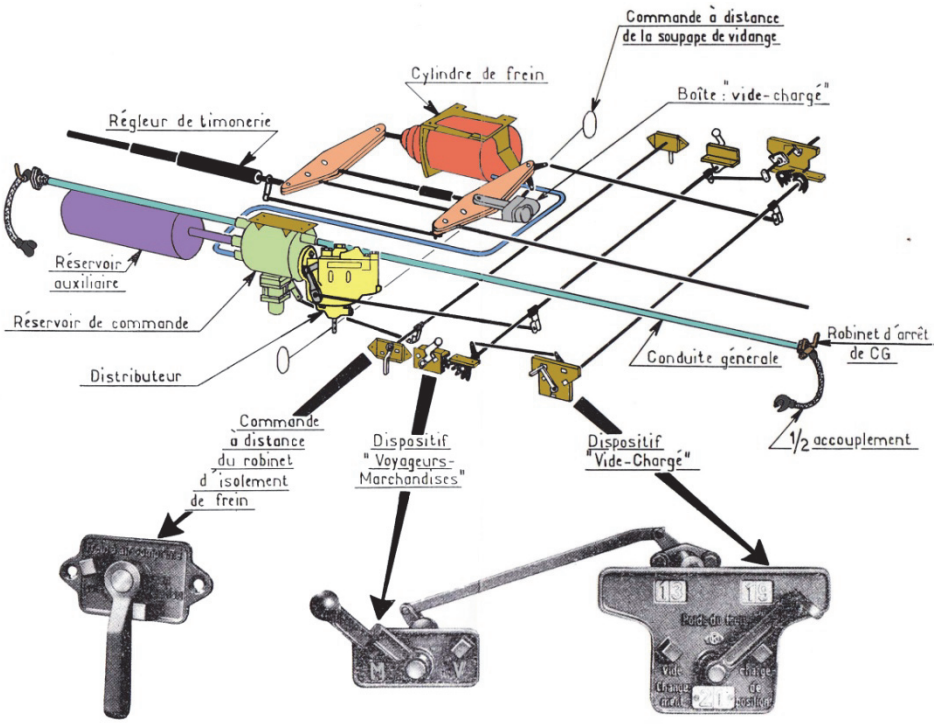


voyageurs - marchandises



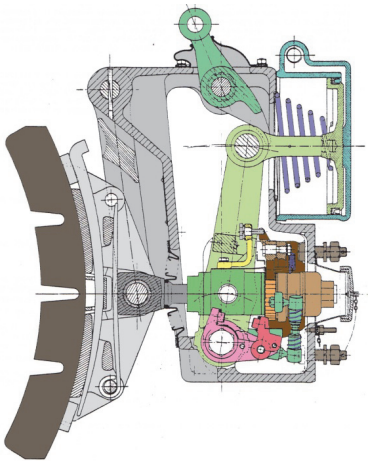
voyageurs - marchandises

Exemple de position des différents organes de commande du frein sur les véhicules :



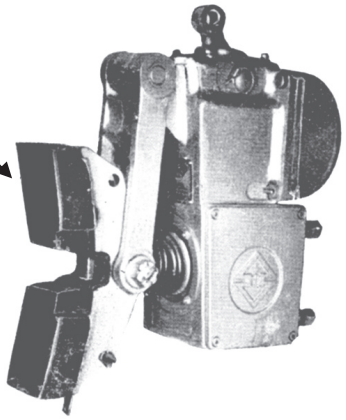
Bloc de freinage :

On notera dans ce bloc de freinage un petit régleur de course du sabot incorporé.

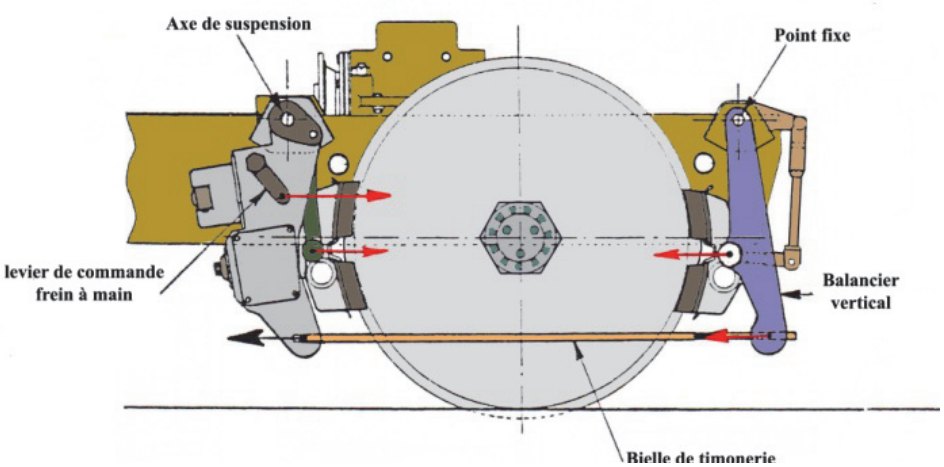


Bloc P 60

Semelle type V 139

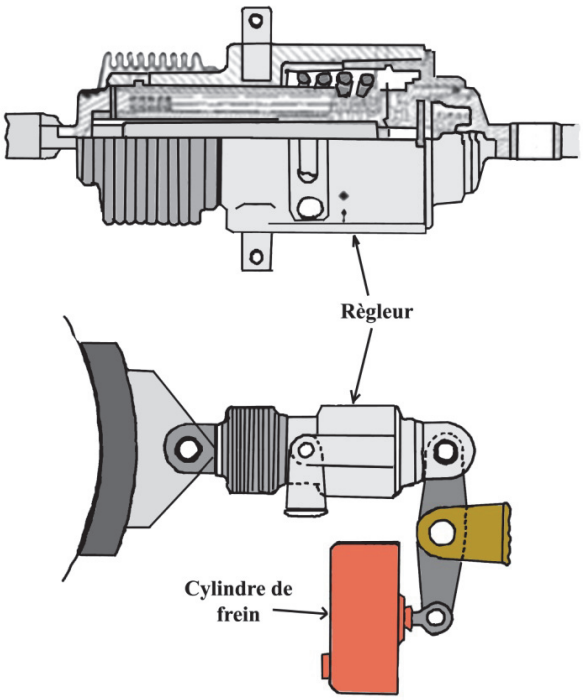


Bloc de freinage suspendu :



Unité pneumatique de freinage :

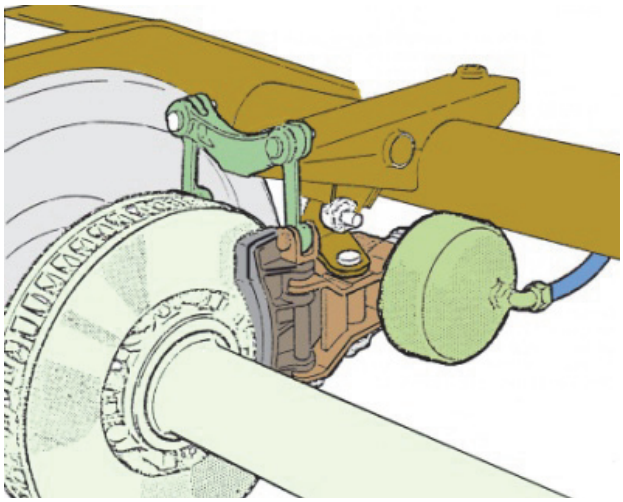
Composé d'un cylindre et d'un régleur séparés. Le fonctionnement du règleur est identique à celui du cylindre de frein à règleur incorporé.



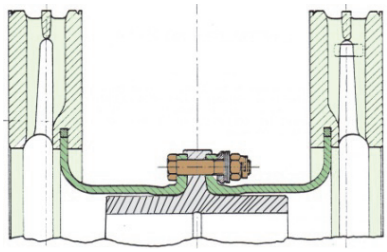
FREINS A DISQUES :

Le freinage par disques classiques en fonte et garnitures organiques :

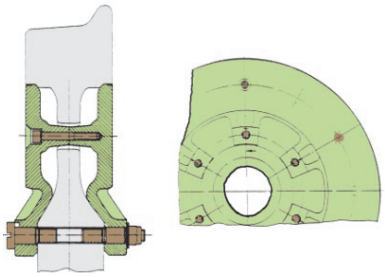
Le freinage sur les roues présente l'inconvénient d'ajouter à la fatigue mécanique due au roulement, la fatigue due au au freinage. Cette fatigue s'accroît au fur et à mesure que l'on augmente les vitesses et les performances de freinage. Par ailleurs, le freinage avec semelles en fonte conduit à des dépôts cycliques sur les roues et les facettes qui en résultent rendent le roulement bruyant. Il a donc été recherché d'opérer le frottement sur un autre organe que la roue, en l'occurrence le disque, qui est maintenant utilisé à grande échelle.



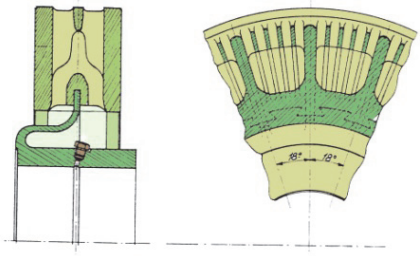
En général deux disques sont, soit calés sur l'essieu entre les roues, soit fixés par vis sur le moyeu des roues côté face interne et des patins en matière composite viennent pincer ces disques sur leur épaisseur. Le matériau composite trouve là des conditions favorables, car l'état de surface des disques se maintient naturellement excellent.



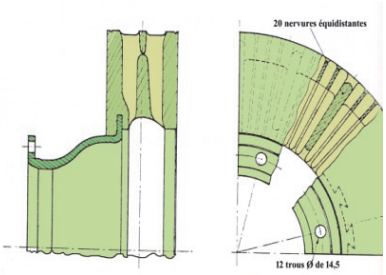
Disque double TGV PSE (Pont à Mousson). L'épaisseur de disques doubles qui équipent les TGV PSE a été diminuée de 110 à 80 mm dans un but d'allègement. La puissance limite de ces disques est égale à 1,75 fois celle d'un disque simple de même diamètre 640 mm et d'épaisseur 110 mm.



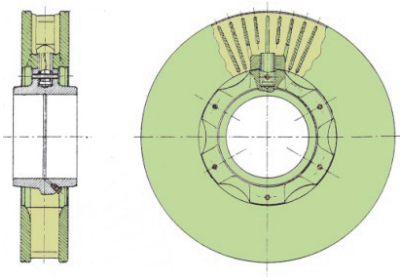
Disque Knorr flasqué sur roue



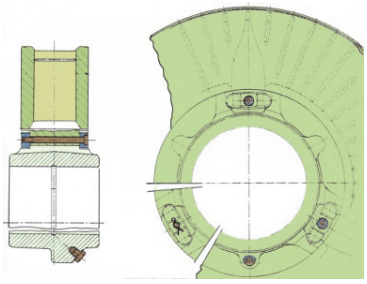
Disque Pont à Mousson à caler sur essieu



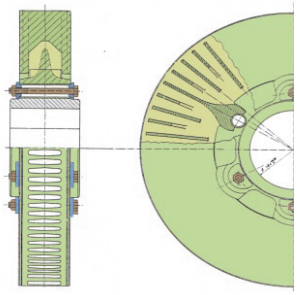
Disque Pont à Mousson à fixer sur roue



Disque Knorr



Disque BSI



Disque Girling

Le freinage par disques à haute puissance et garnitures frittées :

Dans la conception du frein des bogies du TGV A, la SNCF a maintenu sa détermination de ne pas utiliser les patins magnétiques ou à courants de Foucault, principalement pour des raisons d'allègement de bogies.

Les buts recherchés pour le frein du TGV A étaient multiples :

- Supprimer le freinage par frottement sur roues qui, sur les bogies porteurs du TGV PSE intervenait, avant leur suppression, pour quelques 20 % dans la dissipation de l'énergie, de façon à :
  * Alléger les bogies (un bloc de freinage sur roue pèse 63 kg).
  * Réduire l'usure des roues.
  * Rendre le roulement plus silencieux (gain de l'ordre de 5 dB).
- Disposer d'un frein présentant une perte d'efficacité sous neige négligeable et nettement inférieure à celle inhérente à l'utilisation de garnitures organiques.
- Réduire, voire annuler, la puissance absorbée par la ventilation des disques qui devient très élevée aux grandes vitesses (3,5 à 4,5 kW par disque élémentaire à 300 km/h, suivant le type de disque). La chose est rendue possible par le fait que le TGV n'a pas à assurer de freinage de maintien en longue pente, étant donné la puissance de son frein électrique.
- Limiter, dans la mesure du possible, l'augmentation de masse des disques pouvant résulter de l'obligation de dissiper une énergie accrue correspondant à des freinages d'arrêt à la vitesse maximale.

Ces conditions étant fixées, le calcul montre que sur un freinage d'arrêt en palier, à partir de 300 km/h, la performance visée conduirait à dissiper, dans chaque disque élémentaire, un énergie d'environ $13{,}5 \times 10^6$ joules, sous une puissance maximale de 290 kW. Cela représente, par rapport au TGV PSE freinant à 270 km/h sur déclenchement des automatismes de sécurité, des surcharges de l'ordre de 70 % sur l'énergie, de 100 % sur la puissance moyenne et de 80 % sur la puissance maximale, inacceptables pour des disques en fonte et pour des garnitures organiques.

La conception des disques :

Les disques des TGV A sont très sollicités thermiquement lors des freinages et à pleine puissance. Les couronnes fortement sollicitées peuvent donner lieu à des déformations élastiques et, le cas échéant, plastiques : déformation en cuvette créée par des dissymétries géométriques ou thermiques, déformation ondulatoire circonférentielle résultant de la dilatation circonférentielle.

La couronne doit présenter une dureté suffisante pour ne pas être rayée ou usée de façon excessive par les garnitures en métal fritté. Le disque entretoisé d'épaisseur de 80 mm, à ventilation réduite ou nulle, présentait l'avantage d'une forte rigidité, mais sa conception impliquait une fabrication par moulage, procédé qui présente des difficultés particulières pour un acier de ce type et pose un problème d'assurance qualité. C'est pourquoi, une version avec couronne en galette forgée a été essayée.

Ces considérations ont conduit à retenir les dispositions suivantes :

- Deux disques doubles par essieu, comme le TGV PSE, avec une augmentation des masses non suspendues limitée à 60 kg par essieu.
- Des couronnes en galettes forgées de 45 mm d'épaisseur en acier à haute limite élastique.
- Liaison couronne-moyeu, soit du type libre ou semi-libre (contact glissant), soit du type semi-élastique (pièce intermédiaire déformable), de façon à absorber les différences de dilatation.
- Application le cas échéant sur chaque couronne, d'une contrebague dite d'équilibrage qui, par sa rigidité, annule le moment de renversement du disque résultant de la dissimétrie de la liaison semi-élastique.

Chaque disque élémentaire peut absorber l'énergie de $18{,}5 \times 10^6$ joules susceptible d'être dissipée exeptionnellement au cours d'un freinage d'urgence effectué à partir de 300 km/h dans une déclivité de 16‰, avec un bogie moteur et un bogie porteur isolés en freinage.

Ces disques n'étant pas ventilés, l'économie de puissance correspondante est, au niveau de l'élément, de l'ordre de 350 kW à la vitesse de 300 km/h.

Le freinage par disques et garnitures en fibre de carbone :

Il ne semble pas possible de demander davantage aux disques haute puissance sans les alourdir, ce qui serait inadmissible. Pour des vitesses supérieures à 300 km/h il convenait de rechercher un matériau nettement plus performant capable d'absorber des énergies supérieures, de façon à assurer le freinage à ces vitesses et permettre une réduction substentielle des masses non suspendues.

Sur les TGV des dernières générations, le freinage comporte des disques et des garnitures en fibre de carbone.

Le matériau dénomé « Sepcarb F3 » est un matériau carbone-carbone constitué :

- D'un renfort de fibres de carbone disposé suivant un réseau tridimensionnel.
- D'une matrice de pyrocarbone obtenue par craquage d'hydrocarbures légers.

Principales caractéristiques :

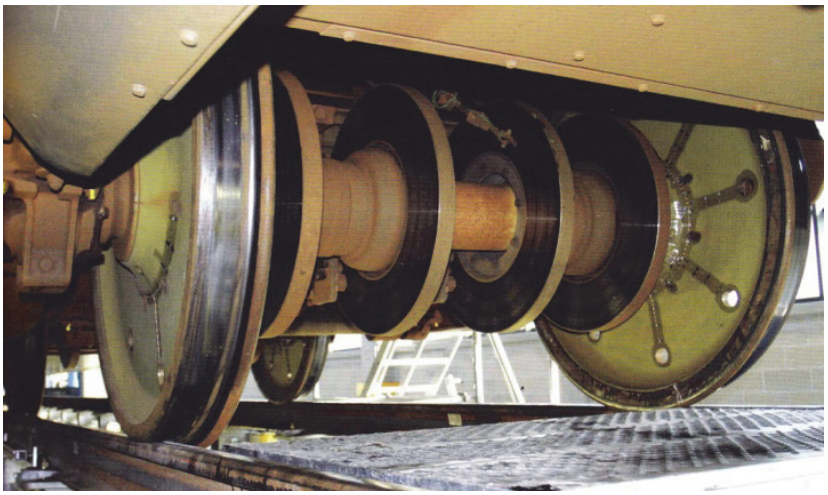
- Densité = 1,75.
- Traction = résistance : 5 hbar, module d'élasticité : 2300 hbar (contre 21000 pour l'acier).
- Compression = résistance : 12 à 15 hbar suivant la direction module d'élasticité = 200 à 2300 hbar suivant la direction.

- Chaleur spécifique = 1,9 kJ/kg/°C à 1000°C (contre 0,48 pour l'acier).
- Coefficient de dilatation = $1{,}8 \times 10^{-6}$ à 1000°C (contre 12×10^{-6} pour l'acier).

Grace à sa forte chaleur spécifique, à son faible coefficient de dilatation et à son faible module d'élasticité, le Sepcarb présente un excellent comportement aux températures élevées. Il travaille normalement aux environs de 1000°C mais peut résister à 2000°C. Le coefficient de frottement à sec qui atteint 0,50 à haute énergie, peut s'abaisser à basse énergie à 0,20 et même à 0,10 en cas d'humidité. Cela implique de faire fonctionner le disque en fibre de carbone d'une part avec des pressions spécifiques élevées, et d'autre part de le doter d'une régulation de la pression de freinage permettant d'obtenir, en toutes circonstances, l'effort demandé.

Lors d'un freinage de maintien, la tenue des organes dans lesquels se dissipe l'énergie de freinage (roues, disques) dépend de leur température d'équilibre. Au bout d'un temps égal à la constante de temps, la perte d'échauffement est égale à 63 % de l'échauffement total.

Chaque disque se compose de 8 secteurs en fibre de carbone assemblés élastiquement sur une armature métallique.



Essieu porteur avec ses capteurs de la rame V 150 du dernier record du monde de vitesse à 574,8 km/h. Pour la marche d'essai 87-04 du 28 mars 2007(donc avant la marche du record du 03 avril 2007) une flasque d'essieu protègeant les capteurs installés sur les roues s'est détachée entraînant une rupture de la CG. Un freinage d'urgence s'est aussitôt déclenché comme sur tous les trains. La température des disques a atteint 650°C. La rame roulait à ce moment à 506 km/h et il a fallu 16,8 km pour s'arrêter. Un record mondial, jamais un train n'a réalisé cette performance. Cette rame n'était pas concue pour des hautes performances de freinage. Sur les 8 bogies, seuls les deux d'extrémité du tronçon des trois remorques Duplex sont équipés de freins à disques, les deux bogies moteurs de l'AGV ne comportant ni frein pneumatique, ni frein électrique. Les quatre bogies des motrices POS permettent le freinage rhéostatique et par récupération. Enfin, seulement trois bogies moteurs sur quatre des motrices sont équipés de classiques semelles de frein qui ne sont utilisées que pour immobiliser la rame en fin de séquence d'arrêt. Cet équipement en freinage permet à la rame V 150 circulant à une vitesse de 540 km/h de s'arrêter sur une distance de 28 km en conjuguant les différents systèmes de freinage, distance pouvant être réduite à 21 km en cas de freinage d'urgence. (Photo et texte de Philippe Mirville).

FREINS A COURANTS DE FOUCAULT :

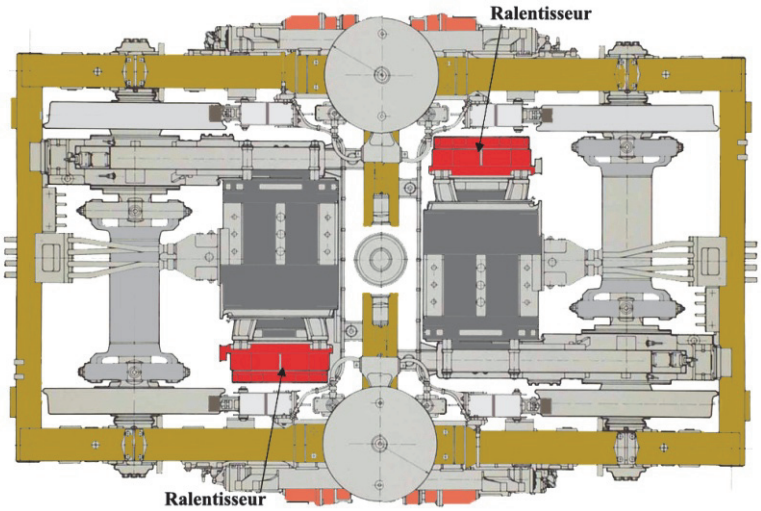
Freins rotatifs à Courants de Foucault (FCF) :

Deux dispositifs engendrant un effort retardateur par voie électrique, par création de courants de Foucault dans une masse métallique tournant dans un champ magnétique. Il s'agit, d'une part, de dispositifs analogues aux ralentisseurs utilisés sur cetains camions ou autocars, d'autre part, du frein **SENF** (**S**ans **E**ntrefer **N**i **F**rottement) qui agit sans contact sur la roue et éventuellement sur le rail.

- **Frein rotatif du genre ralentisseur** : ce type de frein comporte un rotor (calé sur l'arbre à freiner) constitué de deux disques autoventilés placés de part et d'autre d'un stator avec un entrefer de quelques millimètres. Le stator comporte 8 bobines excitatrices (4 nord et 4 sud).

  Avec le rotor calé sur l'essieu, à 1580 tr/mn correspondant à une vitesse de 275 km/h avec roues de 920 cm, on obtient à pleine excitation un couple retardateur moyen de 200 m daN à froid au cours de l'arrêt. Pour freiner suffisamment un véhicule à bogie de masse voisine de 45 t, il faudrait deux appareils par essieu. Les difficultés et la complication du montage ainsi que l'encombrement ont fait renoncer à l'utilisation d'un tel appareil.

  Par contre, un frein de ce genre a été utilisé comme « frein de service et de secours » pour la rame expérimental TGV 001. Dans ce cas, il est monté en bout d'arbre des moteurs de traction et tourne à 3000 tr/mn. Le couple retardateur s'établit, à pleine excitation à 170 m daN à 3000 tr/mn, atteint un maximum de 175 m daN à 1000 tr/mn et décroît ensuite rapidement. Il s'établit, à demi excitation, à 75 m daN à 3000 tr/mn, reste sensiblement constant jusqu'à 800 tr/mn et décroît ensuite rapidement.

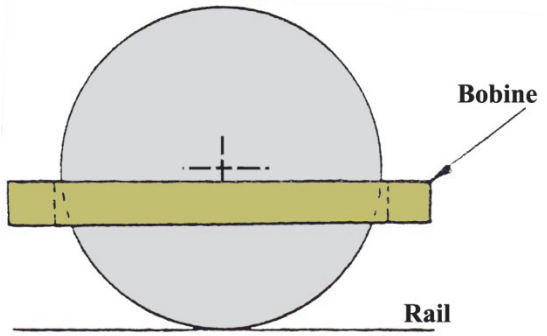


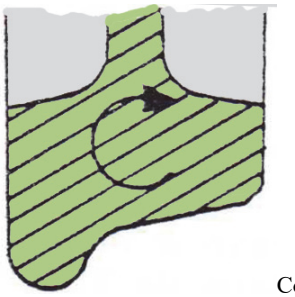
Ralentisseur monté en bout d'arbre moteur de traction sur bogie TGV 001.

Rapporté à la jante, cet effort retardateur est suffisant et a été utilisé, sur le TGV 001, pour établir dans tous les cas, le premier cran de freinage, les appareils étant alors alimentés pour la demi excitation, et ensuite en cas de raté du freinage rhéostatique, sur une demi rame, comme frein de secours pour compenser en grande partie cette perte de freinage. Ils sont alors mis en service automatiquement à pleine excitation.

- **Frein SENF** :

Ce type de frein est essentiellement composé d'un bobinage qui entoure la partie inférieure des roues des essieux.





Courants de Foucault dans la jante

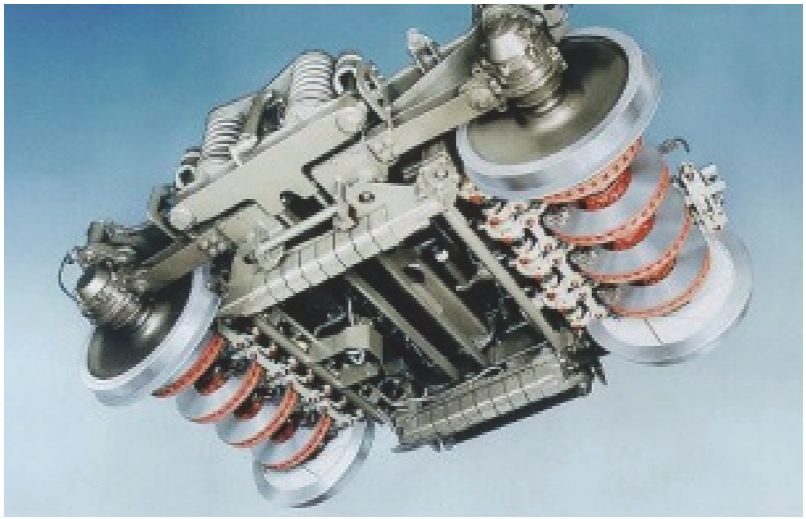
Lorsque ces bobines sont alimentées par un courant continu suffisamment important, il apparaît des courants de Foucault générateurs d'efforts retardateurs dans chaque pièce en mouvement placée dans le champ magnétique inducteur qui est vertical. Ces courants prennent naissance :

* Principalement dans les jantes des roues, en rotation par rapport aux bobines fixes.
* Secondairement dans les rails, en raison du déplacement linéaire du champ.

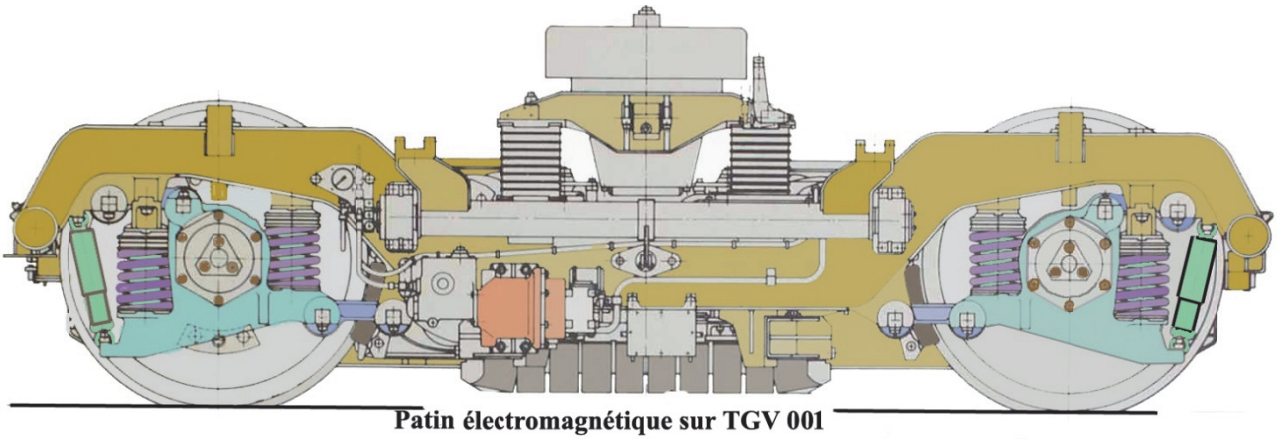
Les courants induits dans le rail engendrent un effort retardateur complémentaire qui se transmet au véhicule (bobine) sans solliciter l'adhérence roue-rail. Par ailleurs, l'attraction magnétique roue-rail renforce la charge de l'essieu au moment du freinage, ce qui est bénéfique au plan de l'adhérence.

- **Frein linéaire à courants de Foucault** :

Ce mode de freinage a été essayé de façon très complète au cours des années 1970 et 1971. Il comporte deux freins par bogie placés à quelques millimètres au-dessus des deux files de rails, entre les roues des deux essieux du bogie. Chaque frein est alimenté en courant continu, et fonctionne en utilisant le rail comme induit.



Frein électromagnétique sous un bogie ICE



Frein électromagnétique sur bogie TGV 001 qui agit dès que la dépression dans la CG atteint 2 bars. Un manostat provoque la mise sous tension d'une électrovalve qui pilote pneumatiquement un relais d'alimentation des cylindres de relevage. La pression dans ces cylindres agit sur un manostat qui commande l'appareillage de mise sous tension des patins (ce dernier manostat est règlé de manière que la mise sous tension des patins n'intervienne que lorsque ceux-ci sont appliqués sur le rail).

Ce frein possède du point de vue de son fonctionnement correct deux caractéristiques principales : en premier lieu, l'entrefer avec lequel il fonctionne devant être aussi réduit que possible, sous peine de voir l'efficacité diminuer de façon excessive, sa constitution et son montage sur le bogie posent des problèmes d'ordre mécanique. En second lieu, le courant magnétisant est important, il est nécessaire de disposer d'une source d'alimentation abondante. Chaque frein à la forme d'un parallélépipède très allongé.

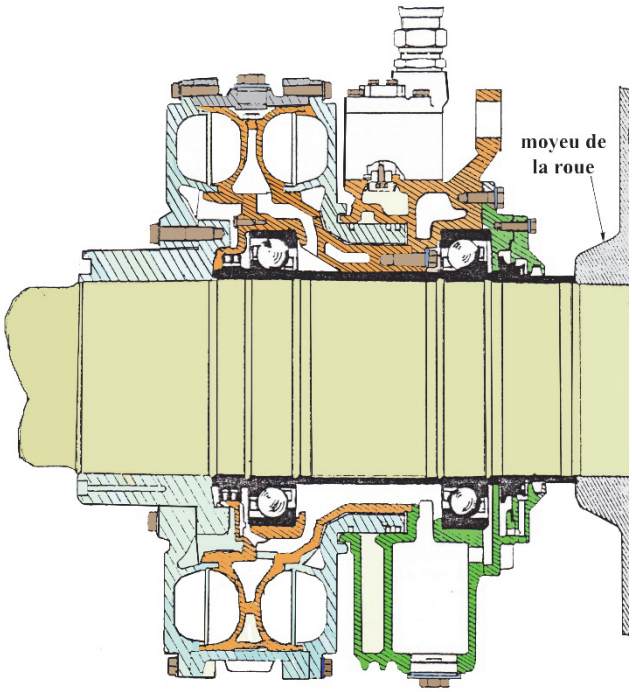
Il comporte une carcasse massive fortement raidie à sa partie supérieure (résistance aux efforts verticaux), supportant les pôles, et deux demi-pôles (un à chaque extrémité). Les bobines sont connectées en série de telle sorte que le champ magnétique se referme par le rail entre deux pôles successifs.

Cependant, l'application de tels freins sur les bogies TGV, bien que très séduisante, ne peut être envisagée par suite de l'échauffement des rails qui résulterait, soit en freinage d'urgence, soit de freinages de service moins intenses, mais répétés à intervalles rapprochés dans les zones de ralentissement et d'arrêt. La majeur partie de l'énergie cinétique détruite par les freins se retrouve sous forme de chaleur dans le rail, tout au long du parcours de freinage, l'échauffement étant indépendant de la vitesse de circulation, sauf au-dessous de 120 km/h, vitesse à partir de laquelle l'effort retardateur décroît jusqu'à devenir nul à l'arrêt. Par ailleurs, cet équipement alourdit les bogies et abaisse de ce fait leur vitesse critique, ce qui constitue un inconvénient pour la pratique des vitesses élevées.

FREINS HYDRAULIQUES :

Ce frein se compose d'un rotor lié directement ou indirectement aux essieux et d'un stator lié à une partie fixe de l'engin. Rotor et stator sont munis d'aubages disposés de telle façon qu'une circulation forcée d'huile dans le frein engendre un couple retardateur sur le rotor.

Sur matériel remorqué :



Coupe d'un frein hydraulique pour véhicule remorqué.

Le rotor est directement calé sur l'essieu et le stator est rendu solidaire du châssis de bogie par une bielle. Le remplissage du frein est assuré par des pompes électriques. Celles-ci sont commandées par un appareillage qui a pour but de réguler le degré de remplissage en fonction de la pression établie dans la CG. Ainsi la valeur du couple retardateur, qui dépend du degré de remplissage, est finalement fonction de la pression régnant dans la CG.

De toute façon, le respect des performances de freinage imposées par la règlementation conduirait finalement à une installation plus complexe que les équipements actuels, tels que semelles + disques. Enfin la maintenance en service pourrait poser des problèmes compte tenu des règles d'exploitation et d'entretien de ce type de matériel. Pour toutes ces raisons, le frein hydraulique, malgré l'intérêt incontestable qu'il offre d'être « sans usure », n'a pas été retenu par la SNCF pour l'équipement des voitures. Il en va par contre, tout différemment pour certains engins moteurs.

Application aux engins moteurs :

L'application du frein hydraulique aux engins moteurs équipés d'une transmission de ce type est particulièrement intéressante car on dispose déjà de la réserve d'huile et de la pompe propres à la transmission. Seule peut être nécessaire une augmentation du refroidisseur selon le régime de fonctionnement du frein.

- **Installation** :

  Comme le montre les deux figures ci-dessous, le frein est monté à l'extrémité de la boîte :

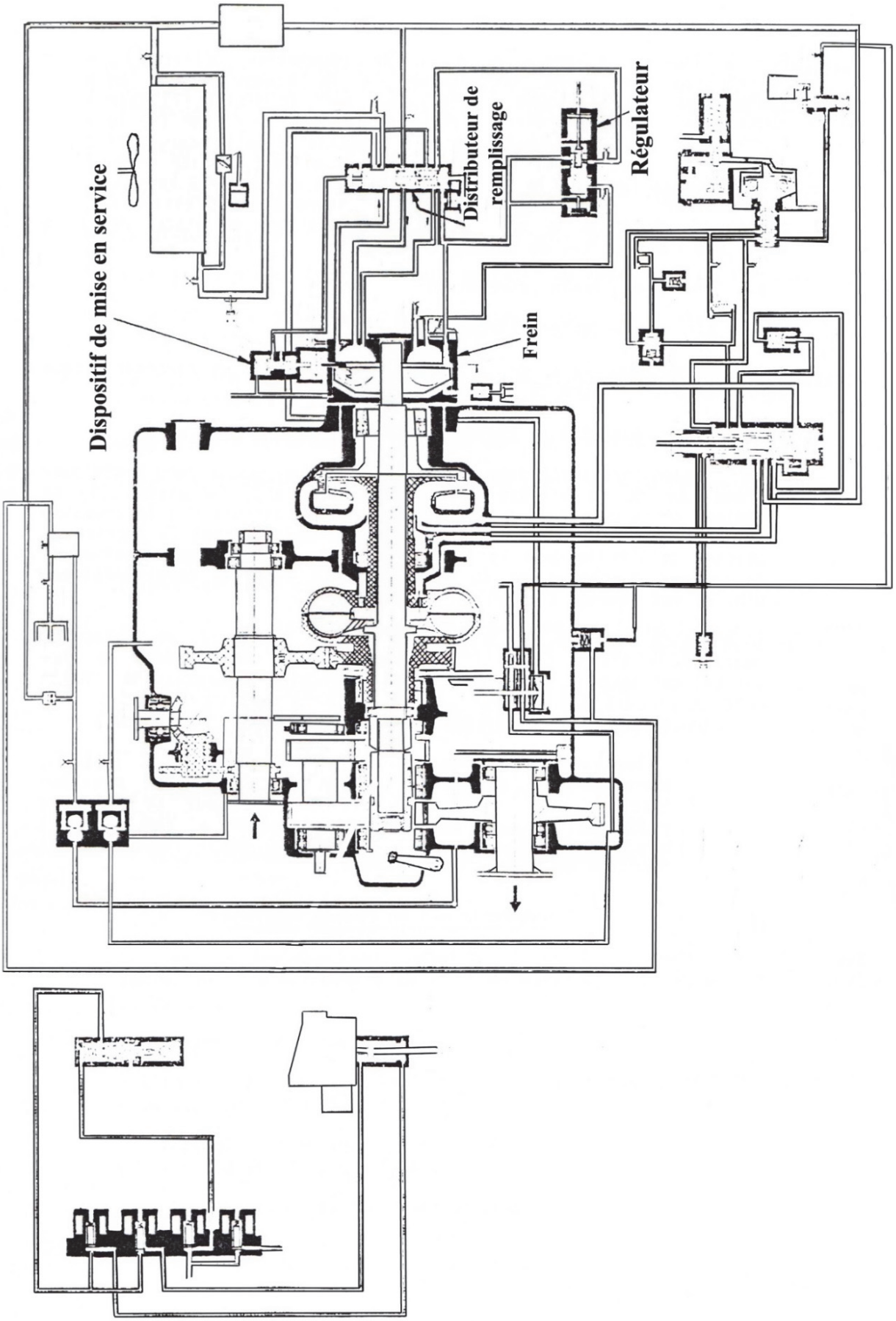
  * Stator fixé sur le carter.
  * Rotor calé sur l'arbre secondaire.

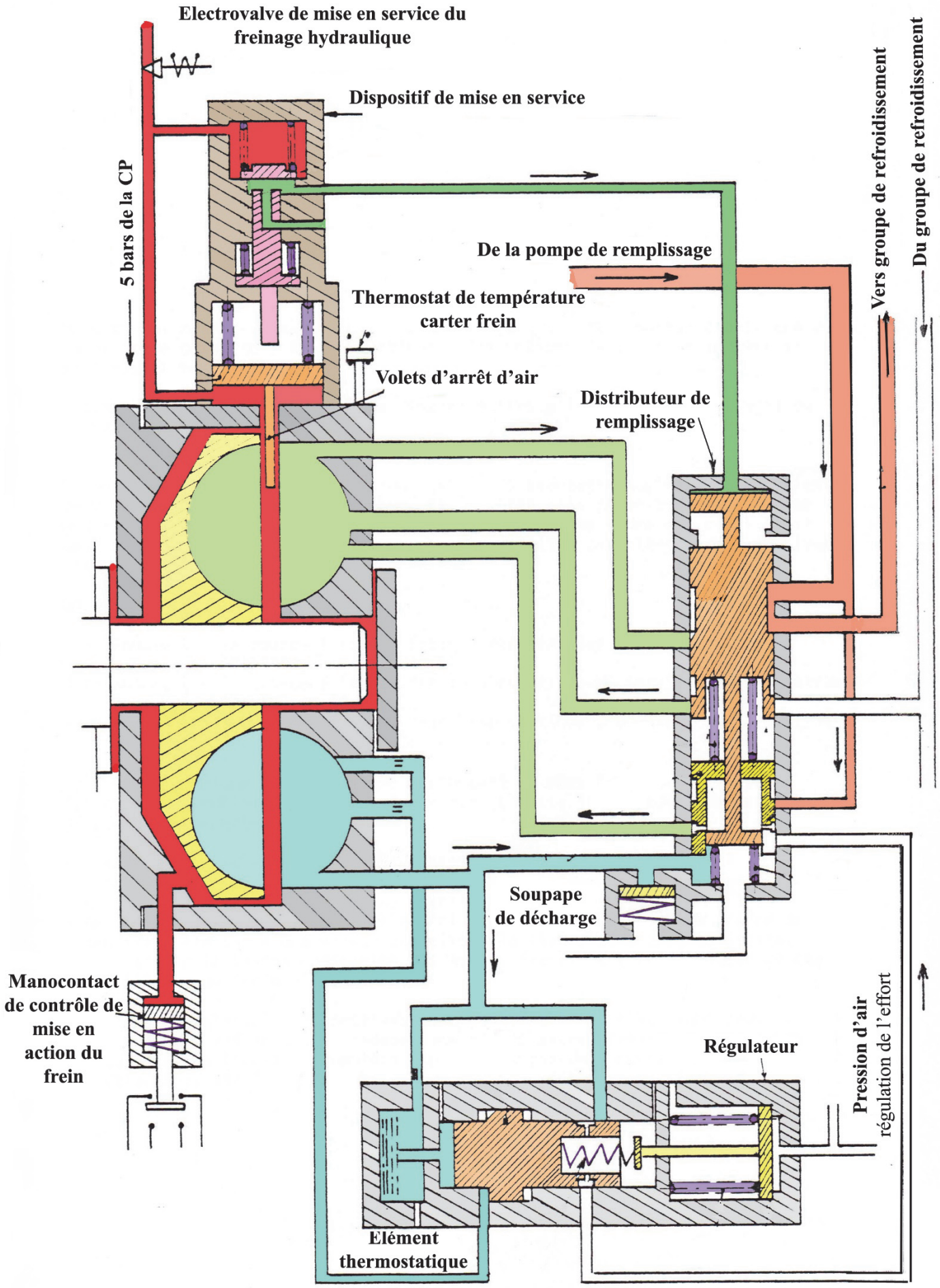
  Le rotor, placé en amont de l'inverseur, n'a qu'un seul sens de rotation ; ceci permet de donner aux aubages l'inclinaison assurant la pleine efficacité.

  Afin de réduire la puissance qui serait absorbée par le brassage de l'air, en dehors des périodes de freinage, le flux d'air est interrompu par des volets interposés entre stator et rotor.

Les principaux accessoires associés au frein sont :

* Le dispositif de mise en service.
* Le distributeur de remplissage.
* Le régulateur.




Electrovalve de mise en service du freinage hydraulique
Dispositif de mise en service
5 bars de la CP
De la pompe de remplissage
Thermostat de température carter frein
Volets d'arrêt d'air
Distributeur de remplissage
Vers groupe de refroidissement
Du groupe de refroidissement
Soupape de décharge
Manocontact de contrôle de mise en action du frein
Régulateur
Pression d'air régulation de l'effort
Elément thermostatique

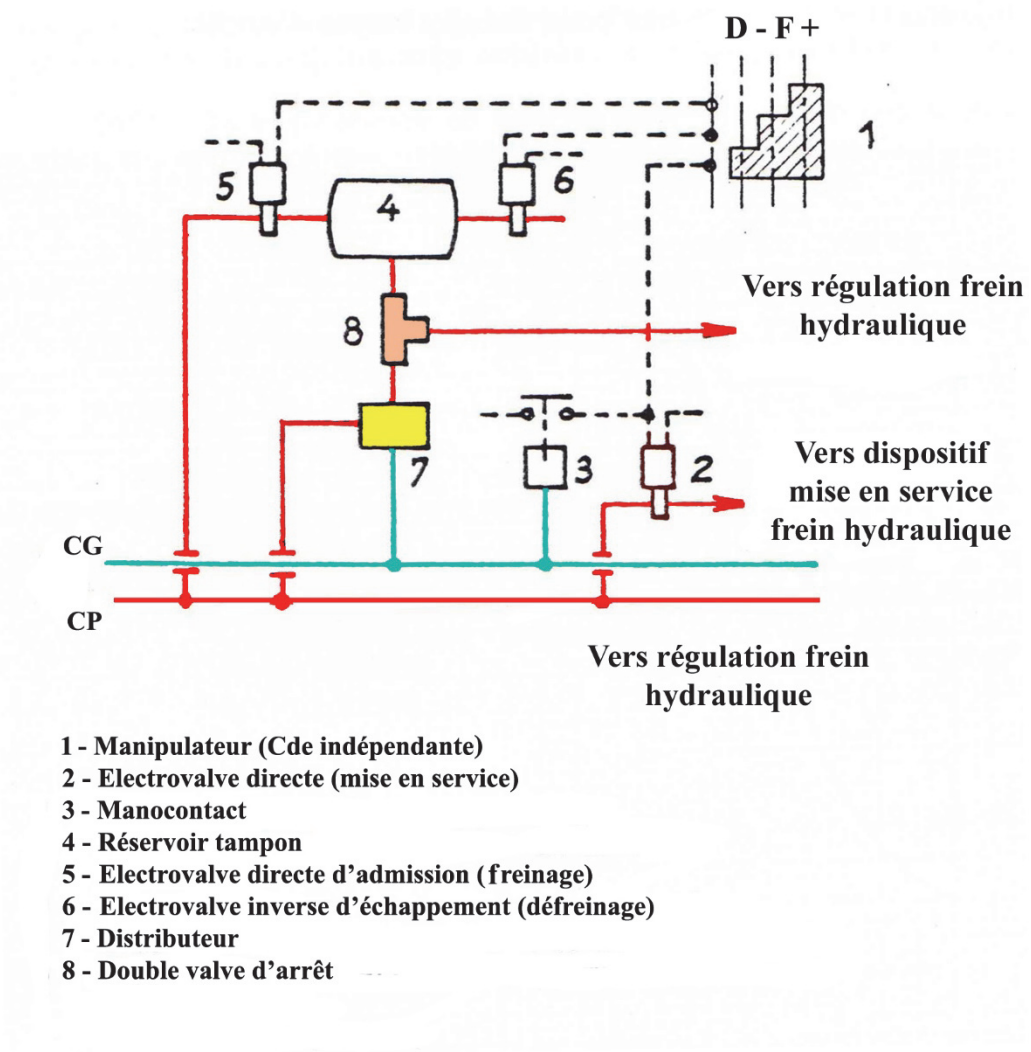
- **Performances** :

La puissance de définition du frein est généralement atteinte à 25 % de la vitesse maximale. Il est donc nécessaire, dans la gamme des vitesses supérieures, de réguler l'effort pour ne pas dépasser cette puissance. Toutefois, l'inertie calorifique du circuit de refroidissement permet de dépasser la puissance de définition lors des freinages de courte durée (freinages d'arrêt, y compris d'urgence).

- **Schéma général de l'installation** :

La figure ci-dessous donne le schéma de l'installation électropneumatique qui permet de mettre en œuvre le frein hydraulique. L'exemple donné est celui de l'autorail X 2100 qui comporte deux commandes :

* Une commande indépendante.
* Une commande par le robinet de frein automatique, par l'intermédiaire de la CG.



FREINS ELECTRIQUES :

De nombreux matériels électriques sont équipés d'un frein électrique dont le principe consiste à faire fonctionner les moteurs de traction en génératrice et à les faire débiter :

- Dans des résistances (celles de démarrage lorsqu'il y en a) : il s'agit du frein rhéostatique.
- Ou dans la caténaire : il s'agit du frein à récupération.

L'une ou l'autre de ces dispositions ont leurs avantages et leurs inconvénients, suivant le schéma de l'engin moteur. En tout cas, ils permettent de disposer grâce à l'engin moteur d'un effort retardateur du même ordre

que celui qu'il peut exercer en traction (et même supérieur car les caractéristiques passives s'ajoutent, au lieu de se retrancher).

<u>Le frein électrique peut être commandé de deux façons</u> :

- Par le robinet de frein automatique. L'installation comporte des dispositifs permettant : d'asservir la valeur de l'effort retardateur du frein électrique à l'importance de la dépression dans la CG ; de limiter sur l'engin moteur l'effort développé par les autres freins de manière à limiter à une valeur acceptable le taux d'adhérence sollicité et enfin de rétablir la pleine efficacité des autres freins de l'engin moteur en cas de défaillance du frein électrique.

- Le frein électrique peut également être mis en œuvre indépendemment des autres freins par manœuvre du manipulateur de traction (ce mode de commande est très apprécié sur les faibles pentes car il est graduable et se prête bien à la réalisation de vitesses constantes). Il n'entraîne pas de dommages directs pour les surfaces des roues mais est également tributaire de l'adhérence.

Quant à l'utilisation combinée du frein électrique et des autres freins, elle permet de conférer à l'engin moteur une efficacité de freinage qu'il ne serait pas possible d'atteindre par les seuls freins à frottement, compte tenu de certains impératifs de construction (impossibilité par exemple de freiner chaque roue par des semelles situées de part et d'autre). Toutefois, la prise en considération du frein électrique, dans la détermination de l'efficacité du freinage, implique que ce frein satisfasse au minimum les conditions obligatoires énoncées par la fiche UIC 544-2 et qui sont rappelées ci-après :

- Le frein électrique doit être constitué de manière que, dans le cas du freinage rapide, la régulation de l'effort électrique en fonction de la vitesse soit automatique et confère au frein une efficacité donnée.

- Lorsqu'on fait agir simultanément le frein électrique et le frein pneumatique, la puissance de freinage globale doit être définie de manière à éviter les risques d'enrayage.

- L'efficacité du freinage électrique doit rester pratiquement indépendante des fluctuations de tension ou de fréquence tolérées dans les lignes de contact.

- Le frein électrique doit agir dans la gamme de vitesse la plus large possible et, en particulier, couvrir la gamme supérieure des vitesses.

- Le frein électrique doit être prêt au fonctionnement en tout temps. La manœuvre du robinet de frein pneumatique doit entraîner automatiquement la mise en action du frein électrique.

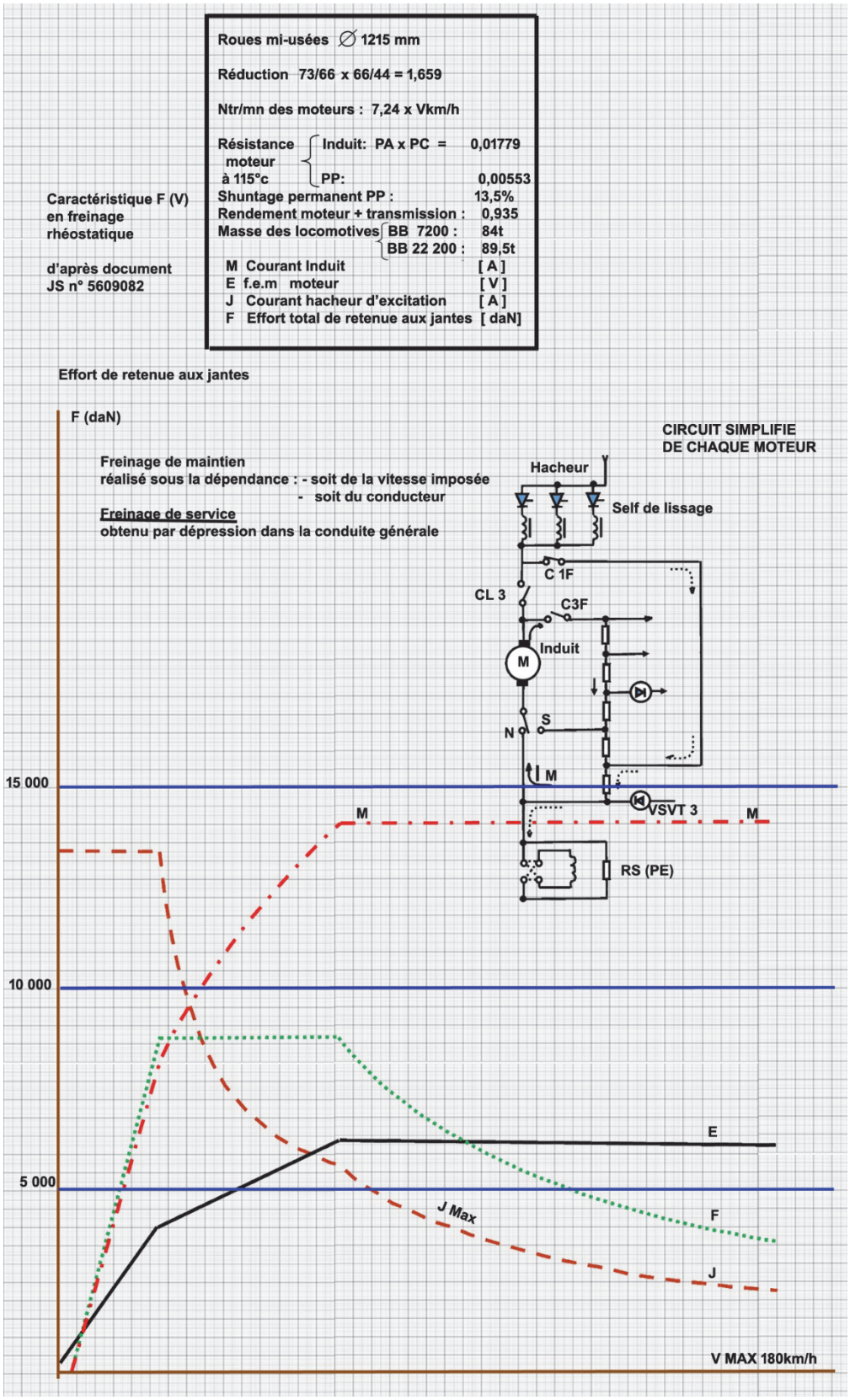
- Les Administrations appelées à conclure un accord pour l'utilisation du frein électrique doivent chiffrer en tonnes de poids-frein la réduction qui résulterait d'une défaillance du frein électrique, compte tenu des conditions dans lesquelles le frein pneumatique intervient alors en effort et délai. La limite à fixer pour cette réduction de poids-frein doit être définie par les Administrations contractantes. Pour fixer les idées, des réductions de 20 à 30 % peuvent dans beaucoup de cas être considérées comme admissibles.

- Les cabines de conduite doivent être équipées d'appareils de mesure indiquant, au moins pour l'engin correspondant, l'intensité du courant de freinage ou l'effort de freinage.

- Le poids-frein du frein électrique doit être déterminé selon les dispositions de la fiche N° 544-1.

- Lorsque la combinaison des freins électrique et pneumatique a été prévue, la valeur du poids-frein correspondant à cette combinaison doit être inscrite en chiffres rouges à l'extérieur du véhicule ; celle du frein pneumatique étant inscrite en chiffres de couleur habituelle.

- Le frein électrique doit entrer en action automatiquement en cas de freinage d'urgence (signal d'alarme) ou lors des freinages déclenchés par tout système d'automatisation (dispositif de veille automatique, dispositif de contrôle de vitesse,…).



Locomotives BB 7200 et BB 22200. (Deux moteurs TAB-674).

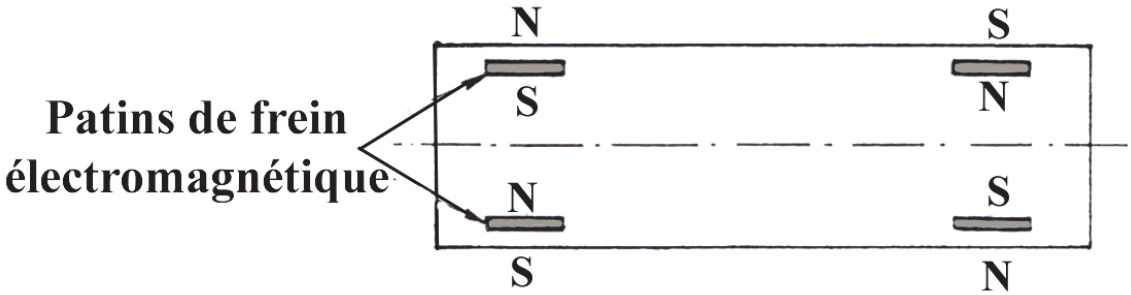
FREINS ELECTROMAGNETIQUES :

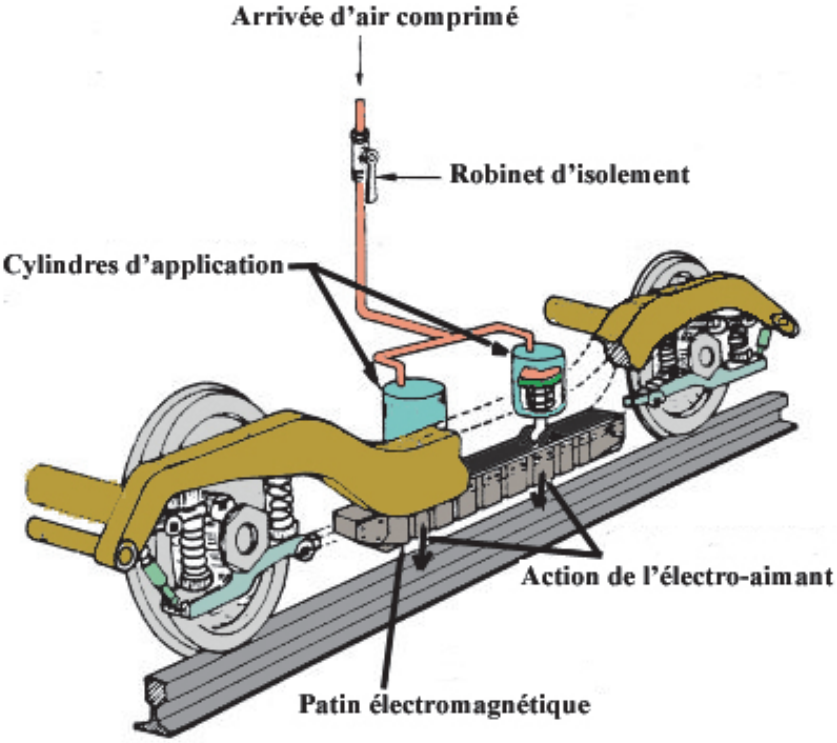
Passons sans insister sur certaines réalisations des débuts de l'ère des chemins de fer, où les sabots de freins agissaient verticalement en prenant appui sur le rail. Si l'on considère qu'avec la fonte, la somme des efforts aux sabots dépasse le plus souvent le poids du véhicule, on voit tout de suite que ce mode de freinage est très limité et peut être considéré comme dangereux.

Une application plus sérieuse du même procédé est constituée par le frein électromagnétique. Il s'agit d'appliquer grâce à un champ magnétique créé par un enroulement électrique, un patin sur le rail. Un tel équipement comprend deux patins magnétiques, montés entre les roues d'un bogie, maintenus en position haute par des ressorts. Au moment du freinage, des cylindres pneumatiques écrasent ces ressorts de suspension et appliquent les patins sur les rails avec un effort d'environ 2700 daN par véhicule ; en même temps l'enroulement électrique est alimenté et crée un champ magnétique intense qui augmente l'effort d'application du patin sur le rail. On obtient ainsi un appoint de freinage non négligeable par frottement sur les rails.

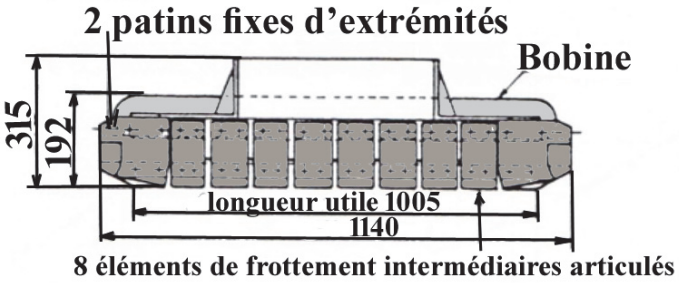
Des critiques ont été formulées à l'égard de ce mode de freinage, en particulier celle de dénaturer l'acier des rails par des trempes locales dites « taches bleues » pouvant devenir l'amorce de fissures. Par ailleurs, on a craint de voir se créer dans le rail des courants parasites dûs à l'induction et susceptibles d'agir dangereusement sur la signalisation.

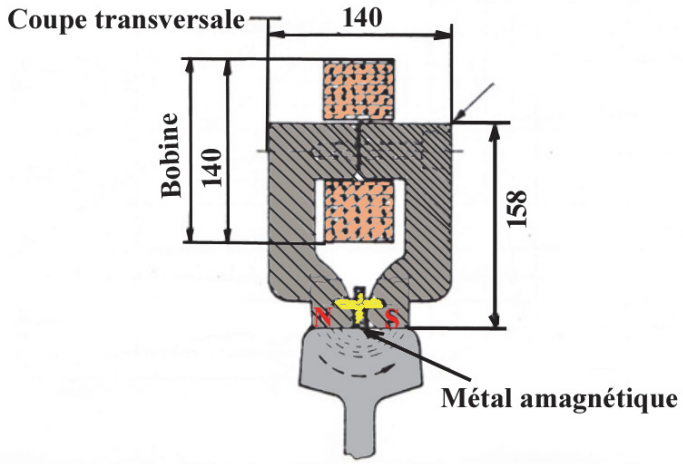
Il est maintenant admis que ces effets ont été suffisamment atténués par les patins électromagnétiques modernes notamment les patins articulés en inversant, sur chaque véhicule, le branchement électrique des patins. De ce fait les inductions s'annulent sensiblement par l'opposition des champs magnétiques se succédant dans la même file de rails. Il existe également des patins tétrapolaires où apparaissent dans chaque moitié du patin des champs inversés.





La figure ci-dessous montre l'un des patins. Il est articulé, c'est-à-dire composé d'une série d'éléments possédant entre eux un degré de liberté, pour lui permettre d'épouser les inégalités éventuelles du rail et accroître ainsi la surface réelle de contact.

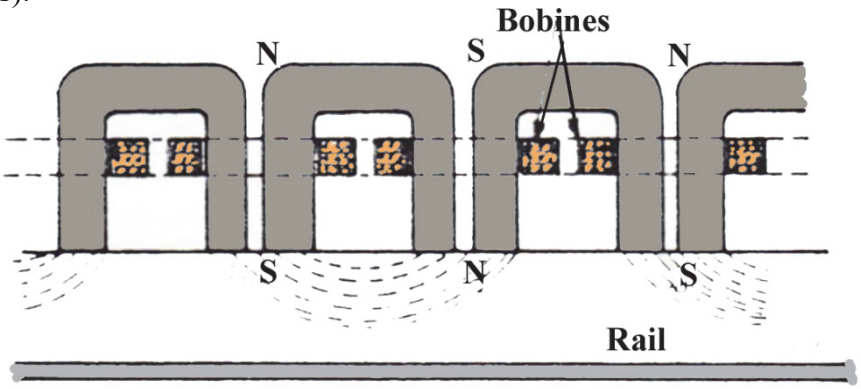




Chaque patin comporte de plus des éléments d'extrémités, solidaire de l'ossature qui servent au guidage du patin. Les éléments intermédiaires indépendants, en forme de fer à cheval, sont disposés transversalement à l'axe du rail et magnétisés par une ou plusieurs bobines.

Les branches de chaque éléments, assemblées par vis peuvent être facilement remplacées lorsque leur limite d'usure est atteinte. Au niveau de leur face active ces deux branches sont séparées par une entretoise amagnétique qui oblige le champ magnétique à se refermer à travers le rail et à provoquer ainsi l'autocentrage du patin.

Cette disposition est maintenant la seule à être retenue par les constructeurs. Il existe, en effet, des patins magnétiques avec lesquels le champ magnétique qui passe dans le rail est parallèle à l'axe longitudinal de la voie (figure ci-dessous).



Cette conception a été abandonnée car ces patins ne sont pas autocentreurs et leur déplacement transversal doit être limité par des buttées élastiques sur lesquelles ils s'appuient en permanence. De plus, le remplacement des éléments de frottement est difficile car il ne peut se faire que par le haut où l'accès est malaisé.

Les mesures de l'inductance effectuées sur des éléments de frottement en acier doux et en fonte GS ont montré que ces deux matériaux avaient des caractéristiques magnétiques comparables. La fonte GS a été retenue pour la confection de ces pièces car son usure se résorbe en fines poussières alors que l'acier doux donne naissance à des bavures, fortement laminées, qui peuvent :

- Former entrefer entre le patin et le rail.
- Rejoindre les deux branches d'un élément de frottement, dérivant ainsi une partie du flux devant passer par le rail, ce qui diminue l'effort d'application sur la voie.

- En se détachant, venir shunter des joints isolants des circuits de voie.

Des améliorations, apportées à la conception des patins magnétiques, ont permis de les rendre plus performants.

Pour situer les idées l'effort retardateur moyen, développé lors d'un arrêt à 120 km/h, a pu être augmenté de 400 à 530 daN. Ce résultat a été obtenu (suivant le constructeur) :

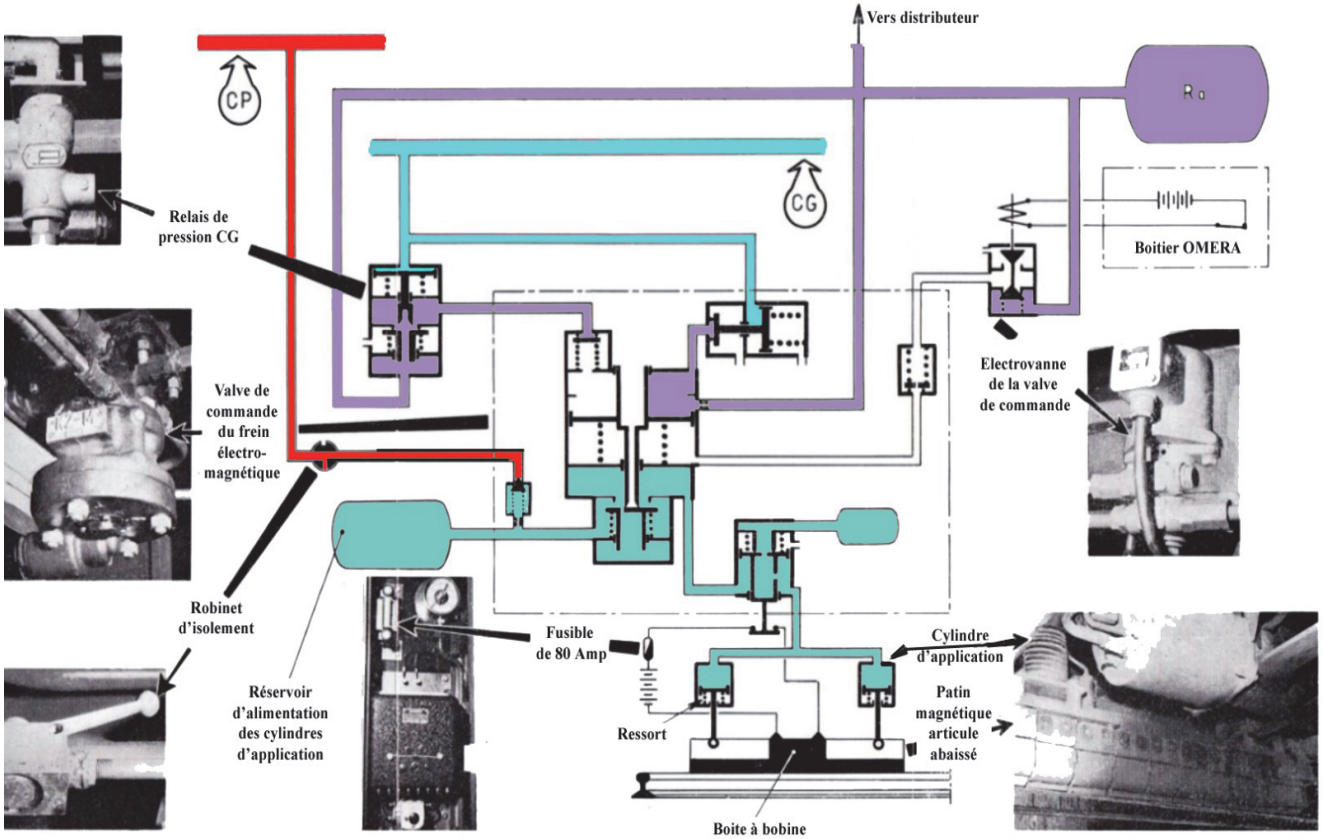
- En portant la longueur active des patins de 1,000 m à 1,300 m et en dimensionnant plus largement la section des deux branches des éléments de frottement.
- Grâce à une meilleure utilisation des ampères-tours excitateurs. Chaque élément de frottement en acier doux, avec semelle d'usure en fonte rapportée par boulons, est enveloppé sur les quatres faces par une bobine.

C'est ainsi que tous les véhicules remorqués freinés fonte (voitures « grand confort ») composant les trains circulant à 200 km/h en ont été munis pour respecter les distances d'arrêt minimales imposées par la préannonce. Le frein électromagnétique permettant une réduction de la distance d'arrêt d'environ 25 %.

La puissance électrique absorbée est d'environ 1 à 1,5 kw.

Le frein électromagnétique est commandé automatiquement. Il est généralement mis en action lorsque la pression dans la CG est abaissée à 2,8 bars. Il est relevé au cours de la réalimentation de la CG et, sur certains équipements, systématiquement lorsque la vitesse devient inférieure ou égale à 50 km/h, afin d'éviter le broutage aux faibles vitesses.

L'équipement de patins magnétiques alourdit les bogies et abaisse de ce fait leur vitesse critique, ce qui constitue un inconvénient pour la pratique des vitesses élevées (les TGV ne sont pas équipés du frein électromagnétique, seul le TGV 001 en a été pourvu pour les essais). Ce dispositif est ainsi interdit de fonctionnement sur certains réseaux ferroviaires. De plus, l'énergie de freinage transmise au rail, se traduisant par son échauffement, son utilisation doit faire l'objet d'un accord avec le gestionnaire d'infrastructure, lequel est susceptible d'en limiter le niveau d'intensité. Enfin la démonstration de la sécurité de ce type de freinage reste encore incomplète pour pouvoir le prendre en compte pour la détermination de la distance d'arrêt garantie au sens de la signalisation ferroviaire.



Frein électromagnétique : équipement voiture. Type « Capitole ».

Restrictions d'accès aux LGV des trains utilisant le Freinage à Courants de Foucault (FCF) :

Nombre de trains utilisant le FCF admis par heure et par voie sur la LGV Est Européenne :

- Entre Vaires et Beaudrecourt :

	Type de FCF	STI 2/3	STI	Valéro-D en UM
Température du rail				
Supérieure ou égale à 40°C et inférieure ou égale à 45°C		8	5	5
Supérieure à 45°C		1	1	1

- Entre Beaudrecourt et Vendenheim :

	Type de FCF	STI 2/3	STI	Valéro-D en UM
Température du rail				
Supérieure ou égale à 40°C et inférieure ou égale à 45°C		8	5	5
Supérieure à 45°C		3	1	1

Nombre de trains utilisant le FCF admis par heure et par voie sur la LGV Rhin Rhône :

	Type de FCF	STI 2/3	STI	Valéro-D en UM
Température du rail				
Supérieure ou égale à 40°C et inférieure ou égale à 45°C		8	5	5
Supérieure à 45°C		3	1	1

Autres LGV : l'utilisation du FCF est interdite sur les autres LGV quelle que soit la température du rail.

CONJUGAISON DES FREINAGES :

De nombreux engins moteurs sont équipés d'un frein dynamique (électrique ou hydraulique) complété par un frein à frottement. L'efficacité des freins dynamiques diminue fréquemment au-dessous d'un certain seuil de vitesse ; il peut donc être nécessaire, dans certains cas, de compenser cette baisse d'efficacité par une augmentation de l'effort développé par le frein à frottement dans la gamme des basses vitesses. De plus il est nécessaire de rétablir la pleine efficacité du frein à frottement, lorsque le frein dynamique est affecté par une panne accidentelle.

Enfin, l'effort retardateur maximal que peut développer, sans dommage, un frein à frottement dépend, en partie, de la vitesse à laquelle le freinage est déclenché. On peut aussi admettre parfois une sollicitation des freins, lors d'un freinage d'urgence, supérieure à la valeur limite que l'on se fixe lors des freinages de service.

Il peut en conséquence, notamment pour des engins à grande vitesse, de prévoir deux étages d'efforts, le changement d'étage étant commandé par :

- Une information vitesse.
- Une information représentative du type de freinage déclenché (service ou urgence).
- Une combinaison des deux informations.

Ces différents impératifs de fonctionnement sont réalisés par les dispositifs de conjugaison/substitution dont quelques exemples sont décrits ci-après :

<u>Eléments automoteurs Z2 :</u>

Chaque bogie moteur est équipé avec :

- Un frein à sabots (matière composite à haut coefficient de frottement) capable de développer un effort retardateur maximal d'environ 31 kN.
- Un frein électrique capable de développer un effort maximal à la jante :
  . D'une valeur constante entre 8 et 88 km/h.
  . Correspondant à une puissance constante d'environ 525 kw entre 88 et 160 km/h.

Au-dessous de 8 km/h l'effort retardateur décroît rapidement. Certaines considérations ont conduit à n'utiliser que le seul frein à sabots pour réaliser les freinages d'urgence. Le frein électrique n'est donc utilisé que pour les freinages de service pour lesquels on s'est fixé un effort retardateur maximal de 31 kN, obtenu par l'action conjuguée des freins électriques et à sabots.

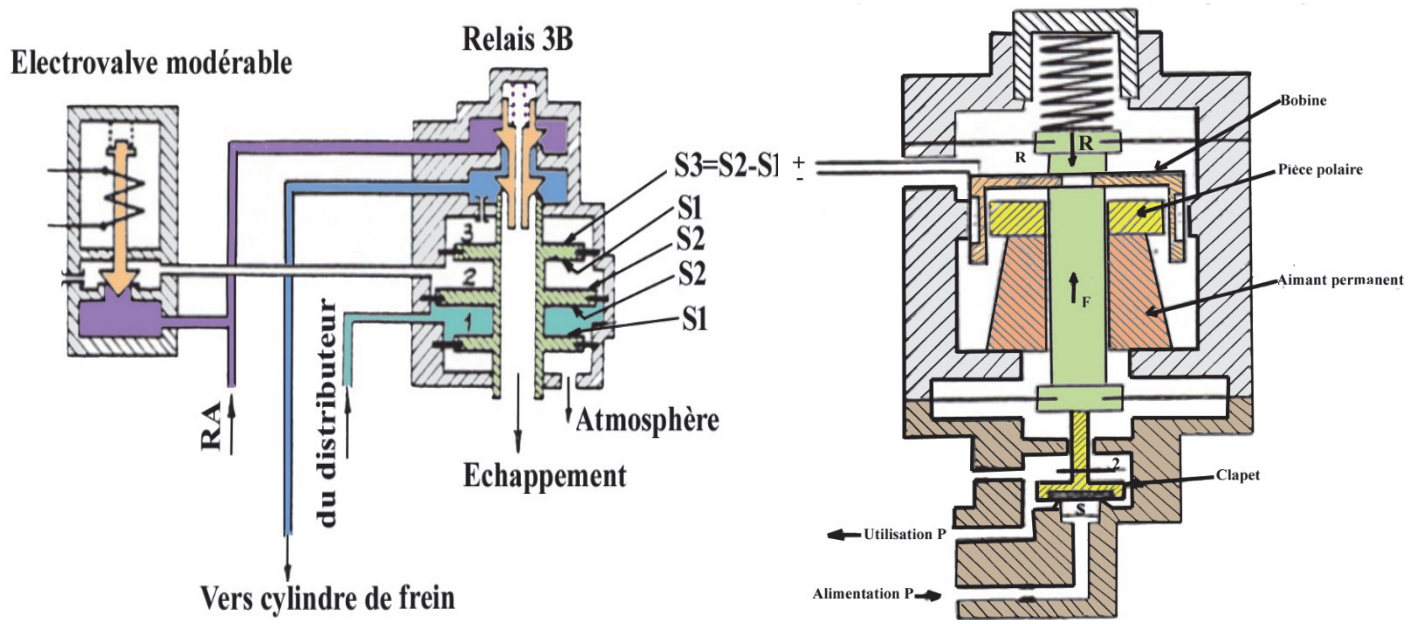
La conjugaison des deux systèmes de freinage est réalisée à l'aide d'un dispositif représenté par la figure ci-dessous et qui comprend : un relais à fonctions multiples 3B et une électrovalve modérable qui permet d'obtenir une pression pneumatique variable entre deux limites en fonction d'un courant continu, la caractéristique p = f(I) étant une fonction croissante.

Quand le courant est nul, l'effort du ressort maintient le clapet sur son siège et la pression délivrée dans le circuit d'utilisation est nulle (p = 0).

Quand le courant qui parcourt la bobine est maximum, la force F qui agit à l'encontre de celle du ressort est supérieure à R (F > R). la pression délivrée dépend alors de la pression d'alimentation et des caractéristiques de construction de l'appareil (orifices calibrés placés sur les circuits d'alimentation et de mise à l'atmosphère).

Quand le courant qui parcourt la bobine est compris entre 0 et I max la levée du clapet dépend de l'équation d'équilibre : R = KI + PS – p (S – s) et la pression délivrée p est égale à :

$$p = \frac{KI + PS - R}{S - s}$$



Dispositif de conjugaison des deux systèmes de freinage

Vitesse	Pression (bar)			Effort retardateur (Kn)		
	Chambre 1 (distributeur)	Chambre 2 (E1. Valve modérable)	Chambre 3 (cylindre)	Frein à sabots	Frein électrique	Total
160	3,8	1,4	2,4	19,2	11,8	31
130	3,8	1,7	2,1	16,5	14,5	31
88 à 8	3,8	2,5	1,3	1,3	21,5	31

Valeurs de pression au freinage maximal de service
Electrovalve modérable directe

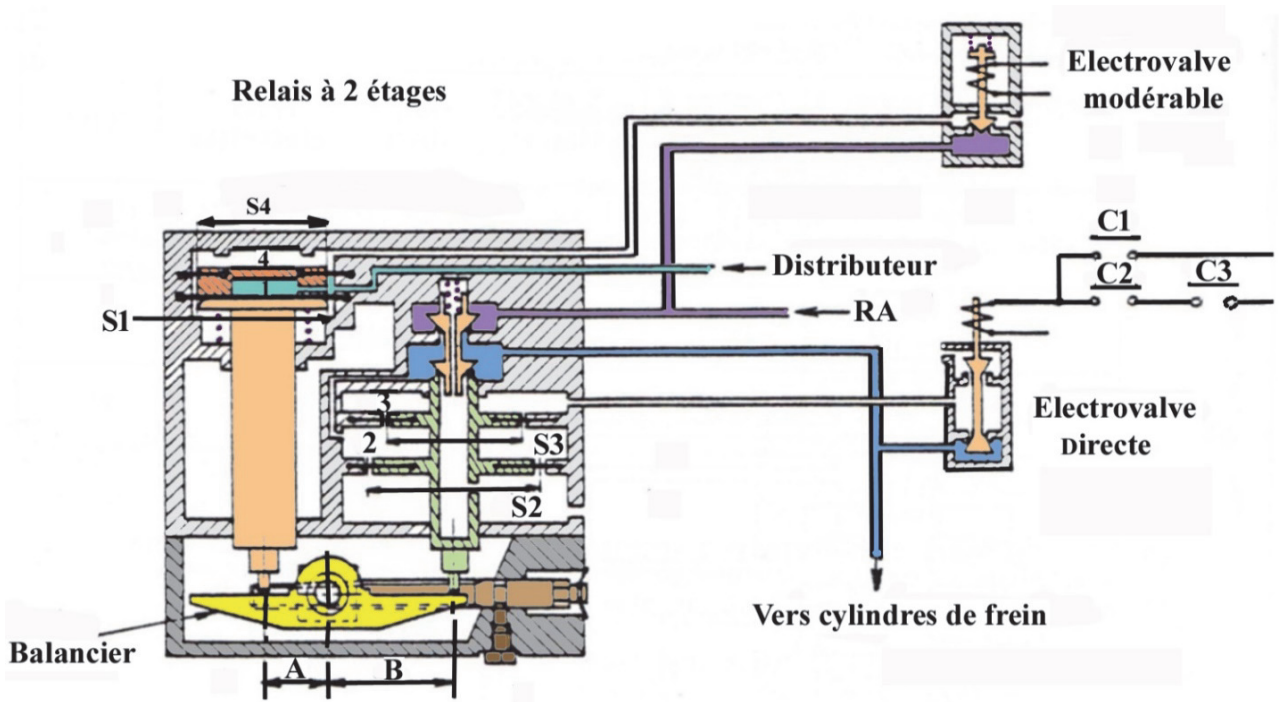
Lors d'un freinage d'urgence ou bien en cas de panne du frein électrique au cours d'un freinage de service, l'électrovalve est mise hors tension et la chambre 2 est mise à l'atmosphère. Le relais 3B fonctionne alors au rapport 1/1. Pression cylindres = pression distributeur.

Rames TGV PSE :

- **Bogie moteur** :
  Chaque bogie moteur comporte un frein à sabots et un frein électrique.

  En commande automatique il n'y a pas de conjugaison entre les deux systèmes, si ce n'est bien entendu au niveau de la CG dont dépendent ces deux freins. Toutefois les possibilités connues du frein à sabots ont conduit à le solliciter qu'entre :
  * 160 km/h et l'arrêt, lors des freinages de service.
  * 200 km/h et l'arrêt, lors des freinages d'urgence.

  Au-delà de ces vitesses, la pression dans les cylindres est ramenée au quart de sa valeur. La distinction entre freinage de service et d'urgence est faite en contrôlant la pression effectuée dans la CG.
  Pour réaliser ces conditions de fonctionnement on a recours au dispositif représenté ci-dessous et qui comporte essentiellement un relais à deux étages et une électrovalve directe.

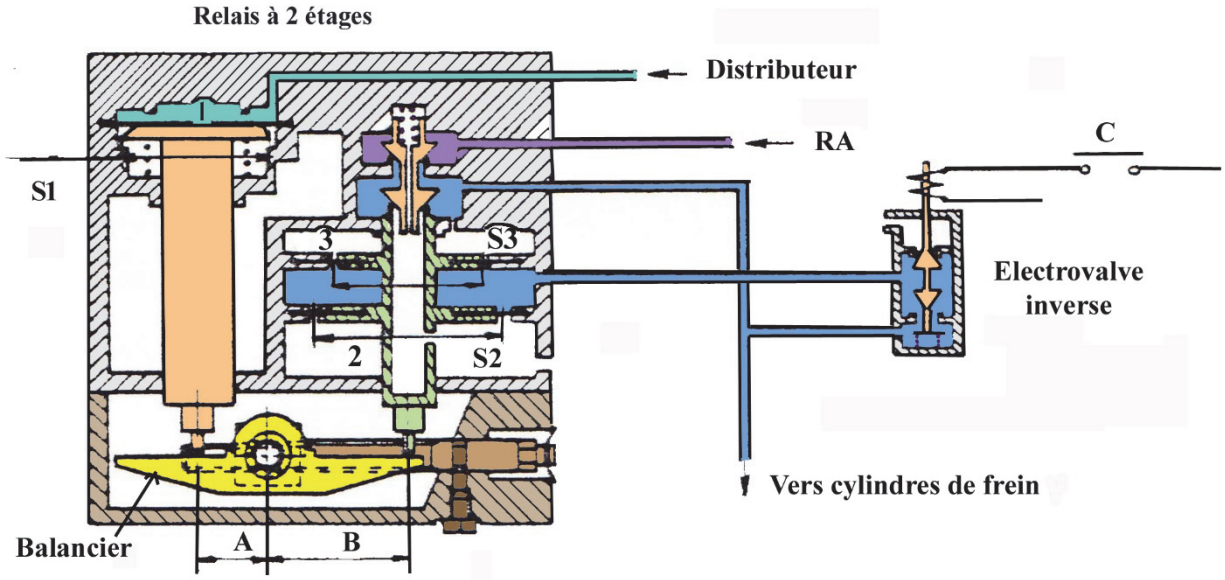


Lorsque le frein électrique est commandé par le manipulateur de « Traction / Freinage électrique » ou par le dispositif de « Vitesse Imposée (VI) », c'est-à-dire sans action sur la CG, il y a conjugaison entre ce frein et

le frein à sabots, pour compenser, dans certaines zones de basses vitesses (0 à 40 Km/h environ), la baisse d'efficacité du frein électrique liée à sa caractéristique. Cette conjugaison est réalisée à l'aide d'une électrovalve modérable qui alimente la chambre 4 du relais à une pression sensiblement proportionnelle au courant de commande de cette électrovalve, ce courant étant lui-même l'image de la différence :

« Effort électrique affiché - Effort électrique réel »

- **Bogie porteur** :
  Les nouvelles performances de freinage (remplacement des semelles de frein par des disques à deux étages de pression) permettant la mise en service des rames à 300 km/h au lieu de 270 km/h.



Locomotive BB 7200 :

Ces locomotives sont équipées d'un frein à sabots (semelles en matériau composite à haut coefficient de frottement) et d'un frein rhéostatique.

Chacun de ces freins peut être mis en œuvre indépendamment :
- Par le robinet de frein direct, pour le frein à semelles.
- Par le manipulateur de traction après mise en position « freinage » du sélecteur « traction-freinage », pour le freinage rhéostatique.

Les deux systèmes de freinage peuvent aussi être mis en œuvre simultanément par le robinet de frein automatique.

Lorsque le frein rhéostatique est commandé par le manipulateur de traction, l'effort développé par ce frein est complété dans la plage des vitesses inférieures à 25 km/h environ par un apport du frein à semelles ; celui-ci fournit alors un effort qui augmente au fur et à mesure que diminue l'efficacité du frein rhéostatique.

En freinage automatique de service (dépression dans la CG < 1,7 bar), le frein à semelles est normalement neutalisé par interruption de la liaison « distributeur => cylindres de frein ». Toutefois la baisse d'efficacité du frein rhéostatique aux basses vitesses est compensée par un apport du frein à semelles dans des conditions identiques à celles indiquées pour le freinage réalisé par le manipulateur de traction.

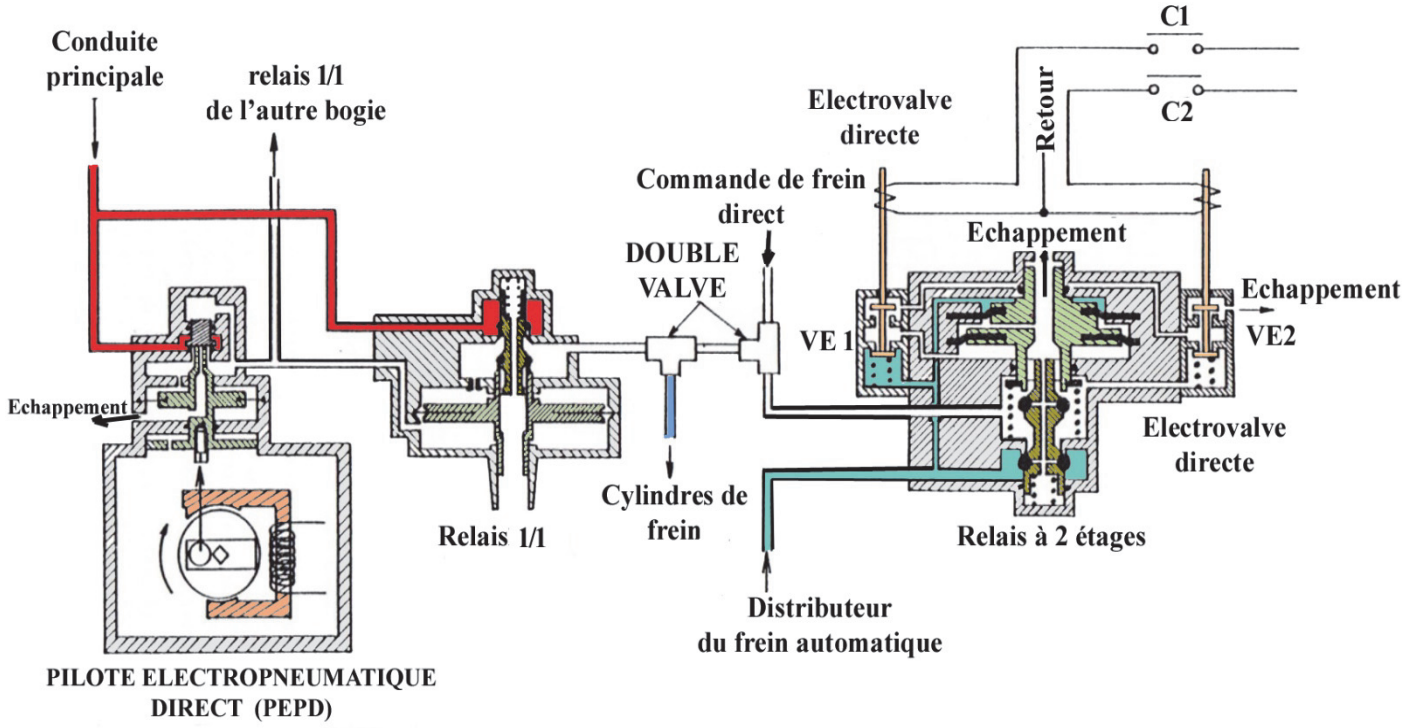
En freinage automatique d'urgence les freins rhéostatiques et à sabots agissent en superposition. Le frein à semelles comportent deux étages d'effort retardateur correspondant respectivement à des pressions dans les cylindres de freins égales à :
- 2,2 bars entre la vitesse maximale et 60 km/h environ.
- 3,8 bars entre 60 km/h et l'arrêt.

Ce dispositif comporte deux sous-ensembles correspondant aux fonctions :

- Conjugaison des freins rhéostatique et à semelles aux basses vitesses.
- Neutralisation du frein à semelles en freinage automatique de service et substitution du frein à semelles au frein rhéostatique en cas de panne de ce dernier au cours d'un freinage automatique.

La fonction conjugaison est assurée par un pilote électropneumatique direct (PEPD), qui a un rôle analogue à celui d'une électrovalve modérable, associé à un relais de débit de rapport 1/1.

Les fonctions neutralisation et substitution sont assurées par un relais à fonctions multiples.



Pour satisfaire les conditions de fonctionnement précitées on a recours au dispositif schématisé ci-dessus.

Freinage des autres types de TGV:

Le freinage de ces TGV est quasiment identique pour toutes les séries.

- **Freinage bogies moteurs** :

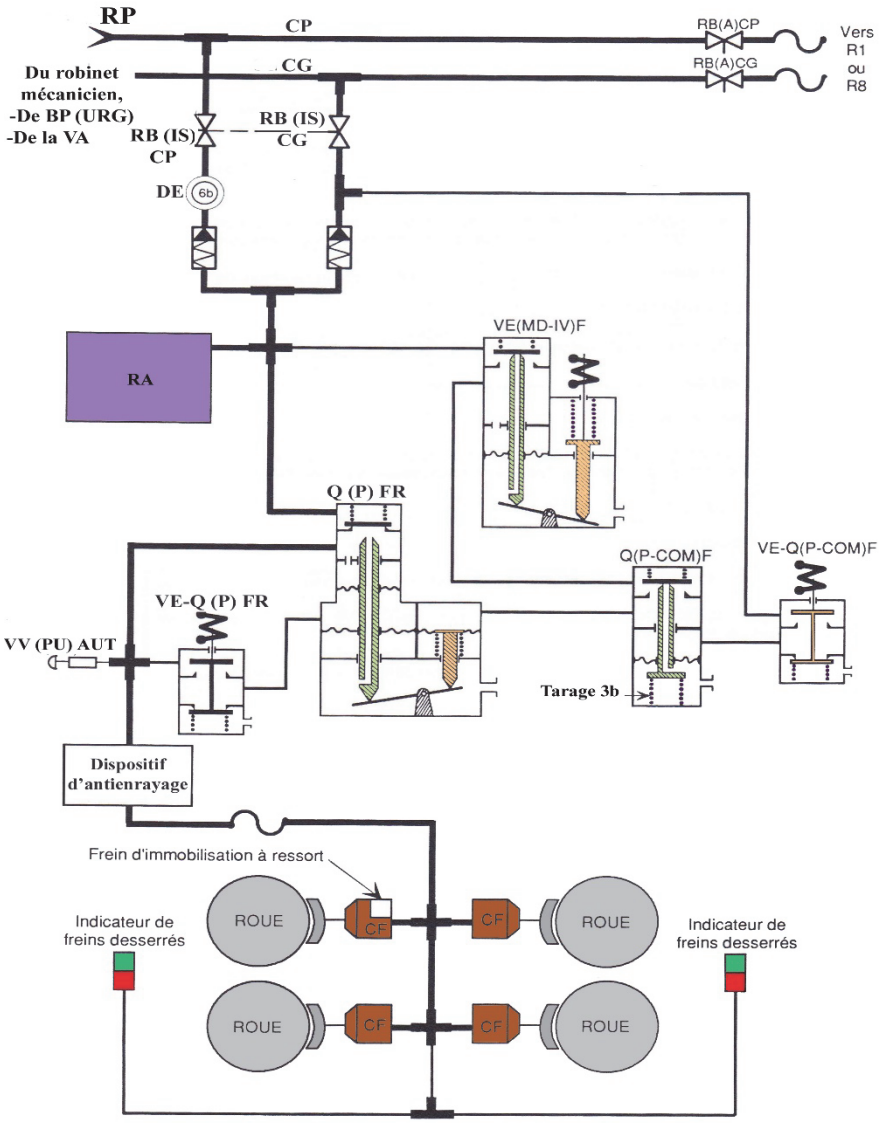
Chaque bogie moteur est équipé :

- De 4 blocs de freinage munis de semelles en matériau fritté.
- D'un frein d'immobilisation de stationnement (FIS) à ressort intégré dans l'un des blocs de freinage.

L'équipement de frein comporte :

- Une électrovalve modérable inverse VE(MD IV)F.
  Cette électrovalve joue le rôle d'un distributeur : alimentée par la conduite principale (CP) et pilotée par l'ordinateur de bloc moteur (BM), elle délivre une pression de référence au relais Q(P)FR. Cette pression est inversement proportionnelle au courant de commande.

- Un relais Q(P)FR associé à une électrovalve VE-Q(P-COM)F.
  Ce relais délivre deux niveaux de pression aux CF en fonction de la vitesse :
  * V < 200 km/h, pression maximum de 3,6 bars aux CF.
  * V > 200 km/h, pression maximum de 1,8 bar aux CF pour limiter les dégradations aux semelles et aux roues, le freinage rhéostatique étant prépondérant.



<u>Les deux étages de pression sont commandés par une électrovalve VEQ(P)FR :</u>

* Excitée si V < 200 km/h.
* Désexcitée si V > 200 km/h.

- Un relais de commutation Q(P.COM)F commandé par une électrovalve VEQ(P.COM)F permet :
  * Soit l'alimentation des CF à la pression maximale lorsque la pression CG est < 3 bars (la pression est réglée en fonction de la vitesse).
  * Soit la neutralisation de l'alimentation des CF lorsque la pression CG est supérieure à 3 bars dans les cas suivants :
    -isolement automatique du frein rhéostatique du BM.
    -isolement du BM (automatique ou manuel).
    -mise en véhicule.

Lorsque la pression CG est abaissée à une pression inférieure à 3 bars, l'alimentation des CF est assurée à la pression maximale.

En marche normale, la VE-Q(P-COM)F est excitée, pour assurer la commutation entre la VE(MD-IV)F et Q(P)FR.

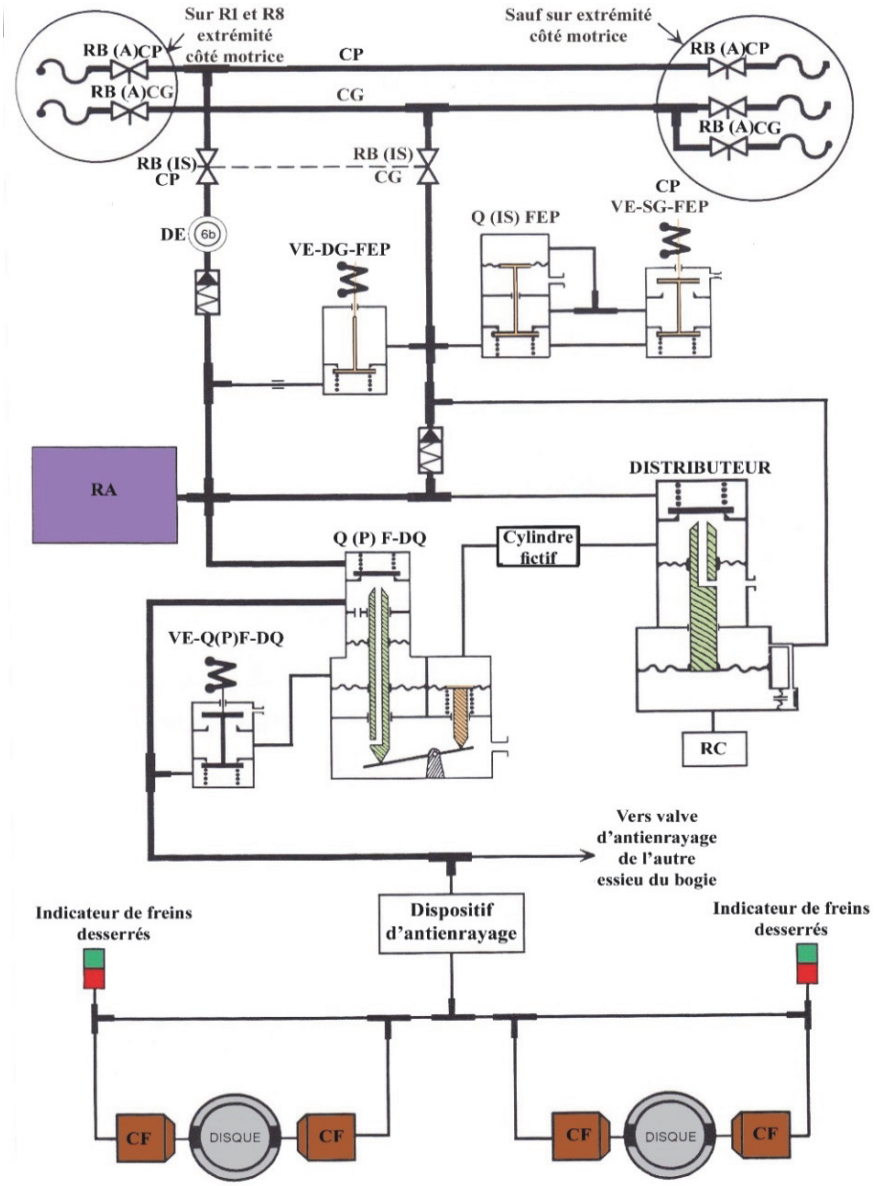
NOTA : Lorsque la conjugaison du freinage d'un bogie moteur est isolée (VE-Q(P-COM)F désexcitée), le freinage pneumatique de service est rétabli à l'arrêt dans les conditions suivantes :

- S'il s'agit du BM 1 de la motrice menante :
** Soit la manette d'inversion sur « 0 ».*
** Soit FIEF (Frein d'Immobilisation pour l'Essai des Freins) en service.*
- S'il s'agit d'un autre BM, manette d'inversion sur « 0 ».

- Un dispositif d'antienrayage.

- Deux robinets d'isolement RB(IS)CP-RB(IS)CG liés mécaniquement et manœuvrés par une seule commande unique équipée d'une poignée de chaque côté du véhicule.
- Une valve de purge VV(PU)AUT actionnée par une tirette permettant la vidange la vidange complète des CF et RA notamment en cas d'isolement.

- **<u>Freinage bogies porteurs</u>** :



<u>Chaque bogie porteur comporte</u> :
- Un distributeur qui délivre une pression de référence au relais Q(P)FDQ.
- Un relais Q(P)FDQ permet d'obtenir deux niveaux de pression aux cylindres de frein en fonction de la vitesse (rôle comparable au Q(P)FR des bogies moteurs).
  Ces deux étages de pression sont commandés par une électrovalve VEQ(P)FDQ
- Deux robinets d'isolement RB(IS)CP-RB(IS)CG liés mécaniquement et manœuvrés par une commande unique équipée d'une poignée de chaque côté du véhicule.
- Un dispositif de commande électropneumatique du frein.
- Un dispositif d'antienrayage.

<u>Particularités :</u>

La CG est équipée de deux robinets d'arrêt (conduite bifurquée) à chaque extrémité des remorques (sauf extrémités côté motrices).

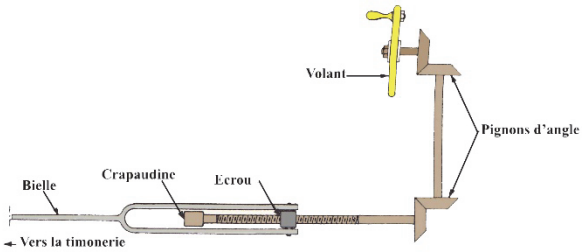
Dispositif d'antienrayage :

La puissance de freinage importante sur ce matériel nécessite l'utilisation de dispositif d'antienrayage (un par bogie) ayant pour rôle d'adapter l'effort de retenue de façon optimale en fonction de la valeur de l'adhérence roue-rail.

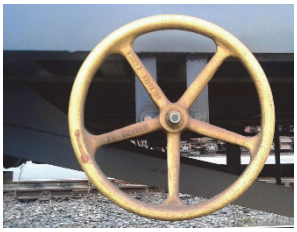
FREINS DE STATIONNEMENT ET FREINS D'IMMOBILISATION :

Frein à main (ou frein à vis) : certains véhicules sont équipés d'un frein à main (ou frein à vis) pouvant :

- Soit être manœuvré depuis le véhicule (frein à main de plate-forme).
- Soit être manœuvré depuis le sol.



Principe de fonctionnement


Frein à main manœuvré du sol

Freins à main de plate-forme

Cables sous le véhicule

Frein à vis sur voiture Corail et son contrôle extérieur

Certains freins à main comportent, en plus du volant qui permet un serrage, un levier de desserrage permettant de les desserrer rapidement et complètement.

Certains véhicules dont les sabots de frein ne sont pas visibles peuvent être équipés d'un frein à main (ou frein à vis) actionné par un volant. Pour contrôler, lorsque cela est nécessaire, le desserrage du frein à main (ou frein à vis), il faut agir sur le volant dans le sens du desserrage après avoir effectué une légère manœuvre dans le sens du serrage afin de s'assurer que le dispositif n'est pas coincé dans cette position.

Cales anti-dérive :

L'immobilisation d'un train peut être complétée par l'utilisation des cales anti-dérive (ou de cales emmanchées).

Les cales anti-dérive sont placées :

- Du même côté afin que leur enlèvement avant la remise en mouvement puisse être aisément vérifié.
- Sur voie en palier, elles sont placées entre les deux bogies d'un même véhicule.
- Sur voie en déclivité, elles sont placées pour qu'elles s'opposent à la mise en mouvement.

Nature et Composition		**Déclivités caractéristiques Rampes ou Pentes**		
		Ne dépassent pas 20 mm/m	Supérieures à 20 mm/m et inférieure ou égale à 25 mm/m	Supérieures à 25 mm/m
TGV TM		8	8	12
Autres TGV	US	4	6	6
	UM	8	12	12

Nombre de cales anti-dérive à placer sur les TGV en fonction des déclivités.

Exigences de sécurité, disponibilté et fiabilité :

L'impact de la réalisation des fonctions d'immobilisation sur la fiabilité et la sécurité des autres fonctions du frein, doit être négligeable.

Fiabilité –Disponibilté :

La commande des freins d'immobilisation pour essai des freins doivent avoir un **MTBF** (**M**ean **T**ime **B**etween **F**ailure (temps moyen entre deux pannes) opérationnel supérieur ou égal à 100 000 heures.

Sécurité :

Fonctions	**Evènements redoutés**	**Probabilité d'occurrence**
Immobilisation en ligne.	Perte de l'immobilisation.	$\leq 10^{-7}/h$
Immobilisation pour recherche de fuites CG.	Perte de l'immobilisation suite au desserrage intempestif.	$\leq 10^{-7}/h$
Immobilisation en stationnement.	Perte de l'immobilisation alors que tous les sous systèmes d'exécution sont normalement en service.	$\leq 10^{-7}/h$
	Application intempestive non signalée.	$\leq 10^{-7}/h$

Frein d'immoblisation à ressort :

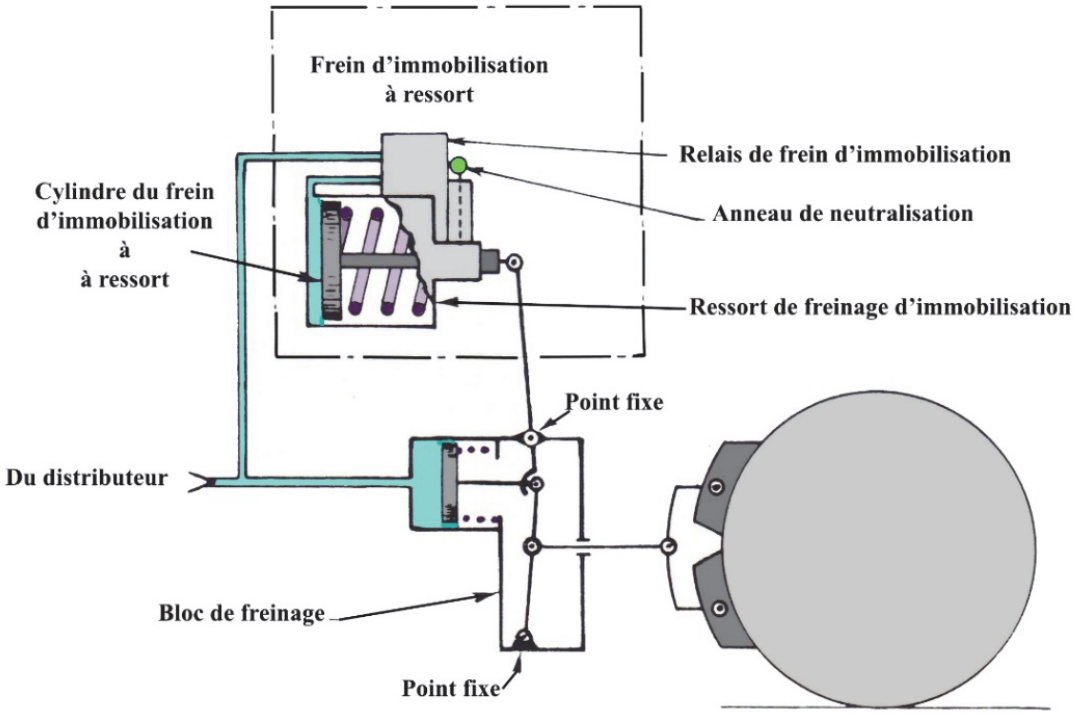
On a plus tendance, sur les matériels modernes, à remplacer le frein à vis à commande manuelle par un dispositif automatique dont l'organe essentiel est constitué par un cylindre à ressort. Cette fonction doit prévenir tout risque de dérive du train lorsque ce dernier est immobilisé pour une durée illimitée, en l'absence de personnel habilité à sa conduite à son bord (cabine hors service), et sur voie de service.

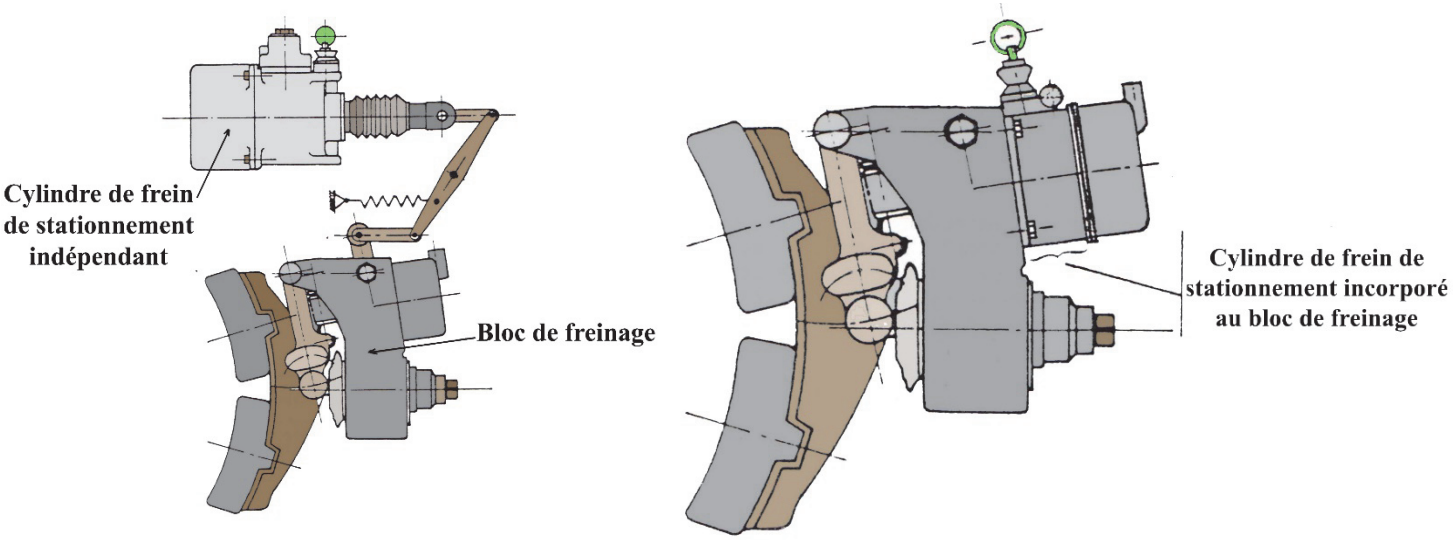
Cet appareil permet de maintenir l'immobilisation d'une rame après un serrage, en se substituant progressivemnt au frein automatique, lorsque l'air du réservoir auxiliaire (RA) ou du cylindre de frein s'épuise par suite des fuites lentes dues au manque d'étanchéité des circuits pneumatiques.

Le tableau ci-dessous donne les applications des différents types d'appareils :

Montage →	**INDEPENDANT du bloc de freinage**			**INCORPORE au bloc de freinage**
Pilotage ↓	Valve d'asservissement		Avec valve de contrôle	Avec valve d'asservissement
	Avec	Sans		
RA	XR 6100 X 2200 RRR	RTG MI 79 XR 6000 XR 2N		Sybic TGV A
CF			Z 2 X 2100 TGV PSE	
Type	FSX	FS	FSP	FPX

Lorsque le cylindre à ressort est indépendant, il est volumineux et lourd et doit être relié par une timonerie simplifiée au bloc de freinage ou à l'unité de frein à disque. On s'oriente donc vers l'utilisation de cylindres à ressort incorporés au bloc de freinage (ou au cylindre de l'unité de frein à disque) moins encombrants et moins lourds.

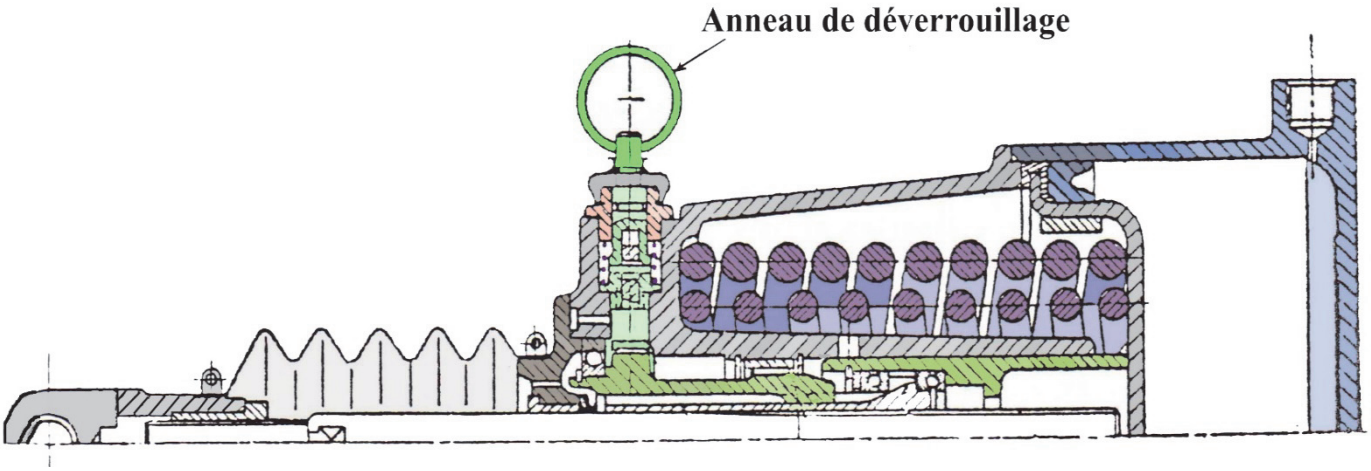




- **<u>Cylindre de frein de stationnement type FS</u>** :

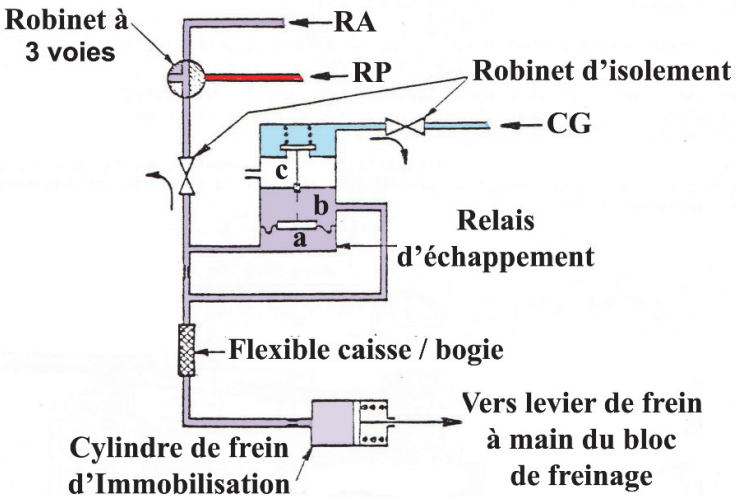
Ce type d'appareil est le plus ancien. Piloté par l'air du RA, son fonctionnement est simple :

* Le cylindre étant alimenté par le RA, le piston comprime les ressorts => le frein de stationnement est desseré et armé.
* Dès que la pression RA tombe au-dessous d'un seuil (environ 3 bars), les ressorts entraînent le piston vers le fond du cylindre => le frein de stationnement est serré.
* Une action sur l'anneau de déverrouillage manuel permet au piston de poursuivre jusqu'au fond de cylindre => le frein de stationnement est desserré et désarmé.



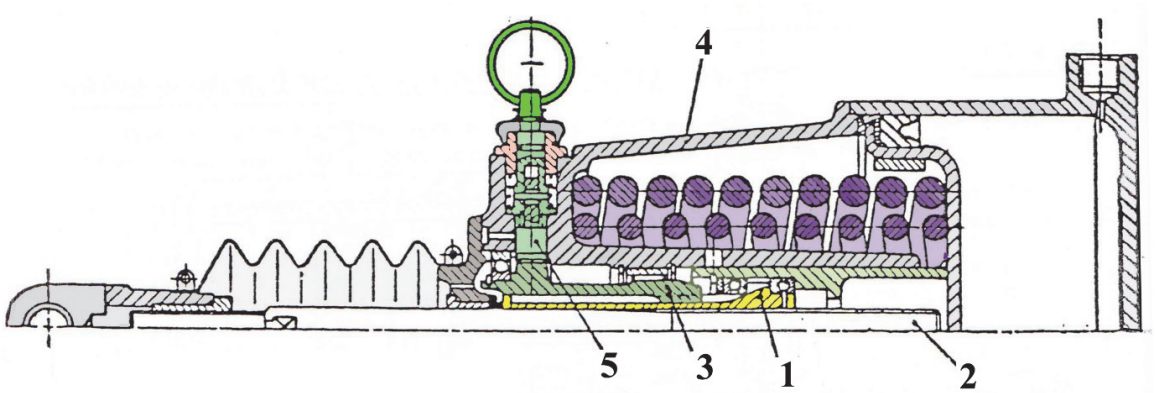
Un tel système présente l'inconvénient de nécessiter un flexible supplémentaire caisse-bogie dont la rupture accidentelle provoque le fonctionnement du cylindre de frein de stationnement et le freinage d'une roue.

Afin, dans ce cas, d'alerter le mécanicien, il a été nécessaire d'adjoindre au flexible d'alimentation un dispositif de détection de débit anormal (relais différentiel) et de mise à l'atmosphère de la CG (figure ci-dessous).

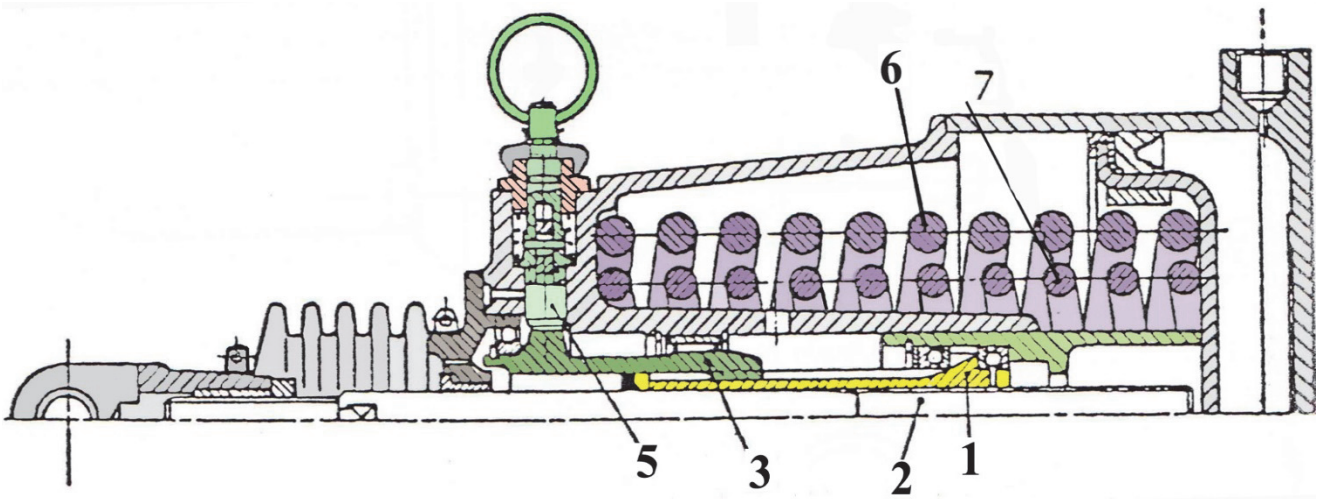


Ce type de cylindre est utilisé sur les matériels comportant un dispositif autovariable en fonction de la charge sur lesquels la pression du cylindre de frein varie en fonction de la masse sur rail.

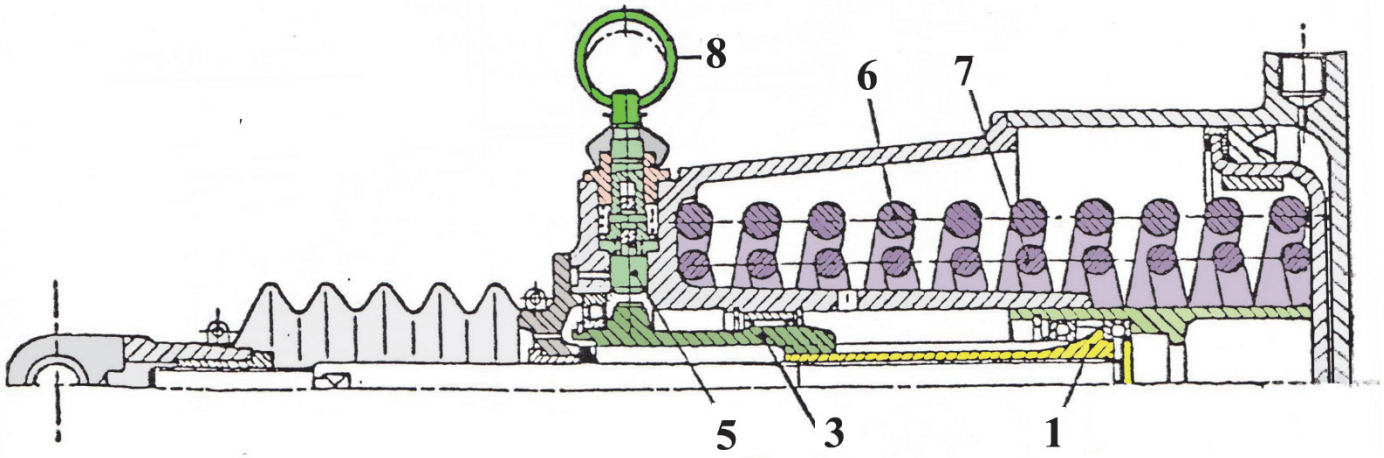
- **<u>Fonctionnement du cylindre de frein de stationnement type FS</u>** :



Frein desserré et armé : lorsque l'on alimente le CFI, l'écrou 1 se visse sur la tige à pas réversible 2 en entraînant en rotation le rochet 3 lié à l'écrou par un clavetage coulissant. Lorsque le piston vient en butée sur le corps 4, le cliquet verrouille le rochet 3.



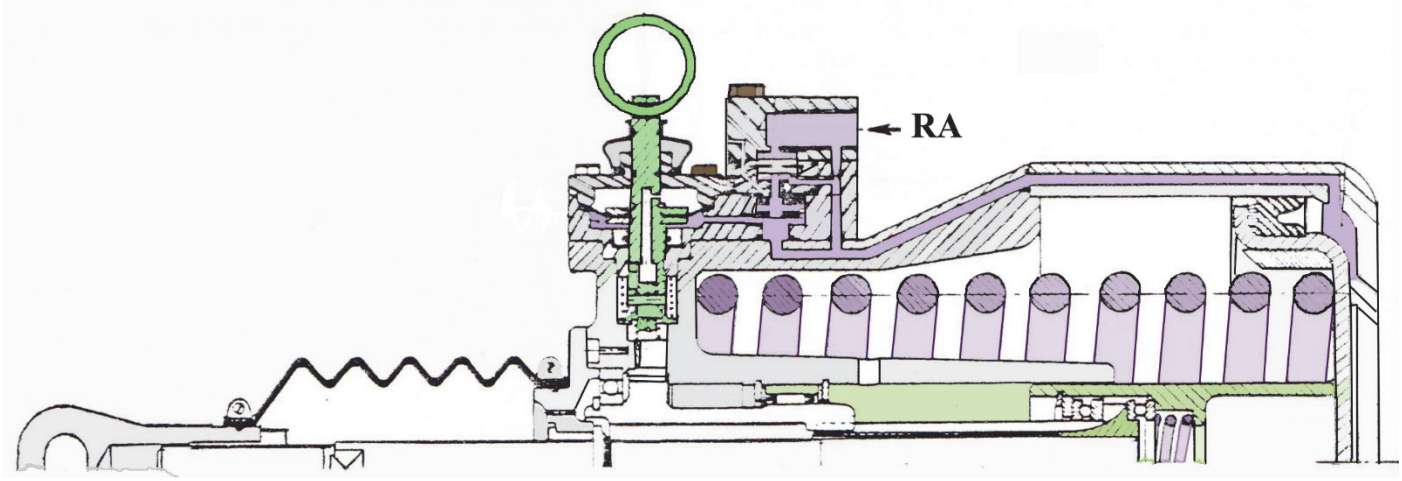
Frein serré : dès que la pression tombe au-dessous d'un seuil déterminé dans le CFI (environ 3 bars) les ressorts 6 et 7 entraînent le piston vers le fond de cylindre ainsi que l'écrou 1. Le rochet 3 immobilisé en rotation par le cliquet 5 empêche l'écrou 1 de tourner. Celui-ci ne pouvant tourner dans son déplacement la tige 2 qui transmet l'effort des ressorts 6 et 7.



Frein desserré par déverrouillage manuel : en tirant sur l'anneau 8 du cliquet 5, le rochet 3 étant libéré en rotation, il se met à tourner en entraînant l'écrou 1, pendant que le piston, sous l'effet des ressorts 6 et 7, poursuit sa course jusqu'au fond du cylindre.

- **<u>Cylindre de frein de stationnement type FSX</u>** :

Le fonctionnement de cet appareil est identique à celui du cylindre type FS. Cependant, pour éviter d'avoir à utiliser le dispositif de détection de débit anormal décrit précédemment, ce cylindre comporte une valve d'asservissement qui, en cas de rupture accidentelle du flexible caisse-bogie, déverrouille pneumatiquement le cylindre de frein de stationnement.



- **Cylindre de frein de stationnement type FSP** :

Sur cet appareil piloté par l'air du cylindre de frein, une valve de contrôle empêche toute admission d'air au cylindre de frein de stationnement au cours des serrages de service ; ceci évite une consommation d'air inutile. De plus, le ressort est détendu lorsque le frein d'immobilisation est desserré. Tout risque de déclenchement intempestif au cours des freinages de service habituellement effectués au cours de la remorque des trains est donc éliminé.

Ce cylindre de frein de stationnement entre en action automatiquement une fois armé lorsque la pression dans le cylindre pneumatique descend en dessous de 3 ±0,2 bars.

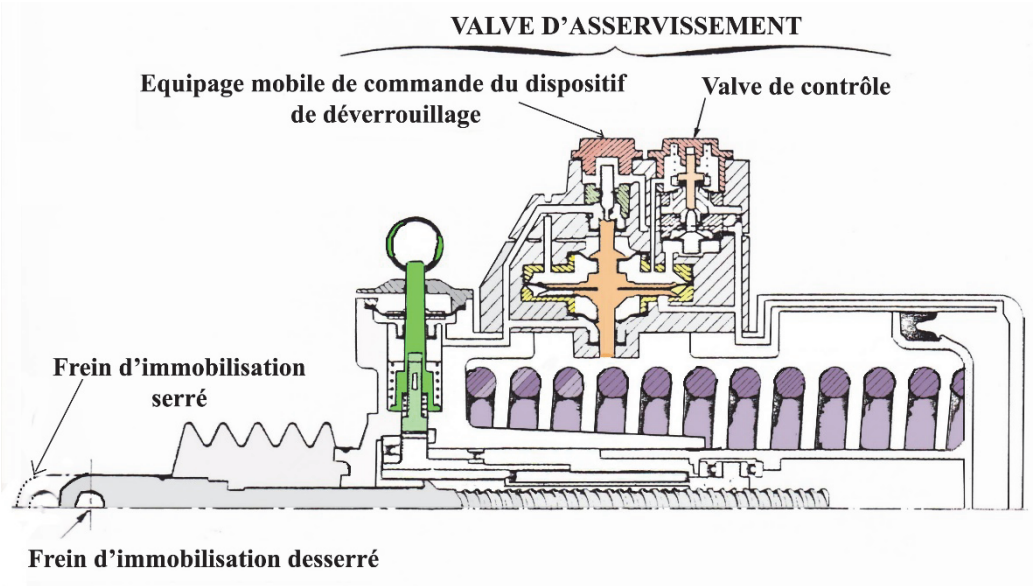
Cette commande est obtenue par une valve d'asservissement pneumatique qui est réglée comme suit :

* Le frein d'immobilisation doit s'appliquer pour une fuite au cylindre de frein de l'ordre de 0,200 bar/minute.

* Le frein d'immobilisation ne doit pas s'appliquer pour un desserrage du cylindre du frein pneumatique dans un temps de l'ordre d'une minute.

Les différentes phases (frein desserré et armé, frein serré et déverrouillage manuel) sont identiques à celles décrites pour le cylindre à ressort piloté par l'air du RA.

Il est possible d'obtenir le desserrage du frein de stationnement par déverrouillage pneumatique en effectuant, après un remplissage de toutes les capacités de la rame, un serrage à fond suivi d'un desserrage normal.



- **Cylindre de frein de stationnement type FPX** :

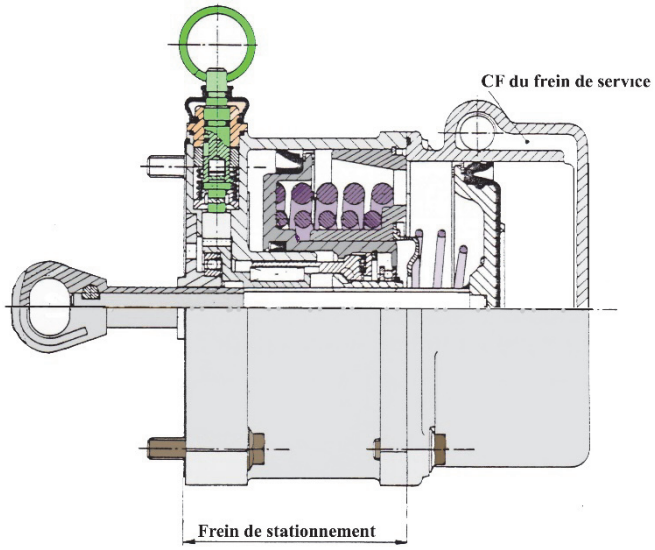
Ce type de cylindre, incorporé au bloc de freinage et piloté par le RA, a été retenu pour équiper les locomotives Sybic et les TGV.

Son fonctionnement est similaire à celui du cylindre type FSX ; cependant, la course limitée de son piston ne lui permet d'assurer l'application des semelles de frein sur la roue que s'il y a eu au préalable un serrage du frein automatique. Cette particularité ne s'applique pas aux cylindres de frein de stationnement indépendant

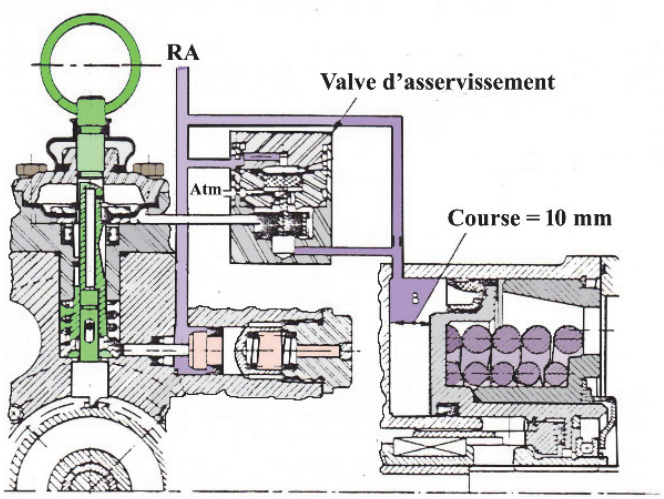
dont la course du piston est importante et qui de ce fait peuvent être utilisés, grâce à une commande appropriée, comme frein d'immobilisation de ligne.

Le cylindre type FP, qui peut être incorporé à un bloc de freinage ou à une unité de frein à disque, n'est pas utilisé à la SNCF.

Son fonctionnement est similaire à celui du cylindre indépendant type FS.



Cylindre de frein de stationnement type FP



Cylindre de frein de stationnement type FPX

<u>Desserrage des freins à ressort sur les TGV</u> :

- **<u>TGV PSE</u>** : Le frein d'immobilisation à ressort entre en action de lui-même lorsque, au cours d'un stationnement prolongé, la pression dans les cylindres de frein descend en dessous de 3 bars compte tenu des fuites éventuelles. Son efficacité est maximale lorsque la pression au cylindre de frein devient nulle.

  Le desserrage du frein d'immobilisation est alors obtenu :

  * Normalement, par voie pneumatique, après avoir disposé les organes de commande du frein en position « marche », en provoquant un serrage maximum du frein continu (dépression de 2 bars, maintenue au moins une minute, suivi d'un desserrage).

  * Exceptionnellement, en tirant sur un anneau installé à demeure sur le cylindre du frein d'immobilisation (en application des règles de dépannage).

- **<u>Autres types de TGV</u>** : Incorporé à un bloc de freinage par bogie moteur, il entre en action automatiquement et progressivement en action dès que la pression dans le réservoir auxiliaire devient inférieure à 3,2 bars.

  Le desserrage du frein d'immobilisation est alors obtenu :

  * Automatiquement lors de la réalimentation du réservoir auxiliare.

  * Manuellement en l'absence d'air par traction sur la tirette de déverouillage.

  <u>En cas d'anomalie :</u>

  * Un dispositif de maintien en position déverrouillée permet de neutraliser l'action du frein à ressort (tout en gardant le fonctionnement normal du frein).

  * Une valve de protection met le frein à ressort hors service notamment en cas de rupture du flexible reliant le réservoir auxiliaire au cylindre de frein.

<u>Frein d'Immobilisation Pneumatique (FIP)</u> :

Sur les TGV PSE (motrice équipée) : Ce frein agit sur tous les essieux moteurs, il permet d'immobiliser la rame lorsque la CG doit être alimentée. Sa mise en action est obtenue en plaçant , à l'aide de la manette d'inversion, le commutateur MP-FIP sur la position « F ». L'isolement pneumatique ou électrique d'un bogie moteur inhibe le fonctionnement du FIP sur ce (ou ces) bogie (s).

Frein d'Immobilisation de Ligne (FIL) :

Cette fonction garantit le maintien à l'arrêt pendant une durée déterminée d'un train en ligne après un arrêt de service ou d'urgence. La cabine de conduite est en service. La fonction doit être assurée sans apport d'énergie extérieure au train.

Sur les TGV PSE (motrice équipée) : Ce frein limite l'alimentation de la CG à 3 bars environ et empêche une remontée de pression CG due aux réalimentations intempestives, il permet d'immobiliser la rame lors d'une recherche de fuite. Sa mise en action est obtenue en plaçant le commutateur Z-FIL sur « FIL ».

Frein d'Immobilisation pour Essai des Freins (FIEF) :

Ce frein agit sur les deux bogies moteurs de la motrice en service sur les TGV PSE et sur un seul bogie moteur (celui en dessous de la cabine en service) sur les autres TGV, il permet d'immobiliser la rame lors des essais des freins. Sa mise en action est obtenue en appuyant sur le bouton poussoir BP-FIEF. L'allumage du voyant FIEF signale la position enclenchée du bouton poussoir BP-FIEF. Le fonctionnement du dispositif est asservi à la vitesse < 3 km/h.

Dans certains cas (anomalie de fonctionnement du bloc moteur ou isolement de l'équipement de frein pneumatique correspondant), le freinage pneumatique de service étant neutralisé, le FIEF est inactif bien que la lampe LT-FIEF s'allume en appuyant sur BP-FIEF.

PROBLEMES APPORTES PAR LES GRANDES VITESSES :

Pour les systèmes de freinage décrits utilisant le frottement solide et agissant sur les essieux, dans le domaine des vitesses jusqu'à 160 km/h, la seule limitation de la puissance de freinage résulte pratiquement de l'adhérence entre la roue et le rail (formule : $Qf = P\tau - \acute{\varepsilon}$).

Limites énergétiques :

Lorsqu'on dépasse nettement cette vitesse, on voit apparaître une autre limitation d'emploi due à l'impossibilité de certains équipements de freinage à dissiper au fur et à mesure qu'elles apparaissent, les quantités de chaleur considérables résultant du freinage (proportionnelles au carré de la vitesse).

Freins à sabots fonte :

Il a été constaté qu'à partir de 200 km/h, l'utilisation du frein « haute puissance » de la catégorie R à deux étages d'efforts aux sabots (λ 150 à 160 %) entraînait, sur les voitures d'une masse voisine de 43 t, la fusion des semelles en fonte. Avec le taux de freinage correspondant à un λ de 105 à 110 % (nécessaire à la circulation à 140 km/h) on a pu exécuter des freinages d'urgence jusqu'à 240 km/h mais avec des distances d'arrêt assez longues. A 230 km/h, pour une locomotive BB 9200, on a aussi observé une fusion des sabots mais on a pu utiliser le frein rhéostatique qui s'est avéré efficace à ces grandes vitesses.

A titre d'exemple, les distances d'arrêt obtenues avec un train de 4 voitures de 43 t de masse (λ 105 à 110 %) remorquées par une BB 9200 freinée au frein rhéostatique, ont été les suivantes :

- A 200 km/h : 2500 m.
- A 220 km/h : 3100 m.
- A 240 km/h : 3700 m.

Pour les trains circulant à 200 km/h et freinés par sabots fonte tels que l'Aquitaine, le Capitole, on a eu recours à un processus de freinage permettant d'une part d'éviter la fusion des semelles et d'autre part de raccourcir les distances d'arrêt, afin de respecter à la vitesse de 160 km/h, l'arrêt sur un canton de bloc. Ce processus consiste à appliquer un effort aux sabots réduit de moitié environ de la vitesse maximale (200 km/h) à 160 km/h, l'effort normal du frein à haute puissance entre 160 et 50 km/h, et enfin un effort réduit de moitié de 50 km/h à l'arrêt (les deux dernières séquences étant celles du frein de la catégorie R à deux étages d'effort aux sabots). Ce type de frein, complété par le frein électromagnétique à patins sur le rail permet de respecter les distances d'arrêt imposées par la signalisation de préannonce (1300 m à 200 km/h, 1170 m à 180 km/h).

Semelles en matériau composite :

Avec un freinage dont les performances sont équivalentes à celles du frein ◇R◇ (λ 150 à 160 %) pour des véhicules de 45 t freinés par une seule semelle par roue (semelle à haut coefficient de frottement) la vitesse limite d'utilisation de ces semelles se situe à 160 km/h. Au-delà, on assiste à la décomposition du liant des semelles, avec dégagement de fumée, et l'adhérence est diminuée par le dépôt sur le rail d'une couche noire de liant calciné.

Frein à disques et combiné disques plus sabots :

Ce type de frein permet de dissiper pour les freinages d'arrêt, plus d'énergie que le frein à sabots.

Cas des rames TGV PSE :

Le problème à résoudre pour les rames à vitesses de l'ordre de 260/300 km/h est celui de la dissipation d'énergie. Il faut faire appel à plusieurs moyens complémentaires utilisables chacun dans la gamme de vitesse qui lui est propre.

Les freins à frottement sec trouvent leur limite dans la destruction par la chaleur des matériaux utilisés dans le couple de frottement, ou encore dans leur usure trop rapide aux températures élevées. Les freins dynamiques détruisent l'énergie par un autre processus que le frottement sec, mais ils trouvent à leur tour leur limite dans l'échauffement des résistances et la puissance des moteurs (rhéostatiques), l'échauffement des rotors (frein rotatif à courants de Foucault), ou l'échauffement du rail (frein linéaire). De plus, leur efficacité diminue dans la gamme des vitesses inférieures à 100/120 km/h, qui est justement celle du plein effet des freins à frottement. C'est en définitive par une combinaison des différents moyens de freinage, utilisés à un taux raisonnable par rapport à leur limite, que l'on peut réaliser le freinage des rames à très grande vitesse.

Les rames TGV PSE sont dotées de trois types de freins :

- Rhéostatique sur les 12 essieux moteurs.
- A semelles sur les 12 essieux moteurs.
- A disques sur les 14 essieux porteurs.

VITESSE		260 200	160	40	CR*	0
CRANS	MODE DE FREINAGE					
Freinage de service (cran repéré) ΔP CG # 1 bar	Rhéostatique Disques	100 % 50 %	100 % 50 %	100 % 50 %	100 % ou 0**	0 50 %
Freinage MAX de service ΔP CG + 1,7 ± 0,1 bar	Rhéostatique Disques	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % ou 0** 100 %	0 100 %
Freinage d'urgence	Rhéostatique Disques	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100	100 % ou 0** 100	0 100 %

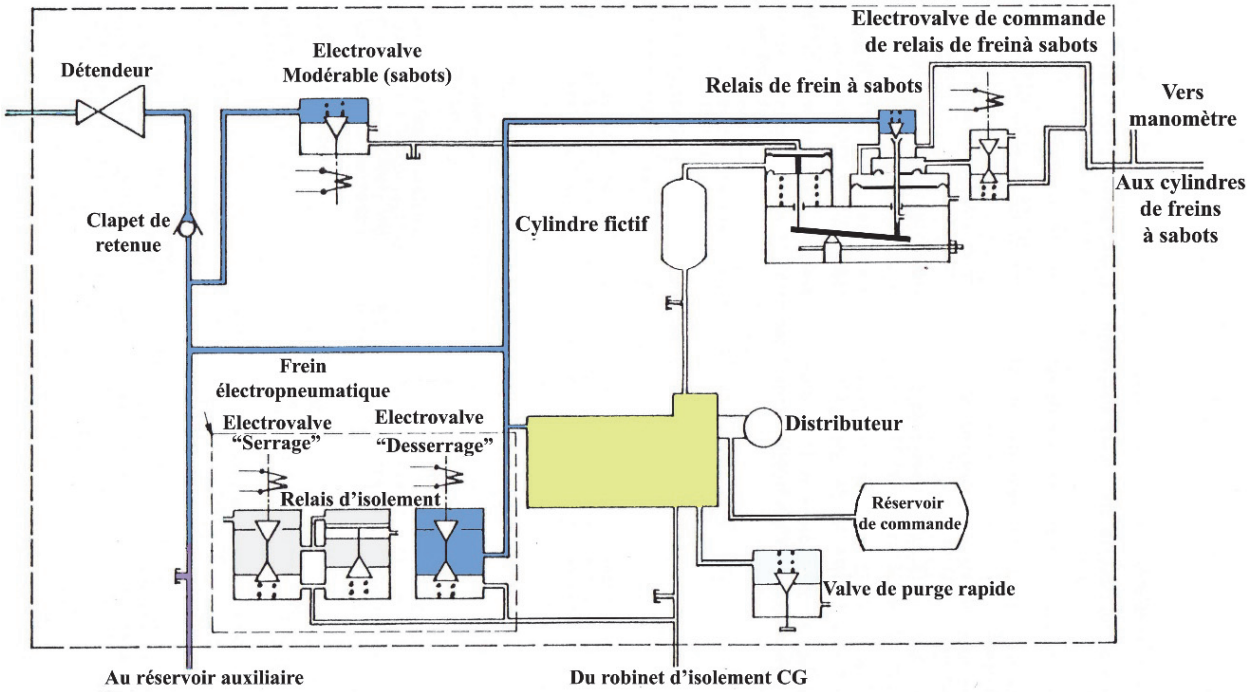
*: CR : critère de roulement.
**: le frein rhéostatique s'enclenche au-dessus de 40 km/h mais ne se coupe qu'en dessous du CR.

La coexistance des trois systèmes fait qu'une défaillance localisée, par exemple celle du frein électrique sur un bogie moteur, l'autonomie du freinage étant assurée par bogie pour chaque système, n'entraînerait qu'une faible réduction (environ 6 %) de la puissance de freinage.

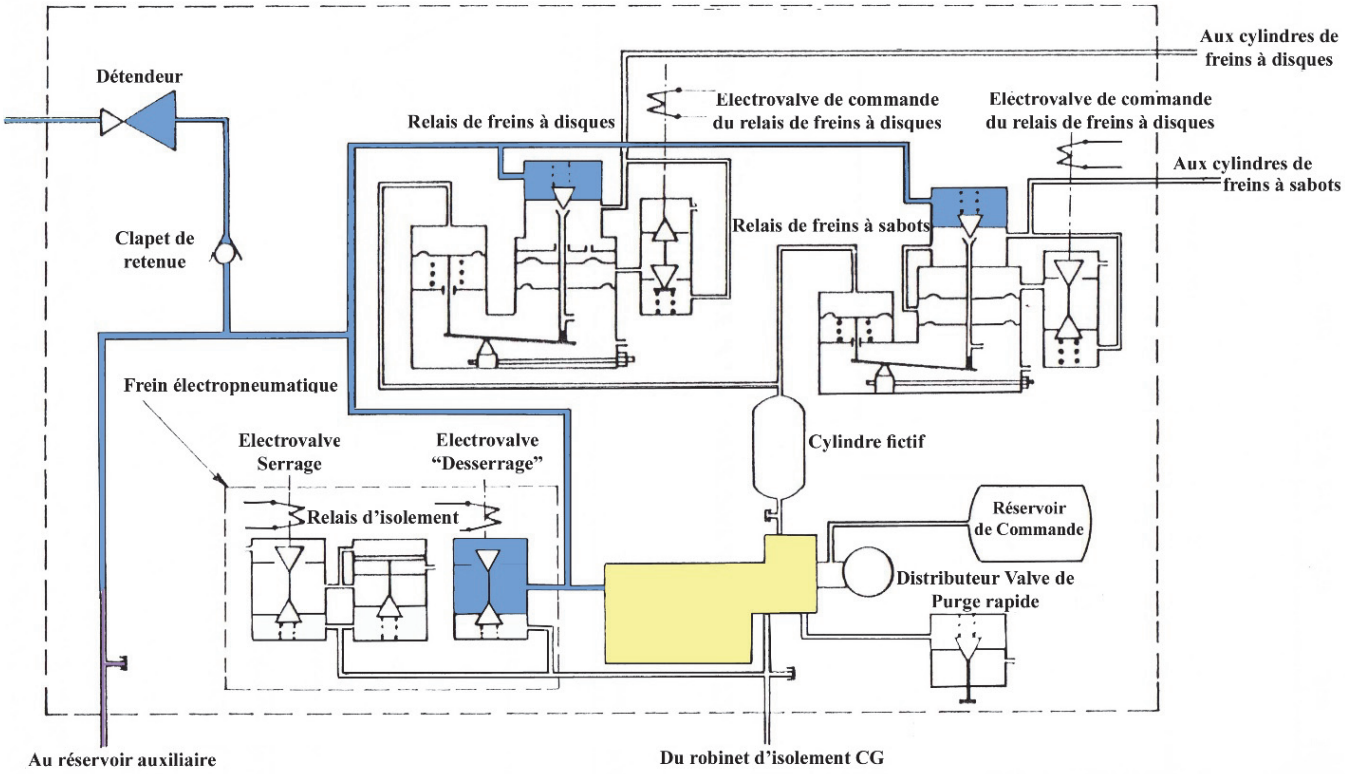
Pour une rame ayant un poids de égal à 413 t, l'énergie dissipée par les divers freins, au cours d'un freinage d'urgence de 260 km/h à 0, en palier, est répartie comme suit :

- Frein rhéostatique : 347 000 kJ.
- frein à disques : 428 000 kJ.
- Frein à semelles : 227 000 kJ.

La nécessité de combiner différemment les trois types de freins en fonction de la vitesse et de la puissance souhaitée a entraîné une légère complication de l'appareillage de commande au niveau des bogies.



Appareillage de commande bogie moteur TGV PSE



Appareillage de commande bogie porteur TGV PSE.

Cas des autres types de TGV:

- **Le freinage des bogies moteurs** :

  Les bogies moteurs sont freinés par :

  * Des semelles en métal fritté à haut coefficient de frottement avec une semelle par roue.

  * Un frein électrique du type rhéostatique (les TGV POS avec motorisation asynchrone sont équipés également du freinage par récupération).

L'effort nominal d'application des semelles est réduit d'environ 60 % aux vitesses supérieures à 200 km/h.

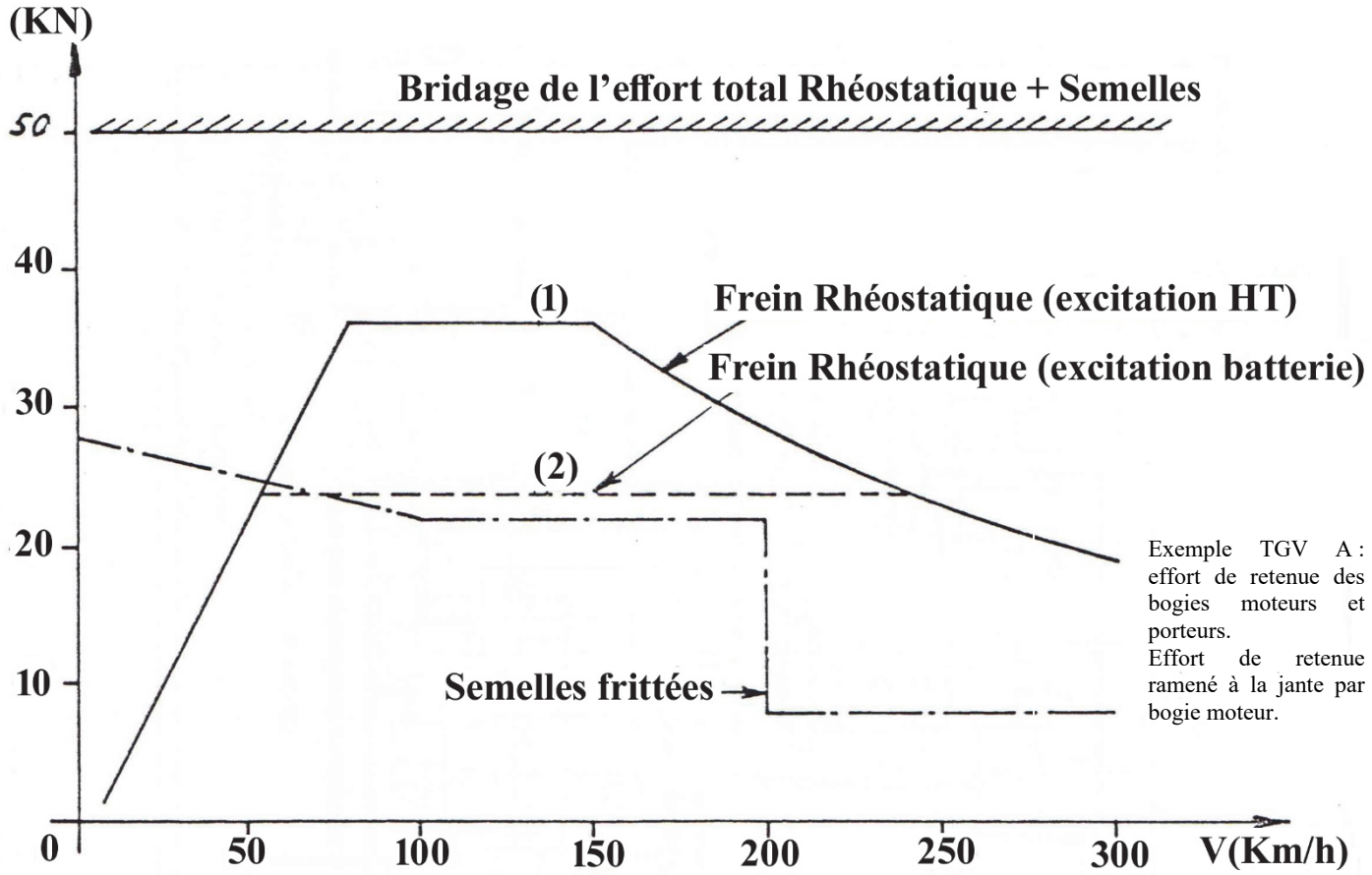
- **Le freinage des bogies porteurs - Les disques haute puissance** :

Les essieux porteurs sont freinés par disques et comportent deux disques doubles en acier du genre 28 CDV 5 - 0,28, traité pour une dureté sur piste de 370 HB, avec une liaison couronne-moyeu soit du type libre, soit du semi-élastique. Ces disques ne sont pas ventilés.

L'économie de puissance résultant de l'absence de ventilation est, au niveau de l'élément, de l'ordre de 350 kw à 300 km/h.

La garniture est constituée de plots cylindriques en métal fritté, soudés ou brasés sur une tôle support. L'épaisseur de cette tôle a été déterminée en vue de conférer à la garniture un compromis de souplesse permettant d'obtenir une perte de coefficient de frottement sous l'eau pratiquement nulle à la pression maximale d'utilisation et une qualité acceptable de la portée sur le disque.

L'effort nominal d'application des disques est réduit d'environ 30 % aux vitesses supérieures à 215 km/h.



Il faut par ailleurs, sur ce chapitre de l'adhérence mentionner un risque spécifique à la grande vitesse : l'enrayage définitif d'un essieu après un freinage à grande vitesse par faible adhérence, freinage prolongé jusqu'à très basse vitesse mais pas à l'arrêt du train.

CONTRÔLES ET ASSERVISSEMENTS :

Frein à haute puissance de la catégorie ◇R◇:

Régulateur du frein à haute puissance :

Il s'agit là, d'un problème élémentaire qui consiste à faire changer le niveau de la pression maximum au CF sur chaque véhicule, lors du passage à une vitesse donnée (de l'ordre de 50 km/h).

Divers systèmes, à action centrifuge, ont été utilisés : dispositif pneumatique, où les masses en rotation ouvrent un clapet au passage à la vitesse désirée ; dispositifs électriques où les masses en rotation mettent un contact (agissant sur une électrovalve) au passage à la dite vitesse.

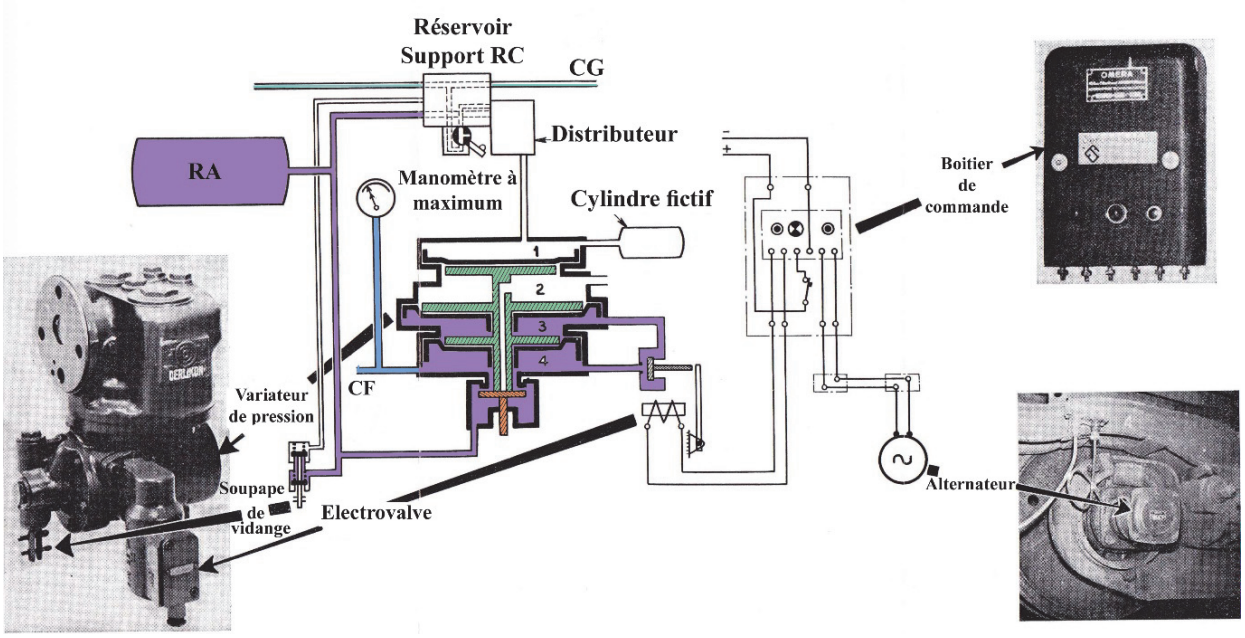
Mais ces systèmes montés sur une boîte d'essieu sont soumis à des fatigues très intenses et leur tenue mécanique a toujours laissé à désirer.

Le développement d'un système basé sur l'emploi d'un alternateur tachymétrique monté sur l'une des boîtes d'essieu, dont le courant envoyé dans un coffret placé dans la caisse du véhicule, est redressé, puis agit sur des relais susceptibles d'actionner l'électrovalve montée sur le relais pneumatique du distributeur.

Sur les nouveaux matériels, l'alternateur est remplacé par une « roue phonique » dont le montage est prévu de construction avec la boîte d'essieu. Cette disposition présente l'avantage d'être plus légère que celle avec l'alternateur et de plus, du fait de sa simplicité (suppression de tout palier), l'entretien est pratiquement nul.

Le système est très souple et a été utilisé pour mettre en œuvre des processus plus étudiés ; recours à la haute puissance limitée à des vitesses supérieures à 100 km/h et, dans le sens de la décroissance de vitesse, retour à la basse puissance douze secondes après le passage à 90 km/h et au plus tard à 50 km/h.

<u>Principe de fonctionnement du frein à haute puissance</u> :



Frein haute puissance dela catégorie (R) à deux étages d'effort aux sabots.

<u>Cylindre fictif</u> : le distributeur n'alimente pas directement le CF mais une capacité de volume réduit tenant lieu de cylindre fictif. La pression peut varier de 0 à 3,8 bars, compte tenu de la dépression dans la CG.

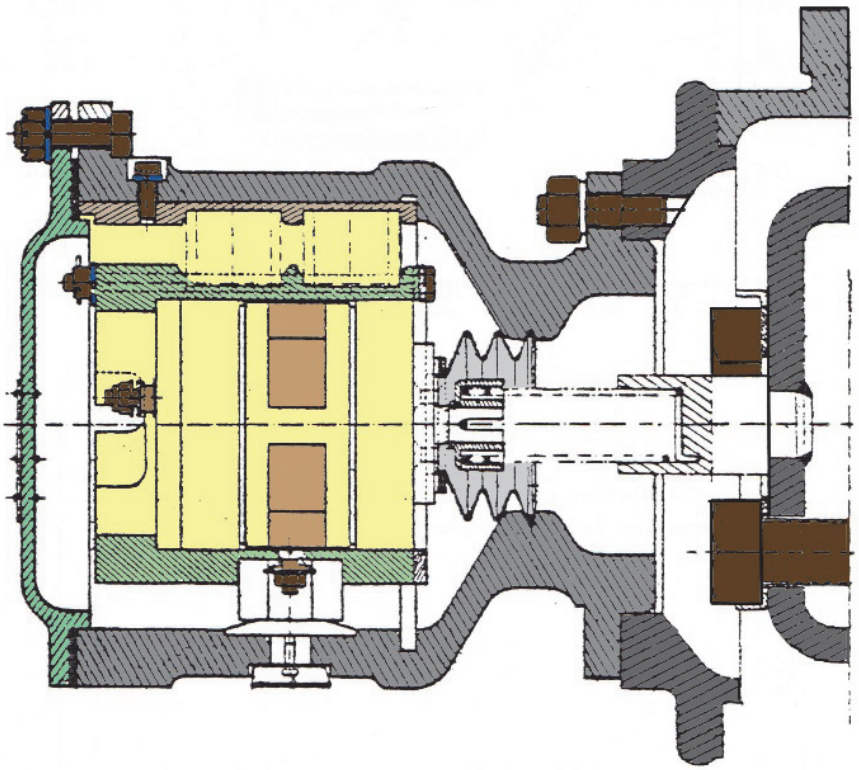
<u>Variateur de pression</u> : cet organe assure le rôle d'un relais d'alimentation. Il permet d'alimenter ou de vidanger le CF. Le cylindre réel est alimenté soit à la pression du cylindre fictif, lorsque l'électrovalve est excitée, soit à la moitié de cette pression lorsque l'électrovalve est désexcitée.

<u>Electrovalve</u> : en position excitée (V > 50 km/h), l'électrovalve met à l'atmosphère la chambre (3). Le relais établit donc dans le CF la même pression que dans le cylindre fictif. En position désexcitée (V < 50 km/h), l'électrovalve met en communication les chambres (3) et (4). La pression dans le CF réel est réduite à la moitié de celle du cylindre fictif.

<u>Alternateur tachymétrique</u> : l'alternateur assure la mesure de la vitesse de l'essieu. Sur certains équipements, l'alternateur est remplacé par un contacteur à force centrifuge.

<u>Boîtier de commande</u> : ce boîtier commande électriquement l'électrovalve du variateur de pression, compte tenu des informations sur la vitesse qui lui sont données par l'alternateur tachymétrique ou le contacteur à force centrifuge.

A la pression maximale au CF, on obtient un effort aux sabots très important ; à la pression minimale, on obtient un effort aux sabots comparable à celui des freins ordinaires. Le frein à haute puissance de la catégorie (R) assure donc, pour une même vitesse, des distances d'arrêt plus courtes sans provoquer d'enrayage.

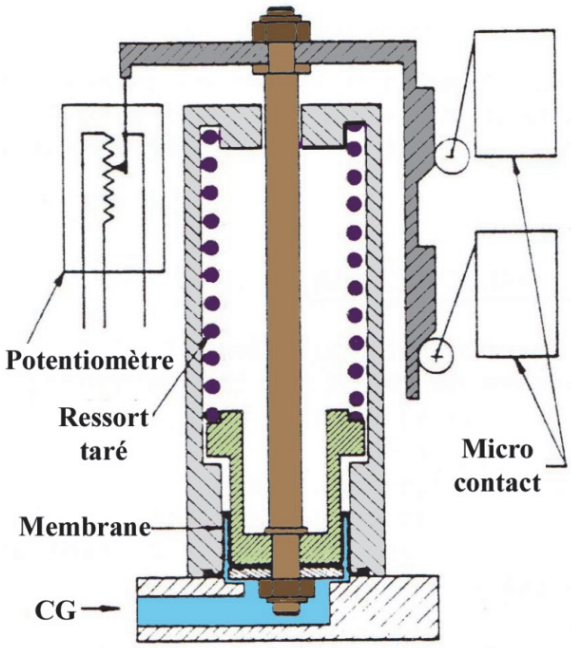


Alternateur pour frein haute puissance type Oméra AT 12.

<u>Manostat de freinage</u> :

Le manostat de freinage type TRP 19 équipe en particulier les locomotives BB 7200 et BB 22200. Il mesure la pression dans la CG et, à l'aide de micro-contacts et d'un potentiomètre, commande la mise en service du frein électrique et règle son niveau d'effort en fonction de la dépression CG. Il est constitué d'un équipage mobile dont la position, à l'intérieur d'un cylindre, dépend de l'effort d'un ressort taré et de l'action de la pression CG sur une membrane déformable.

L'équipage mobile qui commande le potentiomètre et les micro-contacts est, en position basse tant que la pression CG ≤ 2,8 bars, et en position haute dès que cette pression devient égale à 5 bars. Entre ces deux valeurs, le déplacement du piston est proportionnel aux variations de pression.



Manostat de freinage type TRP 19.

Capteur de pression :

L'utilisation du microprocesseur pour la commande de la conjugaison des freins dynamique et à frottement, permet d'établir l'affiche d'effort de freinage sur la base de la dépression à la CG, comme le distributeur, alors qu'avec le manostat de freinage on établit cette affiche à partir de la valeur de la pression dans la CG, disposition qui présente l'inconvénient entre autres d'exiger des tolérences de réglage plus serrées ainsi que des dispositifs de contrôle additionnels.

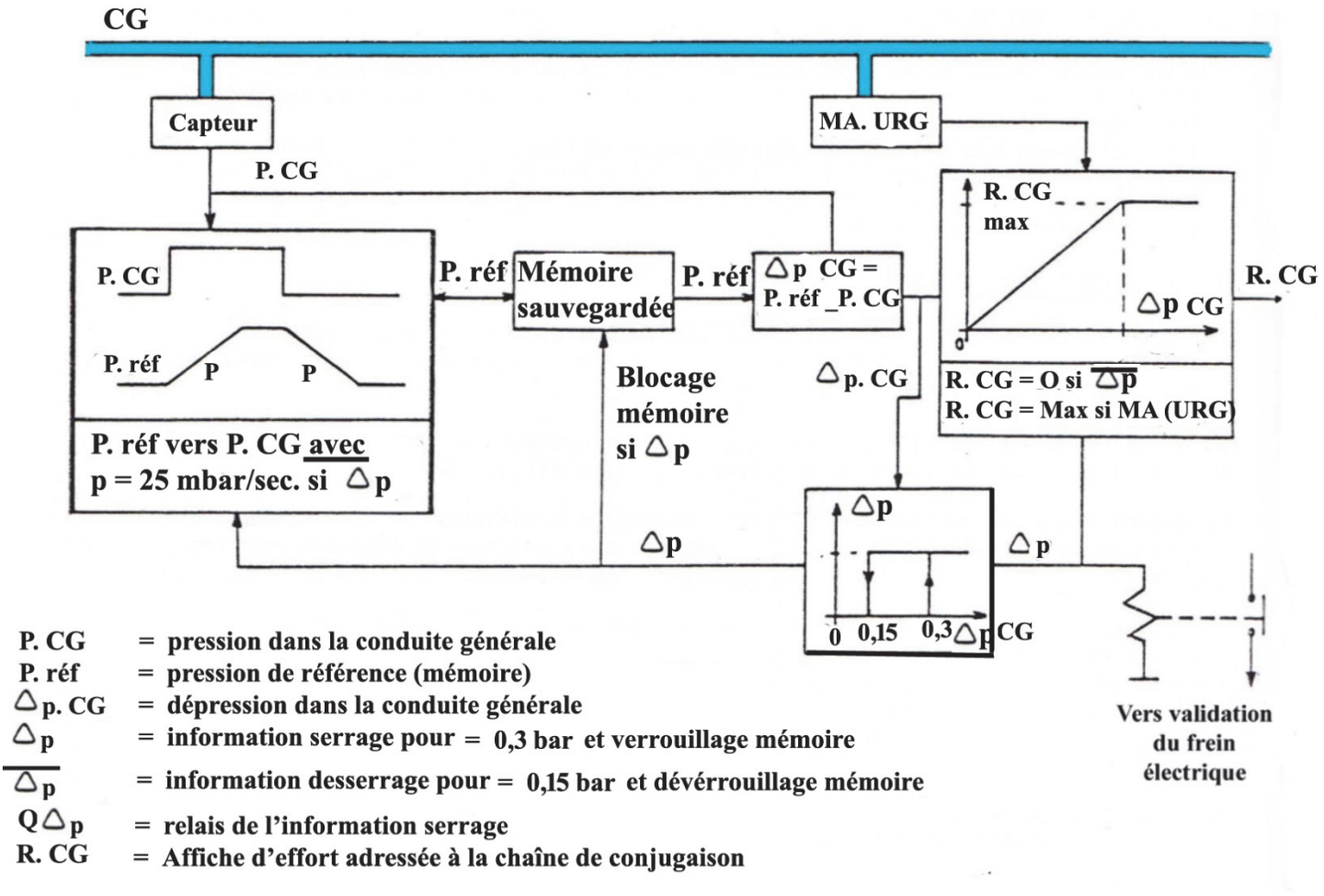
Le dispositif est composé :

- D'un capteur de pression relative, monté sur la CG, alimenté électriquement à partir de l'alimentation (surveillée) du système de freinage du bloc moteur.
- D'une électronique d'interface analogique/numérique.
- D'un système de traitement de l'information délivrée par le capteur, inclus dans le logiciel du bloc moteur.
- D'un manostat d'urgence.

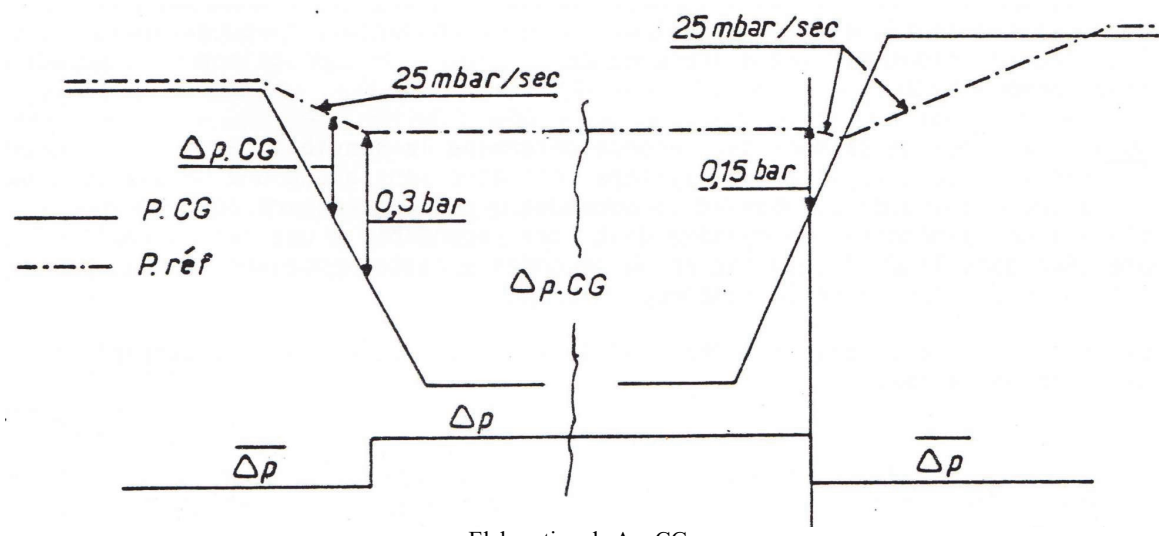
Le dispositif permet de mesurer la dépression dans la CG par rapport à la pression de régime de cette dernière ; le dispositif doit donc mémoriser la pression de régime.

La pression de régime est de 5 bars ± 0,050 ; cependant à certaines occasions elle est portée à une valeur de 5,4 bars, c'est la surcharge.

Pour assurer la sécurité du système, un manostat d'urgence indépendant du dispositif précité, et avec lequel il est en redondance active, garantit l'affiche d'effort maximal à l'entrée de la chaîne de conjugaison lors de son fonctionnement.



Dispositf de mesure de la dépression CG.



Elaboration de Δp. CG.

LES ANTI-ENRAYEURS (AE) :

Depuis longtemps les freinistes ont cherché à protéger les essieux contre l'enrayage afin d'éviter la formation de méplats. Les premiers AE étaient des appareils mécaniques dont l'action correctrice sur la pression était tardive et souvent totale. Leurs fonctionnements répétés au cours d'un freinage d'arrêt étaient susceptibles d'allonger la distance d'arrêt dans des proportions inacceptables. Il a été considéré que ces appareils présentaient un certain danger du point de vue de la sécurité et les recherches se sont orientées vers la création d'AE électroniques plus sensibles ayant une action plus rapide et mieux dosée afin de permettre de suivre de plus près les variations de l'adhérence.

La pratique de vitesses de plus en plus élevées a entraîné une augmentation de la puissance de freinage et par suite de la sollicitation de l'adhérence roue-rail.

Il est bien connu que l'adhérence exploitable aux grandes vitesses est relativement faible. C'est en partie pour cette raison que le TGV PSE faisait appel avant sa modification à un apport de freinage par semelles sur tous les bogies, l'action de ces semelles donnant aux roues un état de surface particulier qui majore l'adhérence offerte au frein à disques seuls. Le freinage par disques seuls des bogies porteurs ne pouvait donc être validé sur les autres séries de TGV (TGV A, TGV R, PBA, PBKA, Duplex, POS) que moyennant le recours à un AE à hautes performances, agissant essieu par essieu et permettant de compenser très largement l'absence de ce surplus d'adhérence que confère le freinage avec semelles.

Il importait enfin d'exiger, du dispositif d'AE, une disponibilité particulièrement sûre, compte tenu de l'ampleur que peut prendre un méplat, par suite, d'une part de la grande longueur du champ d'arrêt qui caractérise les vitesses élevées, et d'autre part d'une charge par essieu plus forte que sur une voiture classique.

Les AE de deuxième génération protègent efficacement les essieux contre l'enrayage et permettent également et surtout, le freinage en adhérence dégradée avec de faibles allongements de la distance d'arrêt grâce à la technique du glissement optimal entretenu qui apporte le bénéfice d'une utilisation maximale de l'adhérence offerte et d'une régénération rapide de cette adhérence. Leur conception découle de l'étude des lois de l'adhérence en freinage.

Définition des AE:

Les fonctions « logiciels » des AE sont assurées par des microprocesseurs locaux multifonctions. L'emploi du microprocesseur permet, en outre une grande souplesse de réglage, d'assurer automatiquement le secours en cas de défaillance d'un AE. Il facilite le contrôle des circuits électroniques, la mémorisation et l'affichage

des défauts et l'automatisation des tests, ce qui simplifie le dépannage et contribue à assurer une bonne maintenance, par ailleurs indispensable.

Généralités sur les AE électroniques :

La vitesse de chaque essieu est fournie à un coffret électronique par des générateurs tachymétriques. Pour permettre la régulation de la pression, l'AE doit disposer par ailleurs en permanence de l'information de la vitesse du train. Cette vitesse dite de référence est en général constituée par la plus grande des vitesses des essieux du véhicule. La difficulté apparaît lorsque tous les essieux partent en glissement. La vitesse du train doit alors être reconstituée par voie électronique suivant une technique propre à chaque constructeur.

Les critères de régulation sont obtenus à partir de la vitesse de chaque essieu. Ce sont :

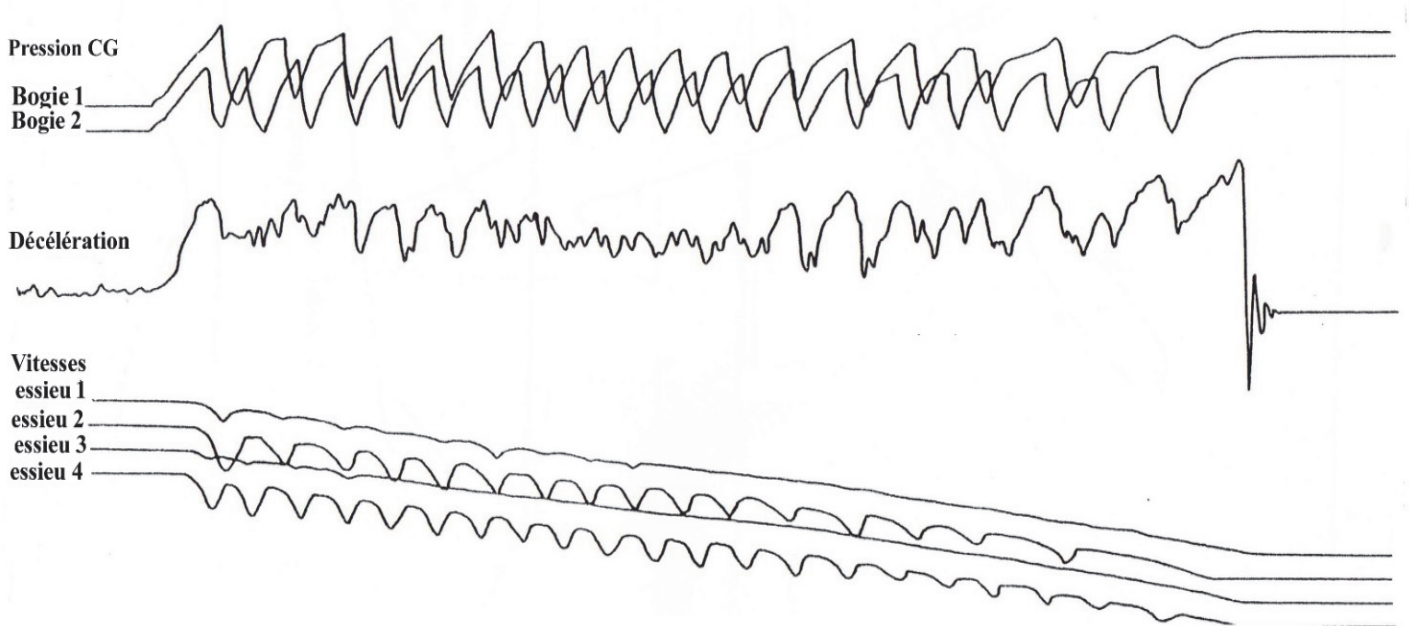
- L'écart ΔV entre la vitesse de référence et la vitesse de l'essieu.
- La décélération γ de l'essieu.
- Le cas échéant, la dérive $d\gamma/dt$ de cette décélération.

La régulation de pression peut se faire de façon continue en encadrant plusieurs fois par seconde la valeur idéale de la pression successivement par excès ou par défaut, ou en pratiquant des paliers de pression d'ordonnée et de durée appropriées lorsqu'il s'avère que l'adhérence est sensiblement constante.

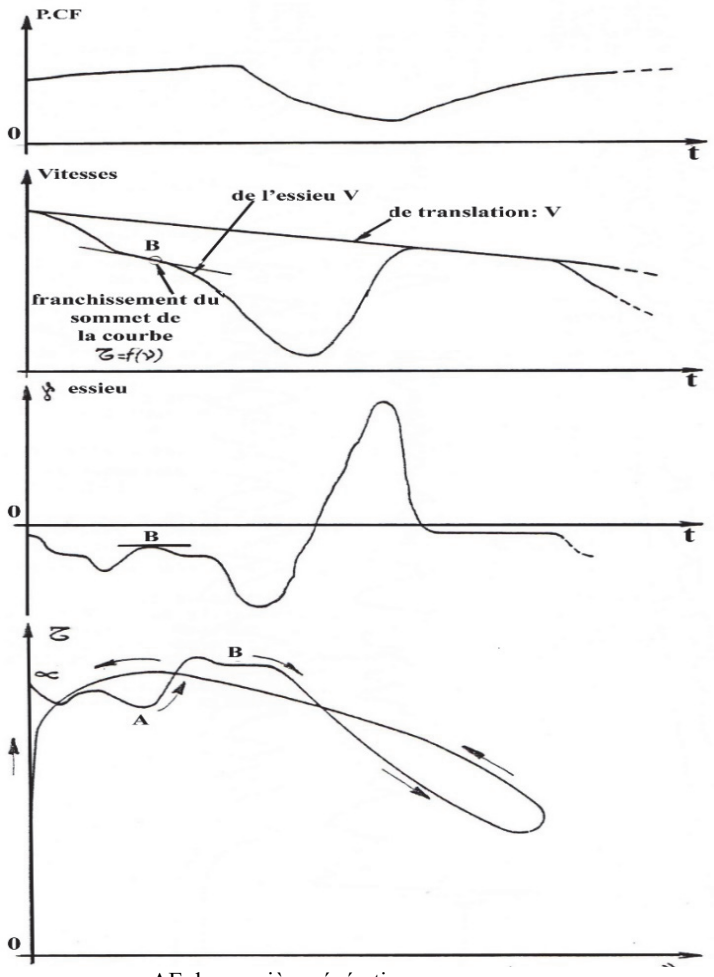
Les organes d'exécution sont constitués par des relais pneumatiques commandés par des électrovalves. L'action peut se faire essieu par essieu ou bogie par bogie.

Les AE électroniques de première génération :

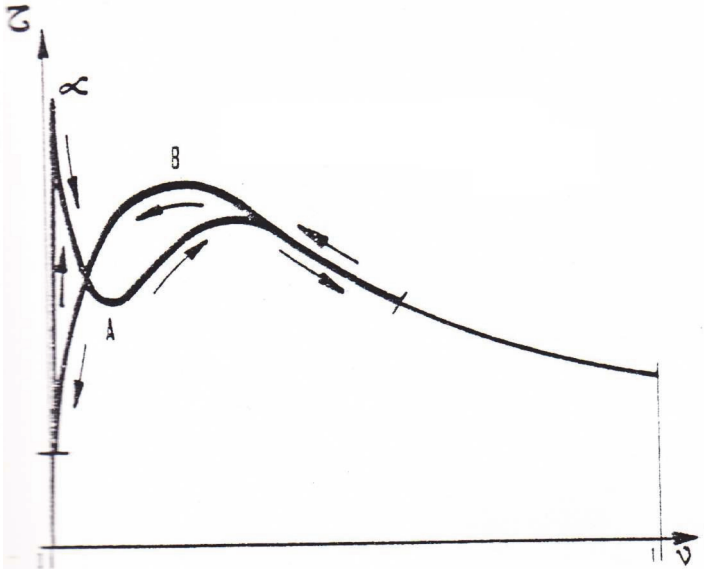
Le principal défaut de ces AE est de ne pas entretenir le glissement. Ils fonctionnent suivant des cycles répétés comportant chacun une période de glissement suivie d'une période sans glissement.



Fonctionnement d'un anti-enrayeur de première génération.



AE de première génération.
Etude d'un cycle de fonctionnement.



Régulation AE de première génération.

- Le délestage intervient trop tard.
- Le délestage est trop important. Il cesse en effet lorsque l'essieu a perdu son glissement alors qu'il devrait cesser dès que l'essieu réduit sa décélération.
- La réalimentation commence lorsque l'essieu a perdu son glissement, c'est-à-dire trop tard pour permettre l'entretien du glissement.
- Le fait d'avoir trop délesté et de réalimenter avec du retard entraîne un fonctionnement pendant un temps relativement important avec une pression d'air insuffisante et par voie de conséquence avec un glissement nul. L'inconvénient est double car durant cette période, d'une part la sollicitation d'adhérence est inférieure à l'adhérence offerte et d'autre part, on ne bénéficie pas des avantages du glissement.
- Par ailleurs, les accélérations successives de l'essieu consomment une part importante de l'adhérence offerte.

La régulation s'accompagne d'un pompage à grande amplitude de pression qui conduit à une valeur trop faible de la pression moyenne et à une consommation d'air très élevée.

Sur certains appareils la vitesse de référence cesse d'être valable dès lors que les 4 essieux glissent simultanément pendant un certain temps et cela est de nature à entraver l'entretien du glissement optimal.

<u>Les AE électroniques de deuxième génération</u> :

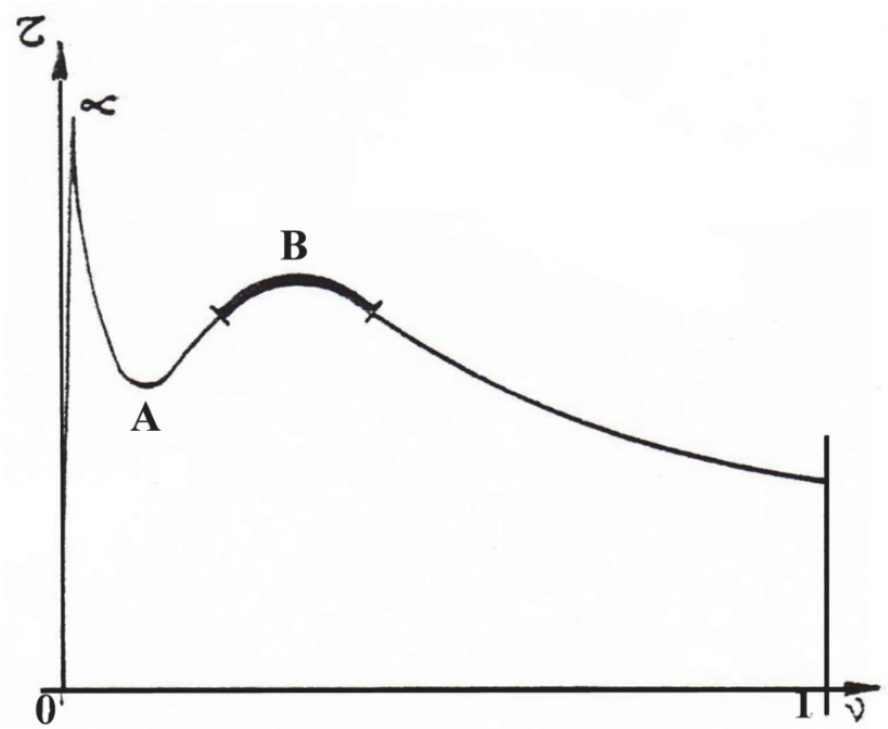
Ces AE de hautes performances, qu'ils soient analogiques ou à microprocesseurs, permettent d'utiliser l'adhérence au maximum et de la régénérer très vite. Ils sont conçus suivant des principes qui découlent directement des lois de l'adhérence en freinage.

- **<u>Entretien d'un glissement optimal</u>** :

Ces AE régulent et entretiennent un glissement optimal de 10 à 25 % qui varie en fonction de la dégradation d'adhérence et de la vitesse.

L'énergie de glissement permet d'abord, dans un temps de l'ordre de 1 à 2 secondes, de faire cesser la chute d'adhérence. En outre, grâce au travail prolongé de ce glissement, l'adhérence se régénère très vite et croît constamment lors du freinage. Cela se traduit par une montée de la pression moyenne aux cylindres de frein et de la décélération de la voiture. Il est possible également que le glissement favorise l'élimination de l'eau déposée sur le rail.

En pratique, la qualité d'un AE dépend de l'aptitude de ce dernier à maintenir le glissement optimal. La modification d'état de surface procurée par le glissement se traduit par la formation sur les roues et les rails de bandes claires et « satinées » d'environ 10 mm de largeur.



Régulation AE de deuxième génération.

Aux vitesses élevées, le glissement doit être limité afin d'éviter des dissipations d'énergie prohibitives au contact roue-rail. L'expérience montre que les glissements absolus trop élevés sont susceptibles de conduire à des polissages de roues préjudiciables.

Par ailleurs, beaucoup d'AE règlent le glissement en dessous de la valeur optimale aux très basses vitesses afin d'éliminer toute tendance à l'enrayage.

- **<u>Elaboration d'une vitesse de référence précise</u>** :

La vitesse de référence permet d'évaluer le critère ΔV par comparaison avec la vitesse de l'essieu considéré. Il faut qu'elle soit précise. En particulier, lorsque tous les essieux du véhicule partent en glissement, une vitesse de référence de substitution doit être utilisée jusqu'au moment où l'un des essieux reprend l'adhérence avec un glissement nul. Le cas échéant, le recalage d'un essieu peut être provoqué par un ordre de délestage prioritaire.

L'élaboration d'une vitesse de référence précise implique de disposer de la correction automatique de l'influence des différences des diamètres de roues.

- **Critères de régulation** :

Pour réaliser le glissement optimal, il faut prendre en compte la vitesse instantanée de l'essieu, mais il faut aussi anticiper l'évolution de ce glissement. Le critère ΔV peut être utilisé indépendamment des critères de décélération ou en conjugaison avec eux.

Le critère ΔV est essentiel pour défreiner un essieu parvenu à un fort glissement par suite d'une décélération faible mais entretenue.

- **Vitesse de vidange et de remplissage des cylindres de frein** :

Pour éviter l'enrayage en cas de baisse brutale et importante de l'adhérence et pour assurer l'entretien du glissement, il est nécessaire de réaliser des vidanges et des réalimentations rapides. Le temps de vidange doit par ailleurs être adapté à l'inertie de l'essieu.

Il est nécessaire que les retards apportés par le système soient les plus faibles possibles afin d'assurer une bonne stabilité de l'essieu en glissement et d'éviter ainsi des périodes de fonctionnement en sous-alimentation et par suite sans glissement, correspondant à une utilisation incomplète de l'adhérence.

La décélération initiale de l'essieu doit être la plus faible possible.

- **Mode de régulation de la pression** :

Le palier de pression est particulièrement utile au sommet où l'essieu qui vient d'être délesté en pression se réaccélère pour reprendre son glissement normal : une continuation du délestage aurait tendance à supprimer le glissement, mais une remontée de la pression nuirait à l'accélération de l'essieu.

Les réglages de pression par excès sont susceptibles d'apporter des écarts de glissement par rapport au glissement optimal, c'est pourquoi dans certains cas les deux procédés de régulation peuvent ne pas être tout à fait équivalents du point de vue de la performance de distance d'arrêt.

Un appareil à paliers de pression consomme moins d'air qu'un appareil à régulation continue de pression. L'écart est d'autant plus important que l'amplitude des variations de pression autour de la valeur moyenne est plus élevée.

A priori, une forte consommation d'air ne constitue pas un inconvénient majeur dès lors que l'on dispose d'une conduite principale pour réalimenter les réservoirs auxiliaires (RA). Cependant, même dans le cas où l'épuisement du RA n'est pas à craindre, il peut arriver qu'une consommation d'air élevée conduise à une sous-alimentation des cylindres de frein par suite de pertes de charge dans les conduites.

- **Mode d'action de l'AE:**

Un AE peut agir bogie par bogie ou essieu par essieu. Les 4 essieux d'une voiture n'ont pas obligatoirement la même tendance au glissement : phénomènes de cabrage, mouvements de lacet des bogies (les dimensions de l'ellipse de contact roue-rail varient).

- **Adaptation des AE au frein électrique** :

Les AE modernes à glissement entretenu peuvent également être utilisés sur le frein électrique rhéostatique ou à récupération des locomotives, automotrices et trains automoteurs. Les TGV et les locomotives Sybic sont concernés.

Il est nécessaire que la disposition des moteurs en freinage électrique permette le désenrayage au moins bogie par bogie, le désenrayage par groupe de quatre essieux étant à proscrire.

L'application est aisée sur les engins équipés de ponts de thyristors. Le thyristor permet une action très rapide de la régulation. La régulation est facilitée par la grande inertie des essieux moteurs.

AE sur les TGV :

* **Motrices :**

Chaque bogie comporte son propre équipement d'AE intégré à l'électronique du bloc moteur (Unité de Traitement Bloc Moteur, UTBM).

Dans le cas de freinage conjugué, l'AE agit au niveau de la consigne d'effort adressée à la conjugaison. Il peut aussi agir directement sur le circuit d'exécution du frein pneumatique, en cas d'absence de conjugaison. Dans tous les cas, l'action se fait bogie par bogie.

Chaque équipement comporte : une fonction AE (AE principal) agissant sur le bogie relatif à cet équipement. Une fonction EB jouant le rôle d'AE de secours et de signalement de non rotation d'essieu et appelé « Essieu Bloqué ». La fonction EB agit sur l'autre bogie en redondance active.

Une panne de l'AE commande l'isolement de ce dernier et la surveillance du bogie est alors assurée par la fonction EB située dans l'appareillage électronique relatif à l'autre bogie. Sur la motrice menante, le fonctionnement de l'AE lors d'un freinage d'urgence, provoque automatiquement la mise en action du sablage aux vitesses supérieures à 30 km/h.

* **Remorques :**

Chaque bogie comporte son propre équipement d'AE agissant essieu par essieu.

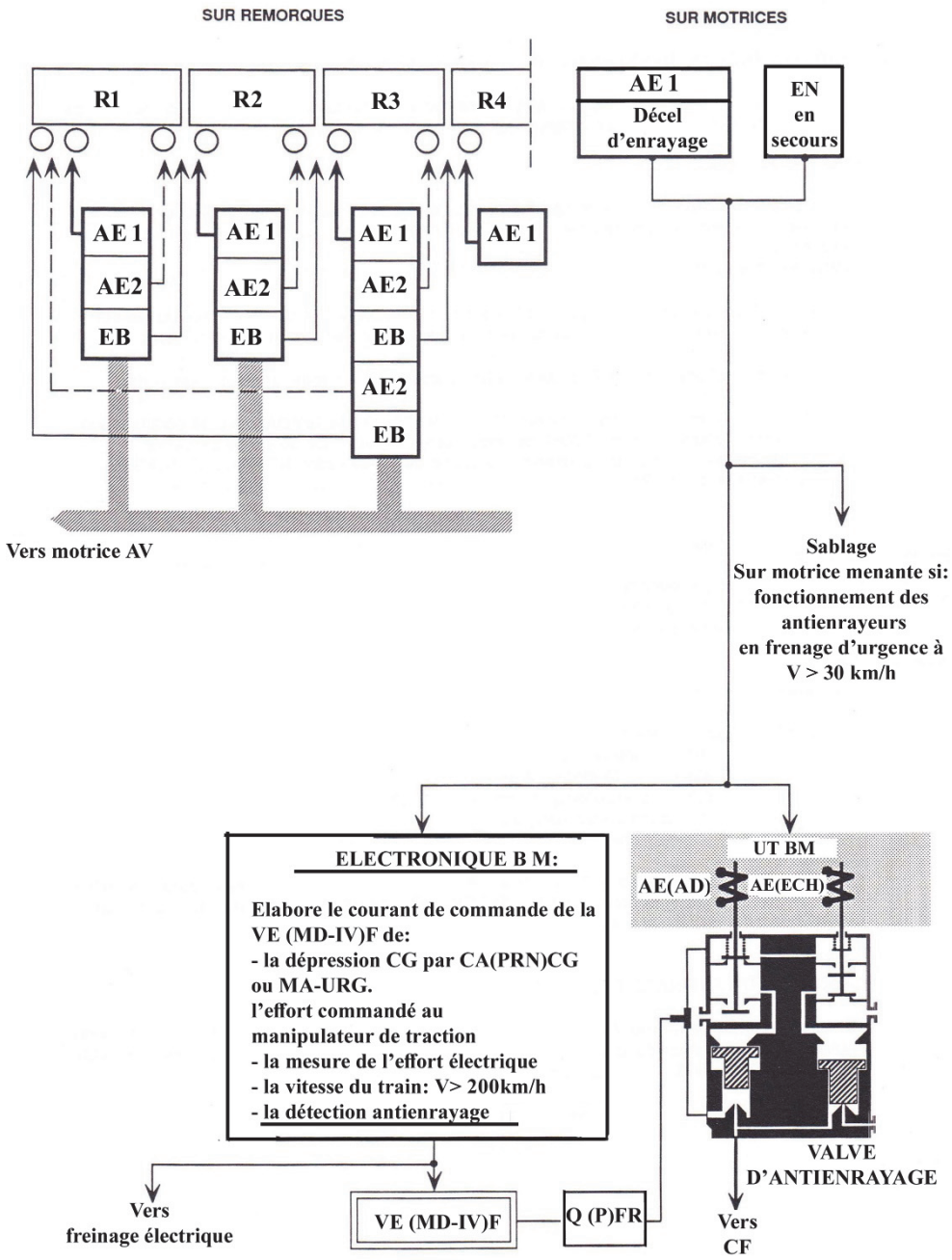
Chaque équipement d'AE de remorque comprend au minimum : une fonction AE1 (AE principal) agissant sur le bogie relatif à cet équipement. Une fonction AE2 (AE de remplacement de l'AE1 d'un bogie voisin), en redondance passive. Une fonction EB (AE de secours + signalement d'essieu bloqué du même bogie voisin), en redondance active.

Les fonctions AE2 et EB sont traitées de façon à éviter toute panne de mode commun avec la fonction AE1 au niveau de la détection de l'enrayage.

La détection d'une panne de l'AE1 d'un bogie provoque l'activation de la fonction AE2 qui est équivalente à AE1.

Le dispositif de détection d'essieux bloqués EB provoque en cabine le clignotement de la lampe « organe mécanique » qui impose l'arrêt immédiat.

En cas de clignotement de la lampe « défaut AE batterie », le conducteur doit rentrer immédiatement dans le guide de dépannage informatique (GDI).



<u>Possibilités offertes par les AE modernes</u> :

- **<u>Validation du freinage par disques seuls</u>** :

Les allongements de distance d'arrêt avec une voiture freinée au régime Ⓡ s'établissent comme suit :

* AE de première génération agissant bogie par bogie sur un frein combiné (disques + semelles fonte) : environ 60 %.

* AE de première génération agissant bogie par bogie sur un frein à disques seuls : environ 115 %.

* AE de deuxième génération (AEF 83 P) agissant bogie par bogie sur un frein combiné (disques + semelles en fonte) : 28 % à 120 km/h.

* AE de deuxième génération (AEF 83 P) agissant essieu par essieu sur un frein à disques seuls : 25 % à 160 km/h et 28 % à 120 km/h.

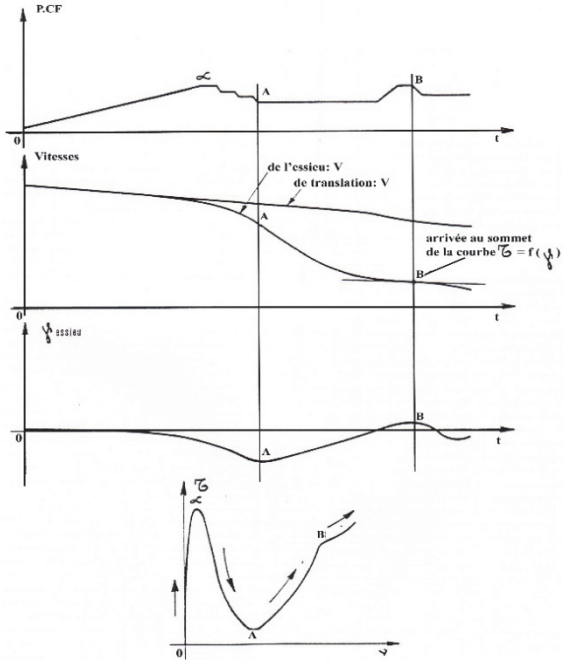
Rappelons que l'effet de dépolissage des roues produit par les semelles en fonte confère au frein combiné un gain d'adhérence.

Il apparaît au vu des performances précitées que cet handicap du frein à disques seuls peut être très largement compensé par l'utilisation d'un AE de deuxième génération agissant essieu par essieu.

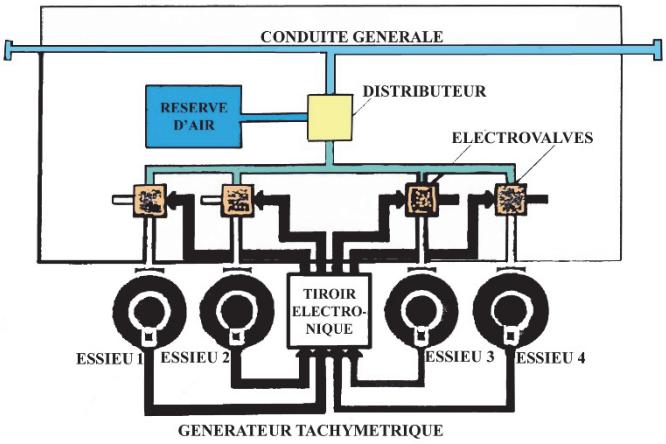
- **<u>Accession au freinage à haute puissance</u> :**

L'effet d'essuyage des rails par le roulement des essieux peut être mis à profit si l'on dispose de bons AE. Il est possible de régler les voitures en surpuissance de freinage. Les premières voitures du train adapteront facilement leur effort de freinage à l'adhérence disponible, mais les dernières voitures bénéficiant d'une adhérence meilleure pourront freiner davantage dans la mesure où les AE autoriseront la pression maximale. Par ailleurs, le glissement des essieux va affecter davantage de voitures et il en résultera un meilleur dépolissage des rails qui aura pour effet de renforcer l'adhérence sous les voitures suivantes.

<u>AE Faiveley AEF 83 P</u> :



Fonctionnement de AE AEF 83 P.



Structure du système AEF 83 P.

Les qualités de cet appareil que l'on peut résumer :

* Hautes performances.
* Faible dispersion dans les performances.
* Régulation précise de la pression.
* Stabilité du glissement au voisinage du glissement optimal.
* Faible consommation d'air.

Cet appareil assure la validité du freinage par disques seuls et sans l'apport des patins magnétiques, sur les trains rapides empruntant les lignes classiques à la vitesse de 200 km/h.

<u>AE Knorr MGS 1 à microprocesseur</u> :

Cet AE digital assure la protection contre les enrayages jusqu'à une adhérence de 1 %. Il comporte un système de diagnostic qui teste la partie électronique entre les périodes de calcul et un affichage de défauts à 17 indications. Il est doté de capteurs dits actifs.

L'AE est étudié pour que la régulation de l'effort de freinage soit optimale avec des constantes de temps de vidange et de remplissage bien déterminées. Toutefois, il convient de tenir compte du fait que le volume des cylindres de frein peut varier entre deux véhicules. A cet effet, il a été prévu :

* Des orifices d'électrovalves non réglages et tels que les constantes optimales puissent être réalisées avec le plus grand volume de cylindre.
* Un processus de pulsation des courbes de vidange et de remplissage, pour les volumes de cylindres plus faibles.

La mesure de la vitesse des essieux est faite avec un capteur digital.

Si les 4 essieux d'une voiture glissent simultanément, l'essieu de référence est desserré par une impulsion spéciale toutes les 7 à 8 secondes afin de retrouver une vitesse de référence exacte.

La logique de cet AE comprend le dépouillement des critères d'accélération de vitesse et l'écart de vitesse ΔV qui pilotent séparément ou conjointement la pression dans les cylindres de frein, par alimentation, vidange ou maintien de la pression.

Lors d'une séquence glissement-reprise d'adhérence, la pression du cylindre de frein est régulée à l'aide de moyens que l'on a classés par ordre décroissant d'efficacité d'intervention en délestage :

* Vidange rapide.
* Vidange pulsée.
* Maintien d'une pression constante.
* Remplissage pulsé.
* Remplissage rapide.

Le choix de ces moyens dépend en général des critères d'accélération et de vitesse, mais ce choix est différent suivant que l'on se trouve :

* Dans le cas général de contrôle par critère d'accélération.
* Dans le cas particulier de contrôle par critère d'accélération en début de freinage.
* Dans le cas de contrôle par ΔV.

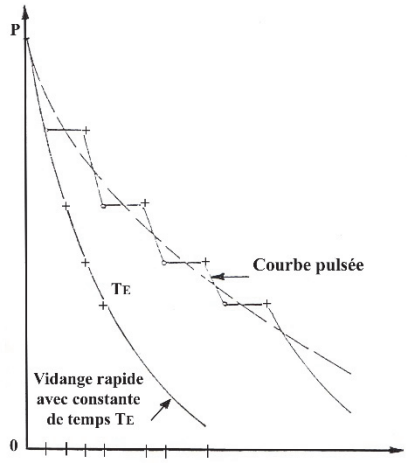
En cas de glissement d'un essieu, l'efficacité d'intervention doit être d'autant plus grande que la décélération de l'essieu est plus grande.

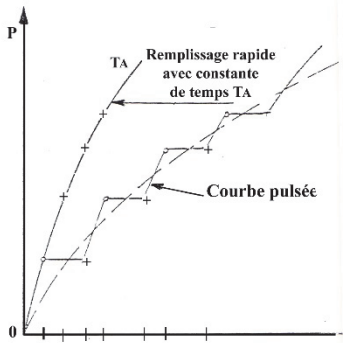
L'efficacité d'intervention est réduite si l'essieu glisse avec une décélération qui décroît en valeur absolue.

L'efficacité d'intervention est à nouveau réduite si l'essieu glisse alors qu'il est en accélération et il peut en résulter finalement un remplissage rapide.

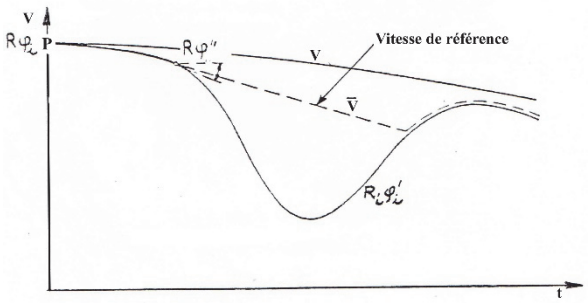
Lorsque cette accélération baisse à nouveau, le palier a tendance à remplacer le remplissage.

En toutes circonstances, l'efficacité d'intervention est d'autant plus grande que l'écart de vitesse de l'essieu par rapport à la vitesse de référence (critères de vitesse) est plus grand.





AE Knorr MGS 1.
Régulation des pentes de vidange et de remplissage.



AE Knorr MGS 1.
Elaboration de la vitesse de référence.

Indicateur de défauts sur les TGV PSE (bloc cabine).

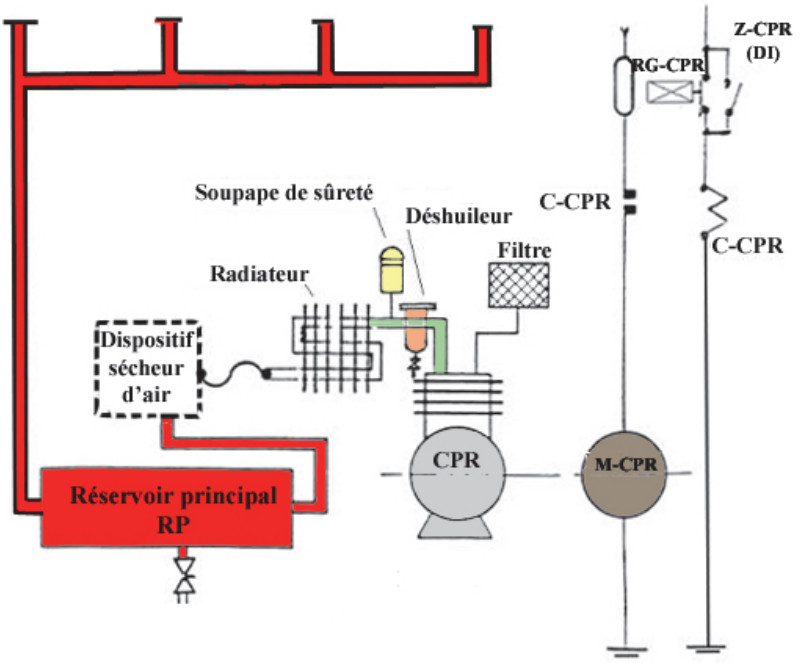
PRODUCTION D'AIR COMPRIME :

L'air comprimé nécessaire à l'ensemble des organes pneumatiques (dont les freins) de la locomotive, des véhicules, TGV…. est produit au moyen d'un ou de deux compresseurs.

L'air comprimé passe ensuite dans un radiateur et évite ainsi les problèmes de trop grande condensation et de diminution de volume de l'air dans les réservoirs principaux (RP). L'air ne doit pas avoir une température excédant 25°C au-dessus de la température ambiante.

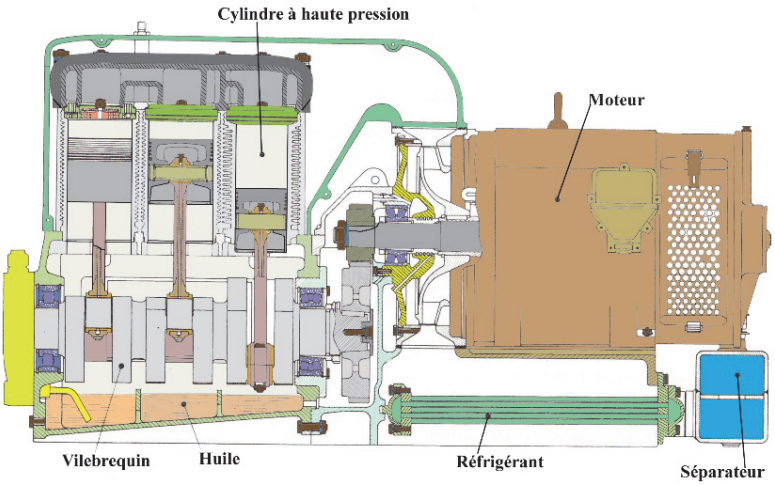
Ensuite l'air passe dans un déshuileur destiné à débarrasser l'air comprimé des particules d'huile et d'eau qu'il peut contenir en suspension. Le taux d'humidité de l'air qui en sort doit être inférieur à 35 %.

Une purge automatique assure ensuite, lorsque les compresseurs s'arrêtent, l'élimination de l'eau et de l'huile contenues dans l'air comprimé.

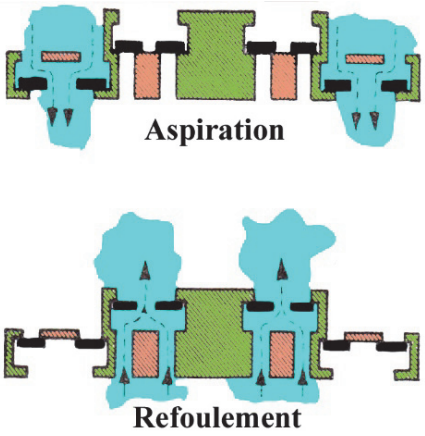


Compresseur à pistons :

Ce compresseur comporte des cylindres verticaux, dont les équipements mobiles sont actionnés par un vilebrequin horizontal monté sur roulement. Le vilebrequin est entraîné par un moteur électrique par l'intermédiaire d'un couple d'engrenages réducteurs de vitesse.



Coupe d'un compresseur à pistons.



Clapets d'aspiration et de refoulement.

Compresseur à vis asymétriques :

Ce compresseur comporte deux vis engrenées et entraînées par un moteur électrique aspirent l'air au travers d'un filtre, le comprime et le refoule. La lubrification et le refroidissement sont assurés par injection d'huile.

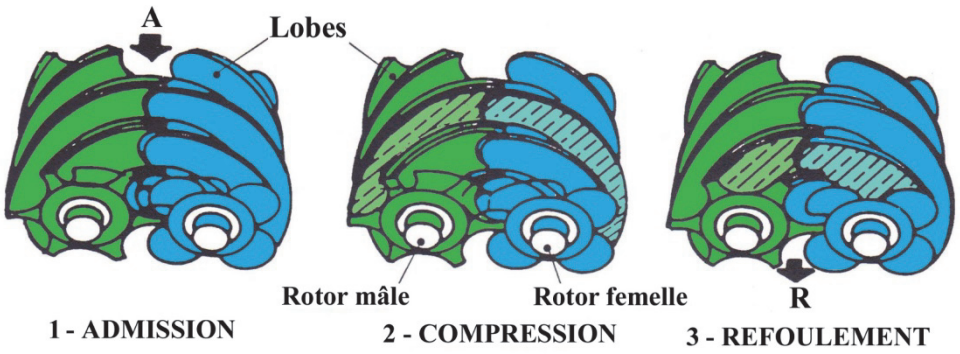
Le mélange air-huile est refoulé au travers d'un séparateur. L'air et l'huile séparés traversent ensuite des réfrigérants dont le refroidissement est assuré par un ventilateur entraîné mécaniquement par le moteur électrique du compresseur. L'air est ensuite asséché au travers d'un séparateur de condensats avant d'être refoulé dans le réservoir principal.

La soupape de sureté sur le séparateur secondaire. La pression de service étant de 9 bars dans le circuit, elle s'ouvre à 10 bars.

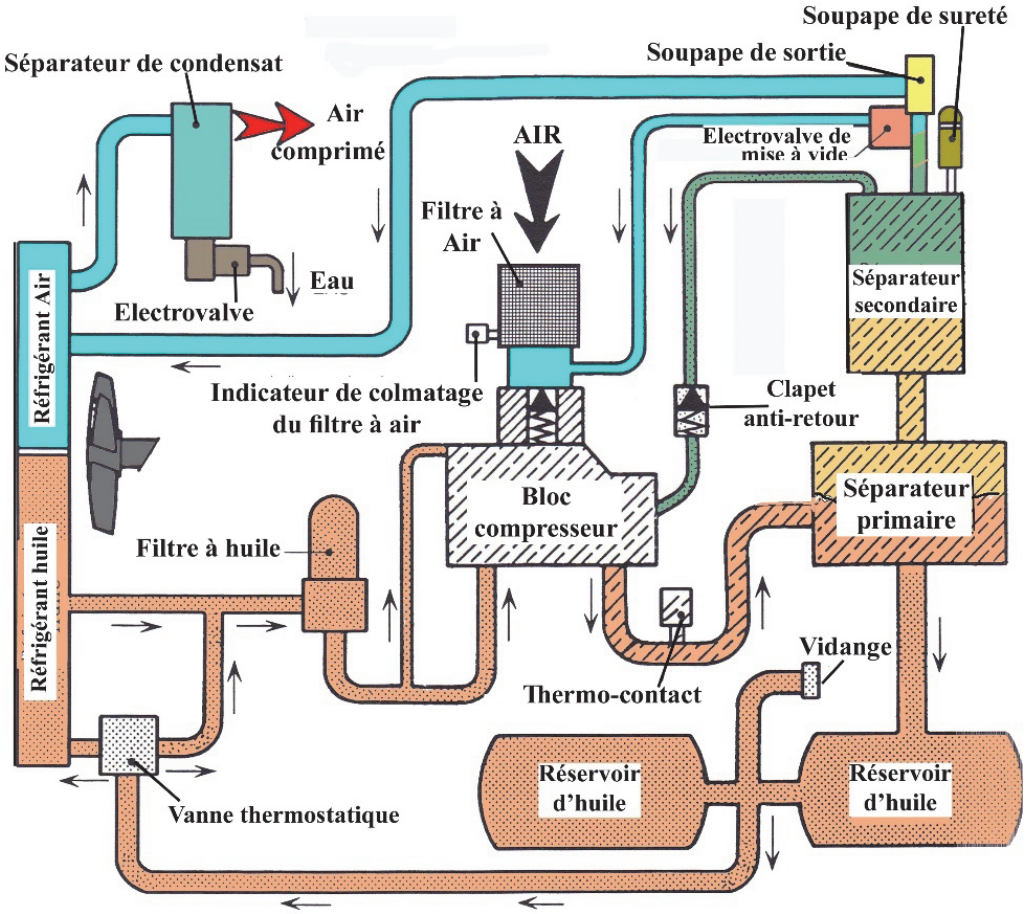
Thermostat : il contrôle la température du mélange air-huile (120°). En cas de température excessive il provoque l'arrêt du moteur.

Indication de colmatage du filtre d'aspiration.

Clapet anti-retour. Il évite d'éventuelles remontées d'huile à l'aspiration en cas d'anomalie de fonctionnement.



Principe de fonctionnement du compresseur à vis.



Circuits des fluides.

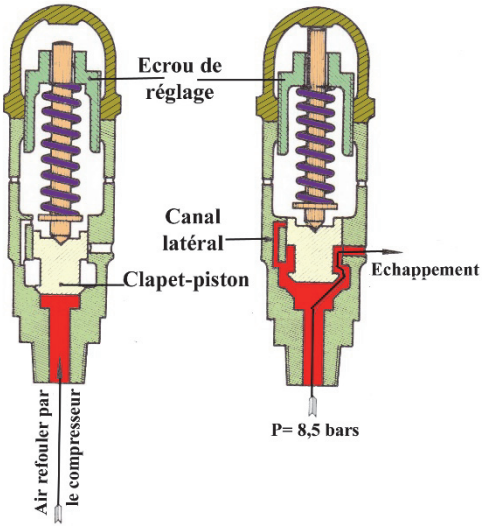
<u>Un régulateur de pression</u> :

Le régulateur de pression a pour rôle de provoquer automatiquement la mise en marche et l'arrêt du ou des compresseurs de manière à maintenir constamment dans les réservoirs principaux (RP) un stockage d'air comprimé suffisant. Ce régulateur agit sur le circuit électrique de commande du ou des moteurs électriques du ou des compresseurs. La pression dans les réservoirs principaux varie entre 8 et 10 bars.

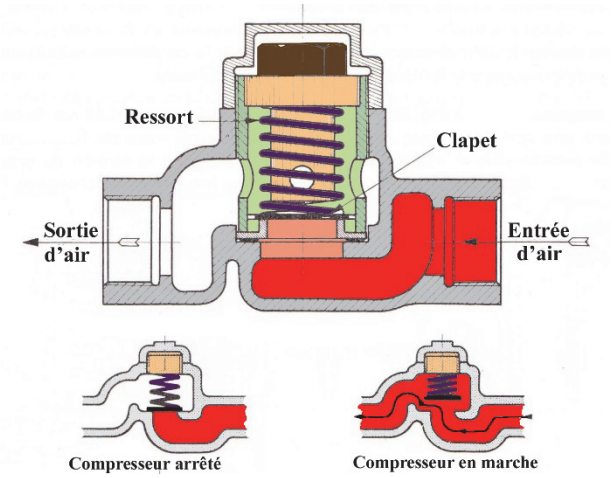
Soupape de sureté, clapet de retenue :

Ces deux appareils sont disposés successivement sur la conduite de refoulement, avant l'entrée dans les réservoirs principaux.

Dans la soupape de sureté, lorsque la pression de l'air refoulée par le compresseur atteint accidentellement une certaine valeur (9 à 10 bars) par suite d'un mauvais fonctionnement du régulateur de pression, la poussée exercée devient supérieure à la tension du ressort de réglage ouvrant ainsi un orifice par lequel l'air s'échappe à l'atmosphère.



Soupape de sureté

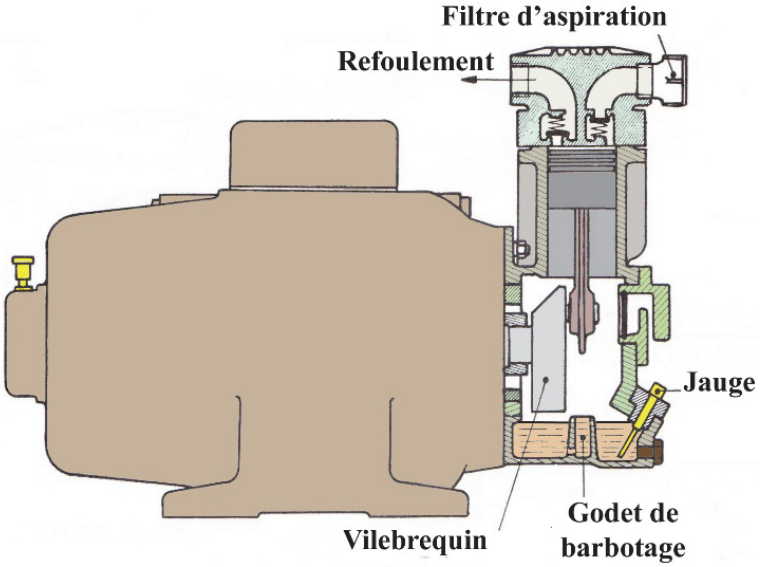


Clapet de retenue.

Avec le clapet de retenue, l'air ne peut passer que dans un seul sens, en soulevant le clapet.

Groupe compresseur auxiliaire :

Un groupe compresseur monocylindre auxiliaire, alimenté par les batteries, est utilisé lors de la mise en service de l'engin quand l'air contenu dans les réservoirs principaux et dans la bouteille de secours (dans certaines séries de locomotives) est à une pression insuffisante pour élever un pantographe et pour fermer un disjoncteur. La mise en marche de ce groupe auxiliaire peut être manuelle ou automatique.

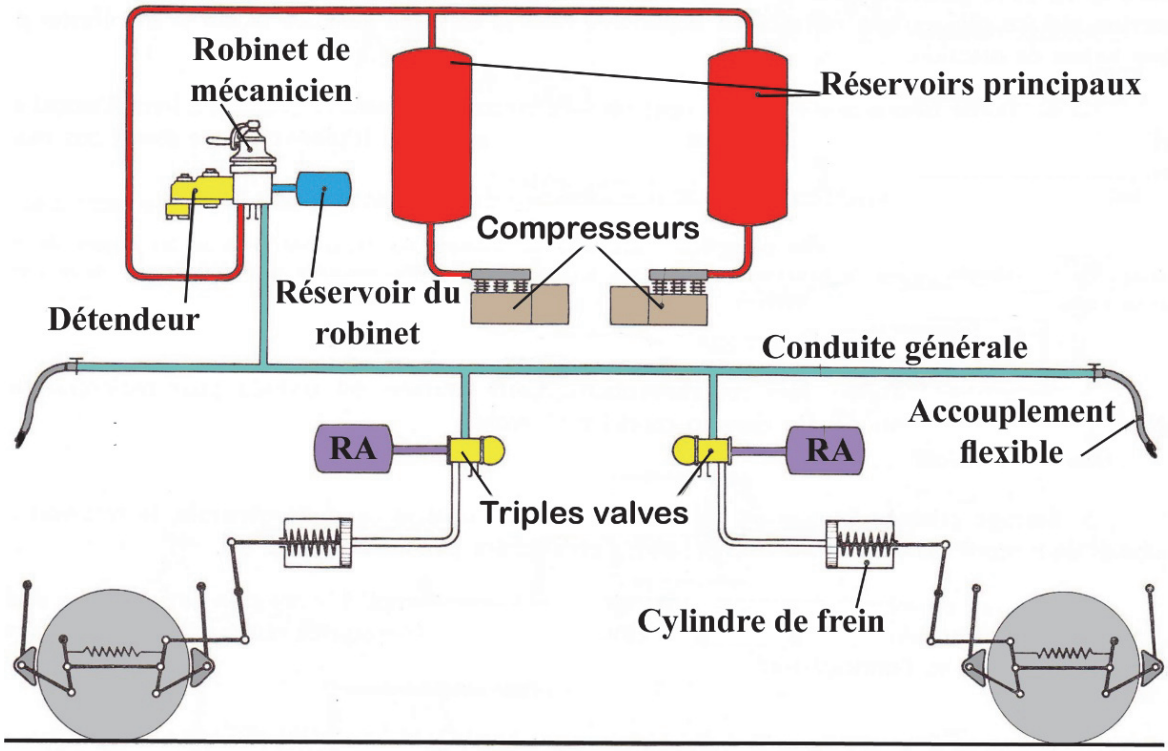


TRIPLES-VALVES :

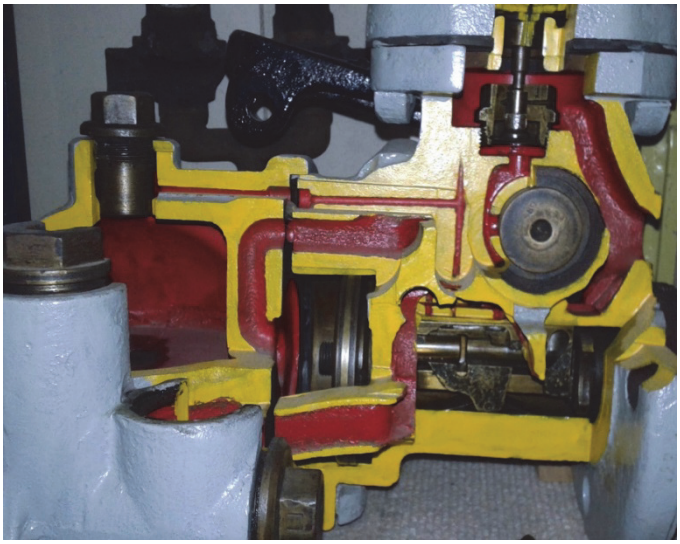
Avec l'apparition des distributeurs modernes, les triples-valves ont quasiment disparu au sein de l'UIC, mais il est intéressant de connaître le fonctionnement de cet organe de frein simple qui a équipé les locomotives, voitures et wagons pendant plusieurs décennies.

Les triples-valves assurent le triple rôle de :

- Stockage d'air comprimé à proximité de chaque cylindre de frein dans un réservoir auxiliaire (RA), en attente d'un serrage des freins.
- Passage de l'air des RA dans les cylindres de frein (CF) en vue du serrage et en quantité proportionnée à l'intensité du serrage désiré par le conducteur.
- Echappement à l'atmosphère de l'air contenu dans les CF lors du desserrage des freins.



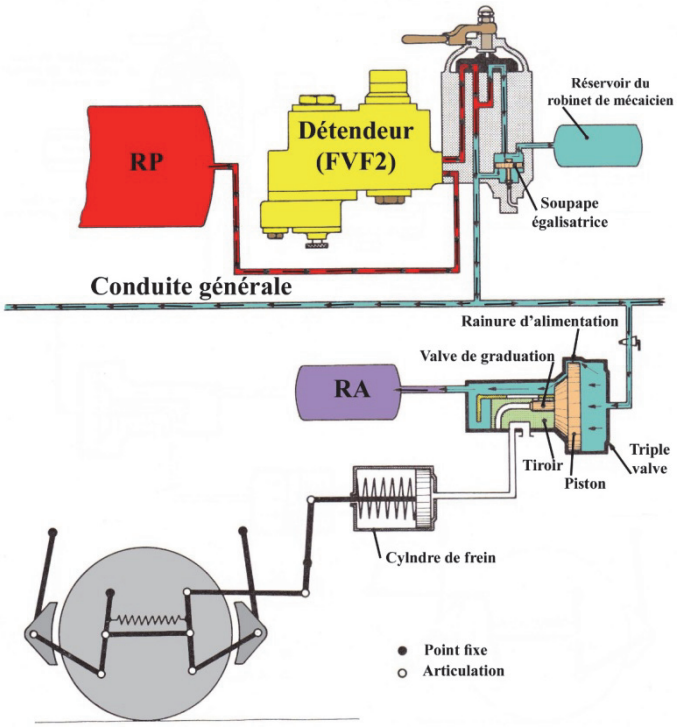
Triple-valve



Coupe d'une triple-valve.

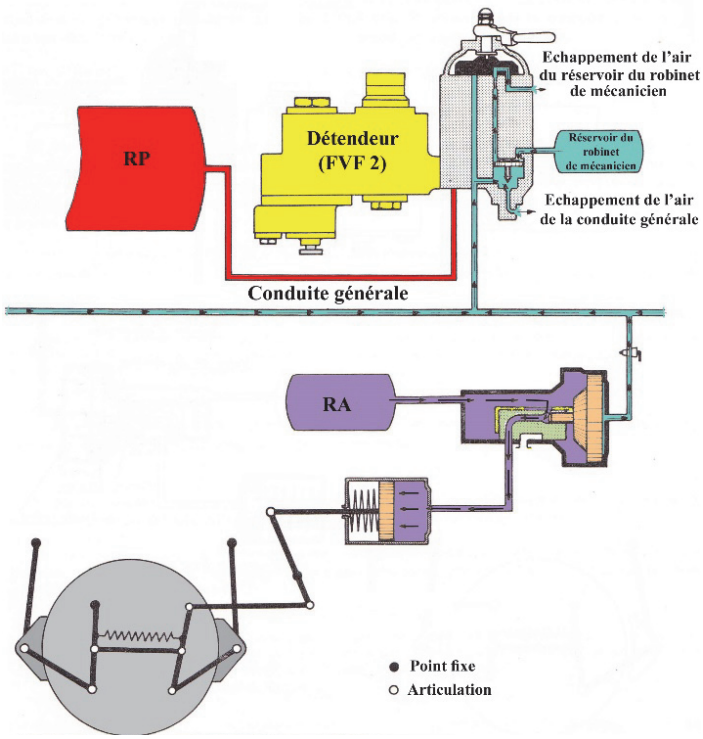
Alimentation et desserrage :

Le rapide afflux d'air qui en résulte se propage le long de la CG et provoque le desserrage des freins ainsi que la réalimentation des RA à 5 ou 5,4 bars.



Le tiroir de la triple-valve assure la mise à l'atmosphère du CF. Le RA est maintenu en charge à la pression de la CG grâce à la rainure d'alimentation de la triple-valve. Le frein est desserré.

Serrage gradué :

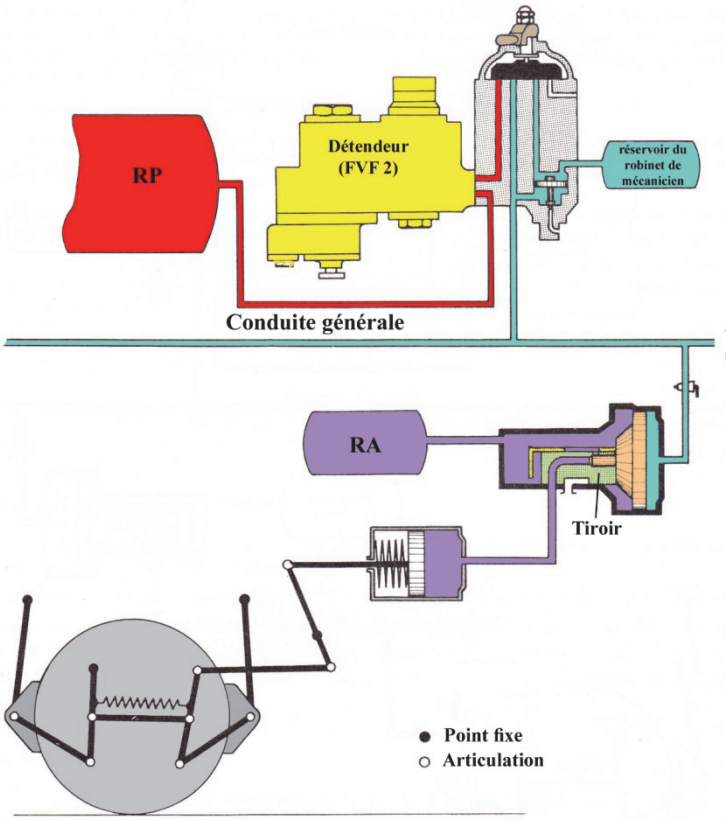


Le piston de la triple-valve, déplacé vers la droite par la poussée de l'air du RA puisque la pression de l'air du RA est supérieure à la pression de l'air de la CG, a disposé le tiroir de manière à permettre l'entrée de l'air du RA dans le CF. Le frein serre.

En position serrage gradué l'air de la CG s'échappe à la partie inférieure du robinet. L'ouverture de l'orifice d'échappement est consécutive à la vidange partielle du réservoir du robinet par un canal de section réduite et au soulèvement de la soupape égalisatrice.

Neutre :

Placé en position neutre, le robinet du mécanicien ferme toutes les communications, ce qui a pour effet de maintenir la pression dans la CG à une valeur plus ou moins inférieure à 5 bars, selon l'importance de l'échappement réalisé précédemment en serrage gradué.

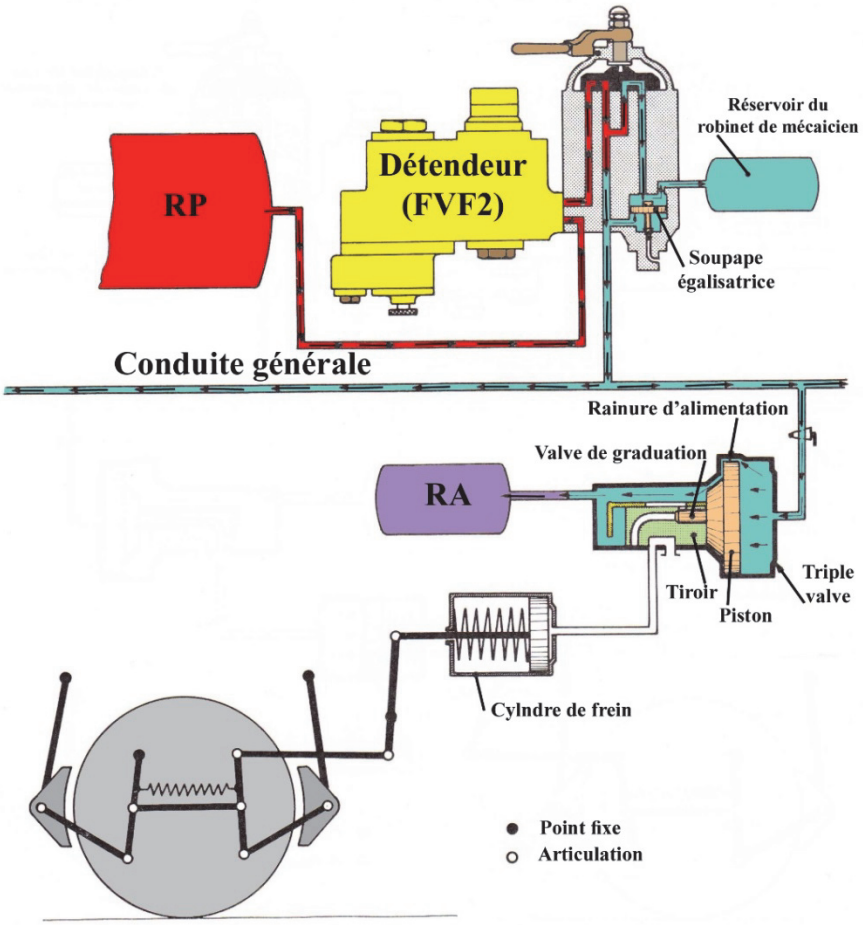


Dans le RA, la pression a baissé du fait de l'envoi d'air dans le CF, elle est devenue légèrement inférieure à la pression stabilisée dans la CG et le piston de la triple-valve, poussé vers la gauche, est venu fermer l'orifice du canal ménagé dans le tiroir au moyen de sa valve de graduation. L'alimentation du CF a cessé, un premier palier de serrage est donc réalisé, et le tiroir de la triple-valve garde sa position.

Desserrage :

Un changement de position de la triple-valve ne pourra dès lors se produire qu'à la suite d'une variation de pression dans la CG. Si cette variation, obtenue par une manœuvre du robinet, est une diminution, le piston de la triple-valve se déplacera vers la droite et sa valve de graduation, dégagée de l'orifice du canal, permettra la réalisation d'un nouveau palier de serrage. Comme précédemment, l'augmentation du serrage, si elle est modérée, sera suivie d'une position d'équilibre de la triple-valve.

Si la variation est une augmentation importante, tout l'équipage mobile de la triple-valve, piston et tiroir, sera repoussé à fond vers la gauche ; il y aura échappement de tout l'air contenu dans le CF, donc desserrage complet du frein (pas de modérabilité possible au desserrage) et réalimentation du RA.



Le robinet du mécanicien, placé en position desserrage (position 1), permet le passage dans la CG d'une rapide onde de pression. Les deux faces de la soupape égalisatrice sont soumises à la même pression, cette soupape reste donc en position de fermeture. Le puissant afflux d'air dirigé tout au long de la CG est nécessaire au renversement de toutes les triples-valves du train, c'est-à-dire à leur passage en position desserrage.

Disposé au bout de quelques instants en position 2, le robinet du mécanicien permet un remplissage rapide des RA pendant que le desserrage se poursuit (rappel des timoneries de frein par des ressorts au fur et à mesure de la vidange des CF).

Une fois le desserrage terminé, le robinet du mécanicien en position 3 (marche) stabilise les pressions ; le frein est armé pour un nouveau serrage.

Compléments à la triple-valve :

Certaines triples-valves possèdent quelques perfectionnements visant à :

- Augmenter la vitesse de propagation de la dépression produite en tête de la CG.
- Permettre de modifier les vitesses de remplissage et de vidange des CF selon que le train et un train de voyageurs ou un train de marchandises.

Le premier perfectionnement consiste en une « poche accélératrice », le second en un dispositif « voyageurs-marchandises ».

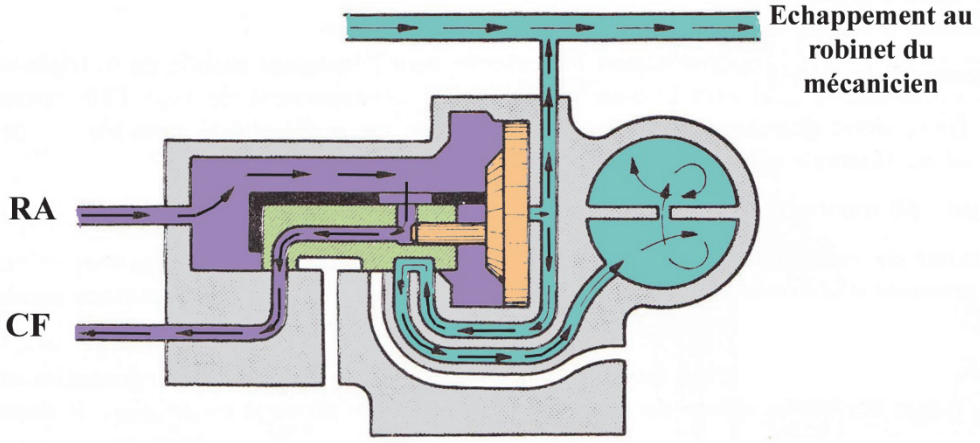
- **Poche accélératrice** :

Une triple-valve constituée comme celle indiquée dans les figures précédentes provoquerait, lors d'un serrage, un retard à la propagation de la dépression le long de la CG à cause :

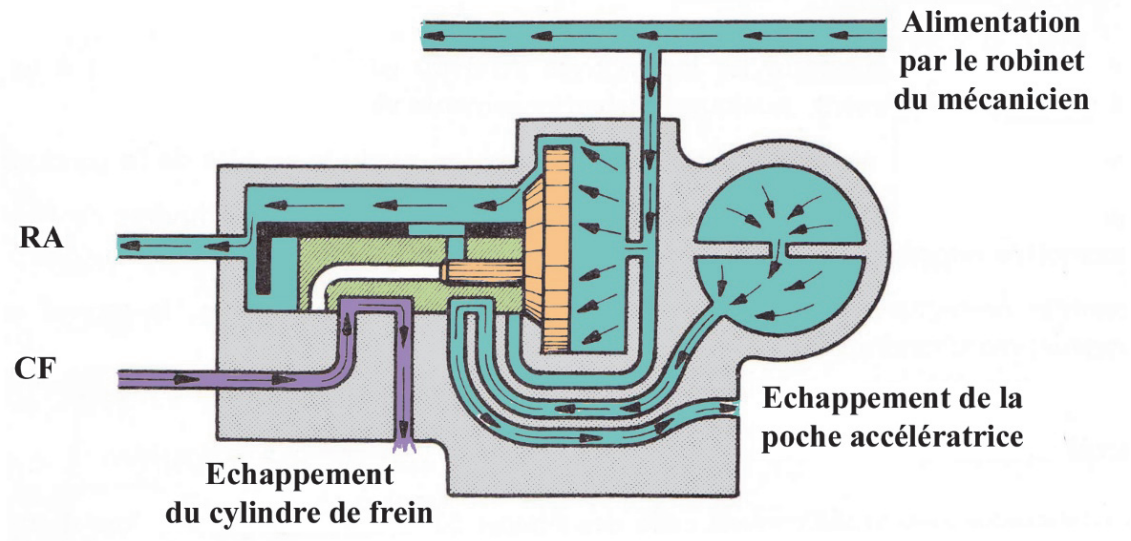
* D'un inévitable retour d'air du RA dans la CG avant que le piston ne se soit déplacé suffisamment pour masquer la rainure d'alimentation.

* Du volume d'air repoussé par le piston dans son recul.

Pour compenser cette action retardatrice et, d'autre part, pour accélérer la propagation d'une dépression le long de la CG, une poche accélératrice est disposée dans la triple-valve.



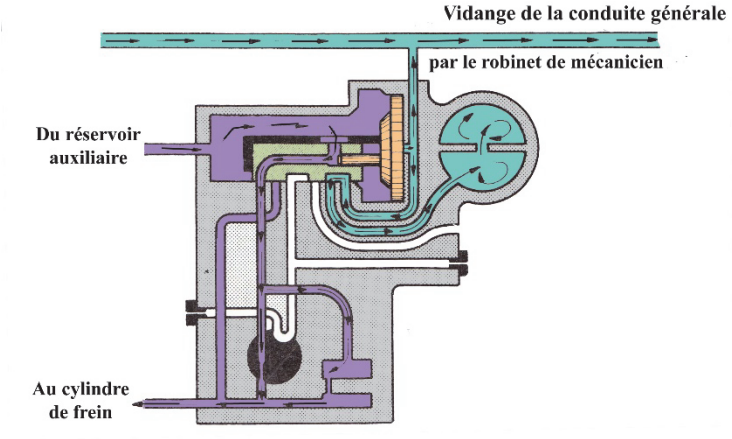
La triple-valve comporte un évidement supplémentaire qui permet, en position serrage, le remplissage de la poche par l'air de la CG. Le volume d'air absorbé par cette poche assure la compensation de l'action retardatrice de la triple-valve et, de plus, produit une légère dépression locale grâce à laquelle la baisse de pression dans la CG se propage plus rapidement vers la triple-valve suivante dans laquelle la même opération se produit.



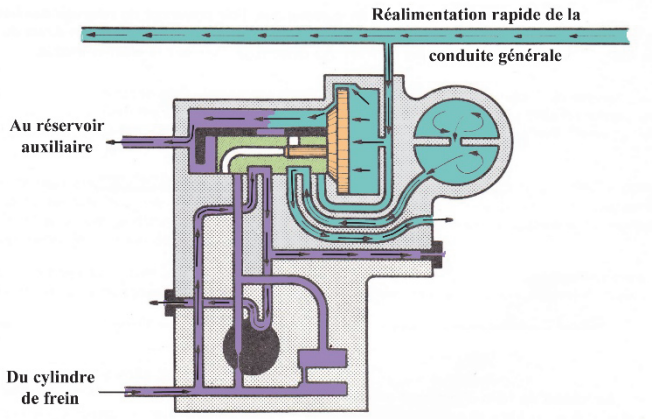
Lorsque la triple-valve passe en position desserrage la poche accélératrice se vidange à l'atmosphère.

La poche comporte deux capacités reliées par un passage à section réduite. Le remplissage de la capacité inférieure s'effectue rapidement et compense sans retard l'effet de refoulement d'air dans la CG dû au fonctionnement de la triple-valve. Le remplissage de la capacité supérieure est ralenti afin d'amortir la création d'ondes de pression nuisibles (brusques mouvements d'air qui risquent de se propager sous forme d'élévation momentanée de la pression) et de prolonger la succion dans la CG sans y créer de remous d'air. Avec les poches accélératrices, la vitesse de propagation d'une dépression dans la CG est de l'ordre de 150 m/s.

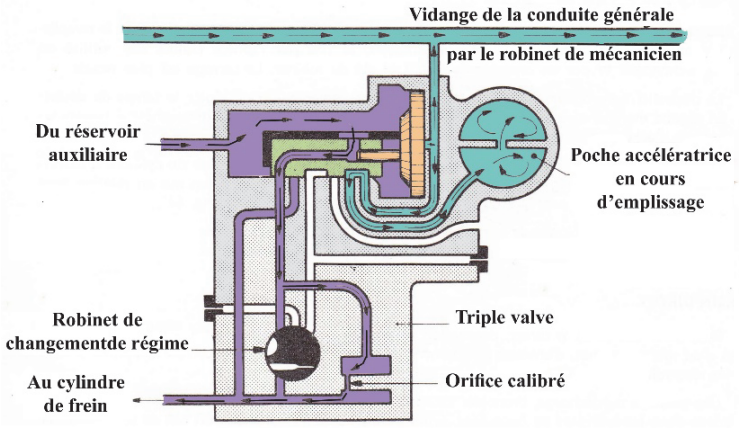
- **<u>Dispositif « Voyageurs-Marchandises » :</u>**
  Le temps de serrage, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la pression dans les CF atteigne le maximum prévu, est une des caractéristiques du régime de freinage.
  Le dispositif « Voyageurs-Marchandises » consiste en un robinet logé dans le corps de la triple-valve. La
  clé du robinet est susceptible d'occuper deux positions à 90° l'une de l'autre.



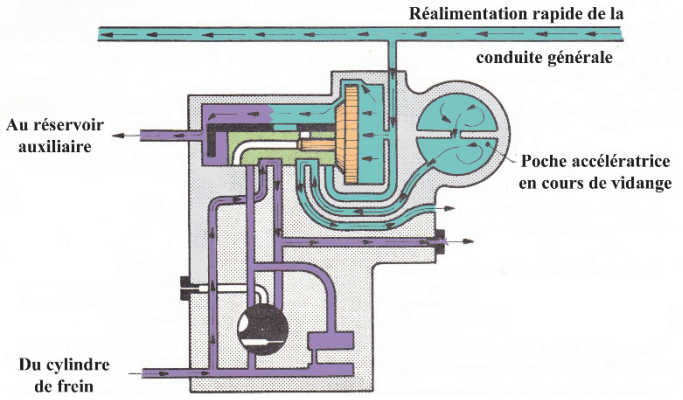
Serrage en régime voyageurs



Desserrage en régime voyageurs



Serrage en régime marchandises



Desserrage en régime marchandises

<u>Triples-valves type LU</u> :

On distigue plusieurs types de triples-valves selon qu'elles sont montées :

* **<u>Sur les engins moteurs</u> :**

* Type LUL : comporte deux régimes de freinage (dispositif de changement de régime V6 ou M24).

Serrage sur V6 : 6 secondes, desserrage sur V6 : 10 secondes.

Serrage sur M24 : 24 secondes, desserrage sur M24 : 52 secondes.

* **<u>Sur les voitures voyageurs</u> :**

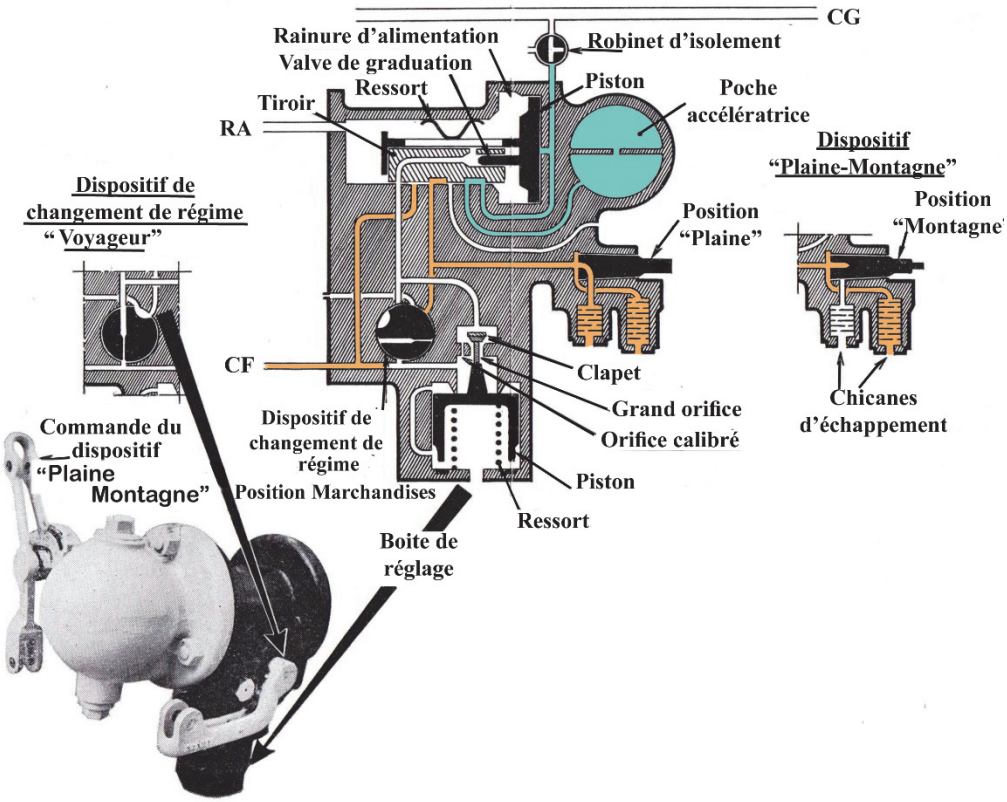
* Type LUR : ne comporte que le régime de freinage « Voyageurs ».

* **<u>Sur les wagons marchandises</u> :**

* <u>Type LUI</u> : ne comporte que le régime de freinage « Marchandises » mais dispose de deux régimes de desserrage (dispositif « Plaine-Montagne »).

* <u>Type LUI-II</u> : ne comporte que le régime de freinage « Marchandises », avec la possibilité de mise en action d'un deuxième CF permettant d'augmenter l'effort de freinage suivant que l'on désire freiner la tare seule ou la tare et la charge (dispositif « Vide-Chargé »). Elle dispose de deux régimes de desserrage (dispositif « Plaine-Montagne »).

* <u>Type LUVI</u> : comporte les régimes « Voyageurs » et « Marchandises ». Au régime « Marchandises », elle dispose des deux régimes de desserrage par le dispositif « Plaine-Montagne ».



Triple-valve type LUVI en position serrage.

DISTRIBUTEURS :

La substitution de distributeurs, modérables au desserrage comme au serrage, aux triples-valves du frein Westinghouse classique améliore considérablement la sureté de fonctionnement et l'efficacité du frein. En particulier, ces distributeurs permettent d'obtenir les arrêts à partir des grandes vitesses dans des conditions beaucoup plus favorables à la souplesse du mouvement, à la tenue du matériel, et plus aisées pour les agents de conduite car il est possible de réduire uniformément l'effort de freinage à mesure que la vitesse diminue en effectuant des desserrages gradués. Les réactions entre véhicules peuvent être facilement évitées.

La vitesse de propagation est de l'ordre de 275 à 290 m/s. Plus la vitesse de propagation est élevée, moins les chances de chocs au freinage sont grandes. Toutefois, une grande vitesse de propagation n'est pas suffisante à elle seule pour assurer la tranquillité du freinage dans tous les cas. Ce qui compte en fait, c'est la différence des efforts retardateurs appliqués aux véhicules de tête et de queue à un instant donné. Lorsque cette différence reste faible, il ne saurait y avoir de chocs violents et c'est pourquoi on impose des temps de serrage élevés par rapport au temps de propagation afin d'uniformiser les efforts retardateurs. On attache une importance accrue, non seulement à la vitesse de propagation telle qu'elle est définie, mais aussi à l'allure de la courbe d'établissement de la pression, en fonction du temps, au CF du dernier véhicule. Il est arrivé, en effet, que des chocs aient été enregistrés malgré une vitesse de propagation correcte, avec des trains de marchandises longs, parce que la montée en pression immédiatement après le premier temps se faisait trop lentement, bien que le temps de serrage soit dans les limites fixées. L'effort de freinage effectif en queue était donc trop faible pendant quelques instants après le début du freinage, et la queue venait se tasser sur la tête du train. On considère que, dès que la pression en queue atteint 1 bar environ, ce genre de phénomène n'est plus à craindre, les véhicules étant suffisamment stabilisés, mais il faut que cette pression soit atteinte en 9 à 10 secondes.

Le temps de remplissage des CF sont de 18 à 30 secondes en régimes marchandises et de 3 à 5 secondes en régime voyageurs (3 à 6 secondes avec un dispositif vide-chargé).

Ils permettent, lors des serrages modérés (dépression dans la CG inférieure à 1,5 bar), d'établir dans les CF des pressions d'air progressivement croissantes moins élevées que dans le cas d'utilisation de triples-valves.

C'est ce que l'on nomme le « contrôle des basses pressions ». Ainsi, avec un distributeur, lorsque la pression dans la CG chute de 0,5 bar (dépression minimale), la pression dans les CF se stabilise à 0,8 bar avec un distributeur et à 1,3 bar avec une triple-valve. Cette caractéristique de fonctionnement est intéressante pour les petits ralentissements.

Pour les hautes pressions de serrage, l'efficacité du frein reste inchangée ; la pression d'environ 3,8 bars dans les CF est obtenue pour une dépression au moins égale à 1,5 bar dans la CG, quel que soit l'organe relais, distributeur ou triple-valve.

Les distributeurs rendent les freins pratiquement inépuisables car le desserrage de tous les véhicules n'est obtenu que dans la mesure où la CG et les RA sont alimentés. Cette particularité est très appréciable pour le maintien de la vitesse d'un train sur une forte pente. Il est possible d'effectuer des serrages et desserrages consécutifs et rendent inutiles le dispositif « montagne » des trains de marchandises.

Ils permettent, pendant les serrages ou desserrages gradués, d'obtenir une pression dans les CF indépendante des courses de pistons (à condition que celles-ci restent dans des limites normales). Les fuites sont automatiquement compensées. A chaque dépression dans la CG correspond une pression, toujours la même, dans les CF.

La grande vitesse de propagation et le contrôle des basses pressions procurées par les distributeurs rendent le frein beaucoup plus maniable aux basses vitesses.

Les distributeurs améliorent l'automaticité du frein.

L'emploi de membranes au lieu de pistons à segments pour commander les diverses fonctions et notamment le mouvement de l'équipage principal, ce qui diminue les frottements et accroît la sensibilité. Ces membranes sont en caoutchouc synthétique, parfaitement inaltérables à l'huile et à l'air, insensibles au froid intense comme à la grande chaleur. Ces membranes sont montées sans tension initiale et ne contrarient pas le jeu des organes qu'elles sont chargées de commander.

Suppression des tiroirs plans pour ouvrir et fermer les diverses communications. Ils ont été, de façon générale, remplacés par des clapets plats en caoutchouc vulcanisé, montés dans ou autour d'une garniture métallique et reposant sur des sièges annulaires. Ces clapets sont pratiquement inusables et l'étanchéité qu'ils assurent est excellente.

Description :

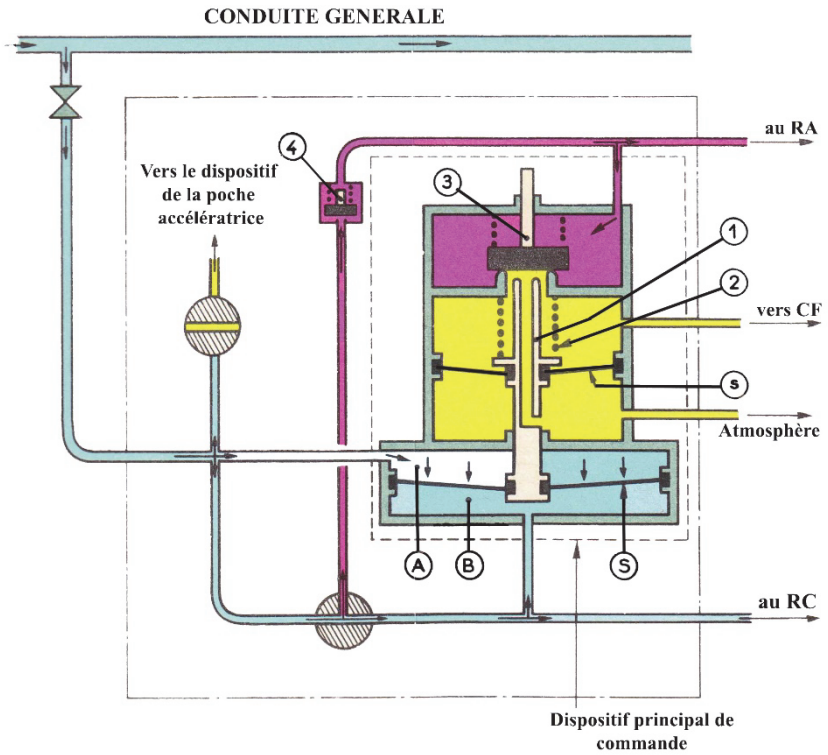
Dans tous les distributeurs, l'organe essentiel est le dispositif principal de commande ; c'est lui qui assure toutes les fonctions importantes. Cet organe est entouré de dispositifs accessoires assurant les fonctions secondaires. Le nombre de ces dispositifs est variable selon les distributeurs.

- **Dispositif principal de commande** : il permet de réaliser ou d'interrompre la communication entre le RA et le CF (paliers de serrage) ou entre le CF et l'atmosphère (paliers de desserrage). Il comprend :
  * Un équipage mobile composé d'une tige creuse (1) solidaire de deux membranes élastiques (S et s) de surface différente.
  * Un ressort de rappel (2).
  * Un clapet (3) et son ressort de rappel.
  La face supérieure de la membrane (s) est en relation avec le CF, la face inférieure avec l'atmosphère. La face supérieure de la membrane (S) est en relation avec la CG, la face inférieure avec un réservoir additionnel appelé réservoir de commande (RC).

  Ce sont les pressions exercées au-dessus et au-dessous de la membrane (S) qui commandent le fonctionnement des distributeurs dont les organes peuvent occuper les positions suivantes :
  * Position de remplissage et d'armement.
  * Position de serrage.

* Position d'équilibre correspondant :
    * Soit à un palier de serrage.
    * Soit à un palier de desserrage.
* Position de desserrage.

Position de remplissage et d'armement :



Signification des couleurs utilisées sur les croquis :

Jaune : air à la pression atmosphérique.

Bleu clair : air de la CG et du RC à 5 bars.

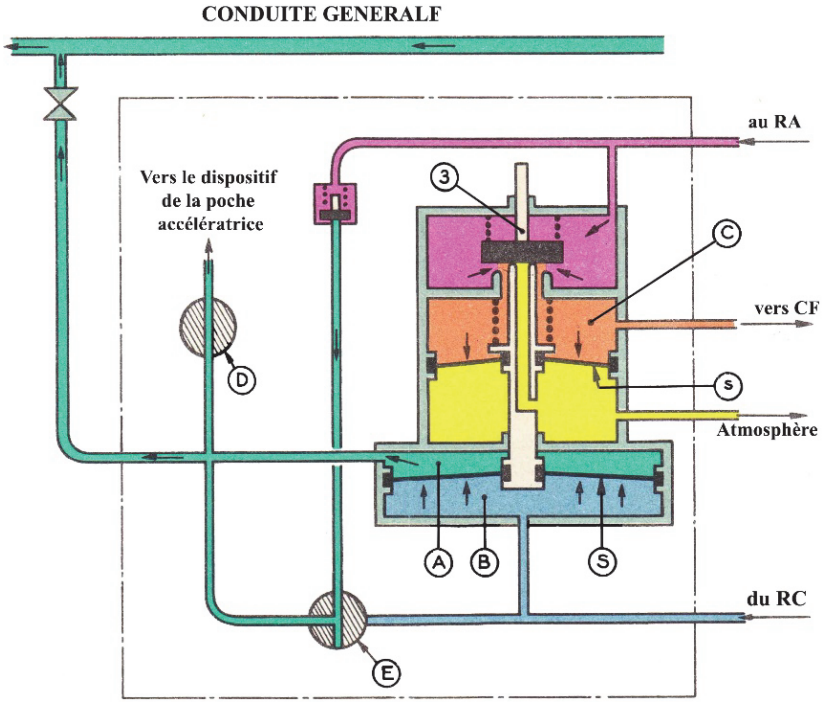
Vert : air de la CG à une pression inférieure à 5 bars.

Orange : air du CF.

Violet : air du RA.

L'équipage mobile sollicité par le ressort de rappel est en position basse. La chambre (A) en communication avec la CG, la chambre (B) en communication avec le RC et le RA sont chargés à la pression de régime de 5 bars. Le clapet de retenue (4) s'abaisse interrompant la communication entre la CG et le RA.

Position de serrage gradué :



Dès le début de la dépression dans la CG :

- Un dispositif de poche accélératrice (D) accentue la dépression.
- Un dispositif (E) verrouille le RC emprisonnant dans celui-ci de l'air à la pression de régime de 5 bars. Il établit un nouveau circuit entre la CG et le RA.

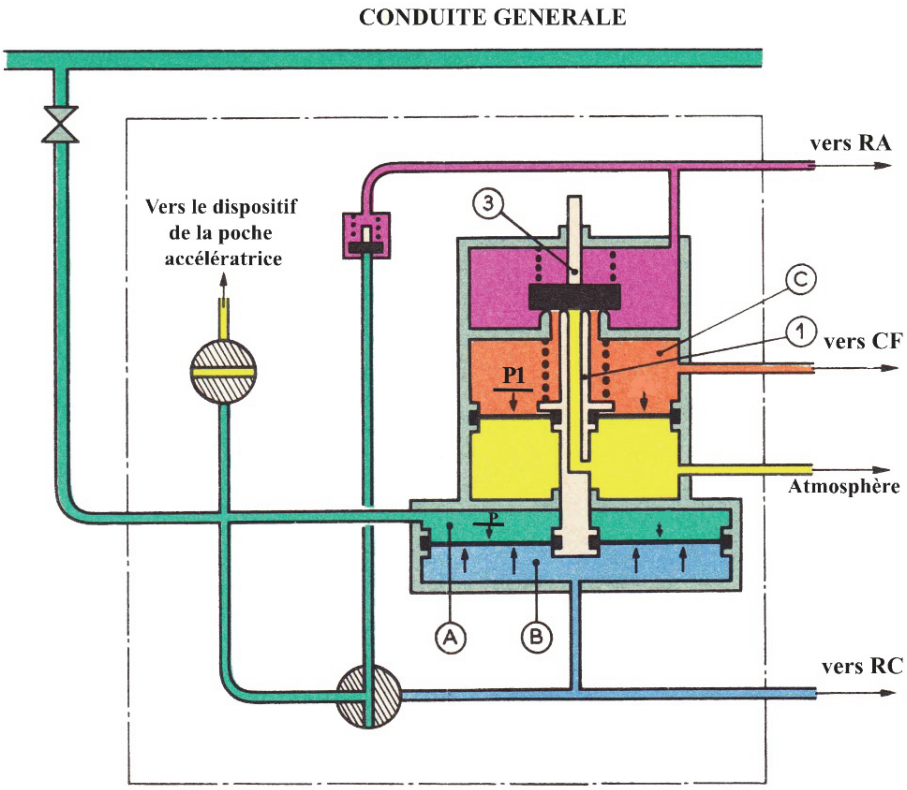
Par suite de la baisse de pression dans la chambre (A), l'équipage mobile du dispositif principal de commande se déplace vers le haut.

Il soulève le clapet d'admission (3).

L'air du RA est admis dans le CF par l'intermédiaire de la chambre (C).

Lorsque la pression dans la chambre (C), qui s'exerce sur la membrane (s), est suffisante pour compenser la baisse de pression dans la chambre (A), l'équipage mobile prend une position d'équilibre, on a réalisé un palier de serrage.

<u>Position d'équilibre</u> :



Dans cette position :

- Le clapet d'admission (3) repose sur son siège interrompant toute communication entre le RA et le CF.
- La tige creuse (1) appliquée sur le clapet (3) empêche la communication du CF avec l'atmosphère.

A une pression déterminée P dans la CG et par conséquent dans la chambre (A) correspond une pression (P1) dans la chambre (C) et dans le CF. Cette pression (P1) est donc indépendante des courses de pistons des CF.

<u>Paliers de serrage gradué</u> :

Le dispositif principal de commande étant en position d'équilibre, une diminution (p) de la pression de la CG détruit cet équilibre. L'équipage mobile se déplace vers le haut et l'air du RA est admis dans le CF.

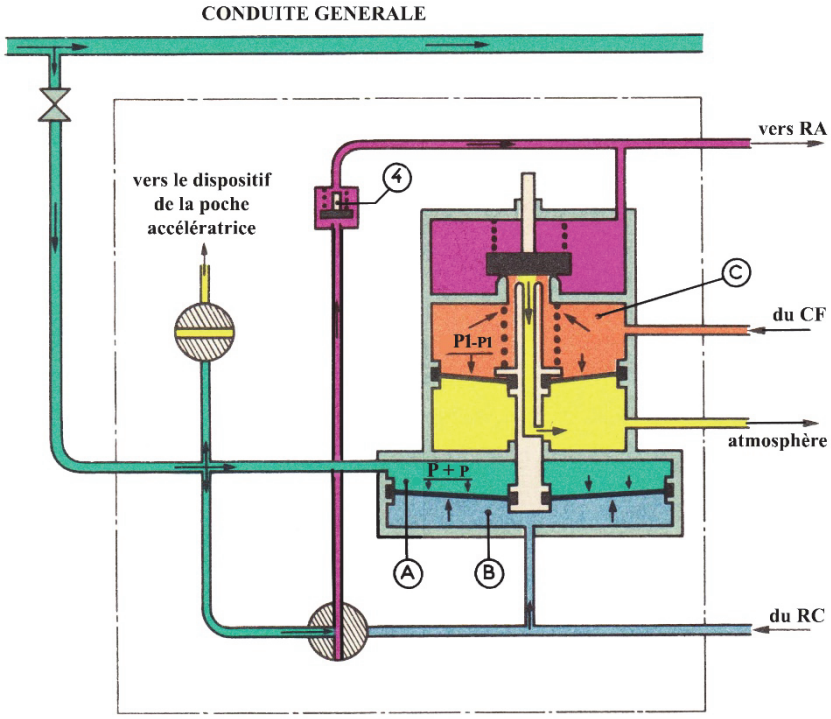
La pression (P1) dans la chambre (C) et par conséquent dans le CF augmente d'une quantité (p1) telle que la nouvelle pression (P1+pl) dans le CF rétablit l'équilibre du dispositif principal de commande pour la pression (P-p) de la CG.

On a réalisé un nouveau palier de serrage.

Compensation des fuites du cylindre de frein :

Le dispositif principal étant en position d'équilibre, si la pression (P1) diminue par suite d'une fuite dans le CF, l'équilibre du dispositif principal de commande est rompu. L'équipage mobile se déplace vers le haut et l'air du RA est admis dans le CF jusqu'à ce que la pression (P1) soit rétablie. Le dispositif principal de commande revient alors en position d'équilibre.

Position de desserrage gradué :



Le dispositif principal de commande étant en position d'équilibre, une augmentation (p) de la pression de la CG détruit cet équilibre. L'équipage mobile se déplace vers le bas et le CF est en communication avec l'atmosphère.

La pression (P1) dans la chambre (C) et par conséquent dans le CF diminue d'une quantité (p1) telle que la nouvelle pression (P1-p1) dans le CF rétablit l'équilibre du dispositif principal de commande pour la pression (P + p) de la CG.

On a réalisé un palier de desserrage.

Au cours du desserrage, dès que la pression de la CG est supérieure à celle du RA, la soupape (4) se soulève. Le RA est réalimenté sensiblement dans la même mesure que la CG.

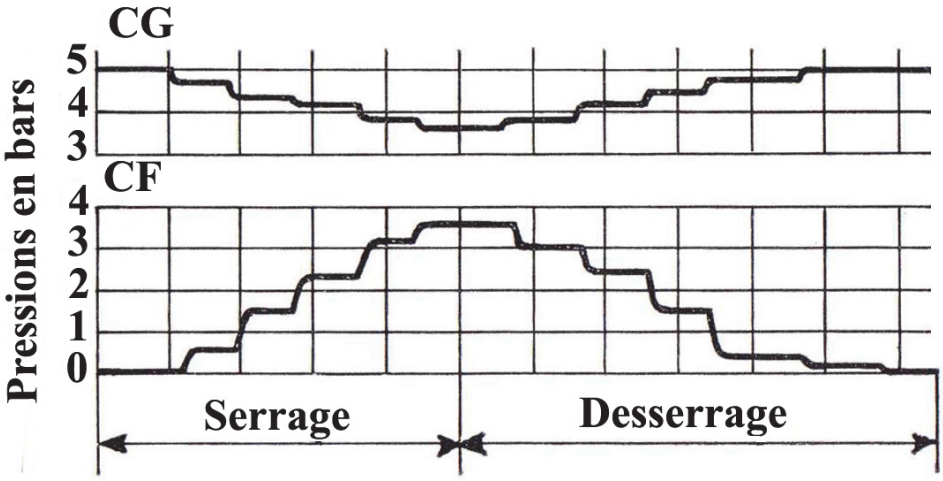
Palier de desserrage gradué :

- A chaque augmentation de pression dans la CG correspond un nouveau palier de desserrage.

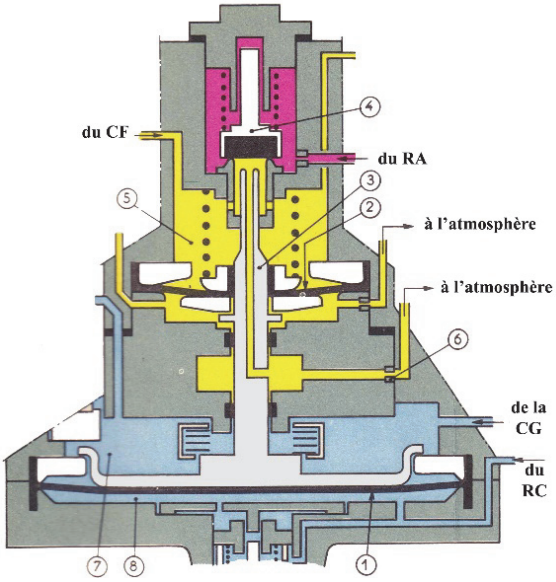
Retour à la position d'armement :

Lorsque la pression de régime est rétablie dans la CG, le distributeur revient en position d'armement. La communication entre le RC et la CG est rétablie ainsi que le circuit normal d'alimentation du RA. Le dispositif de poche accélératrice est en mesure d'entrer éventuellement en action.

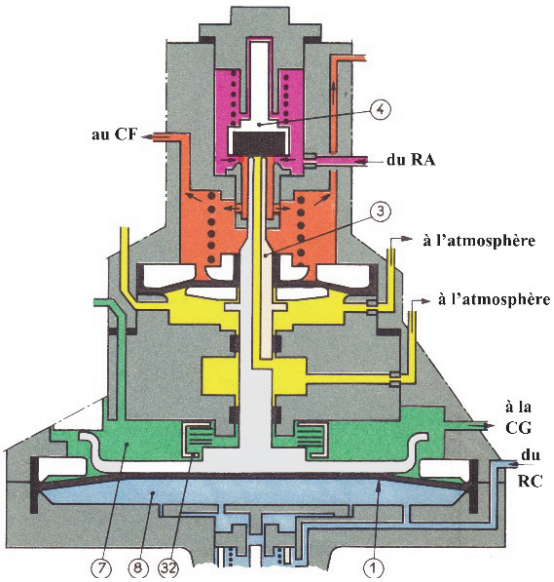
Pression au CF en fonction de la pression à la CG :



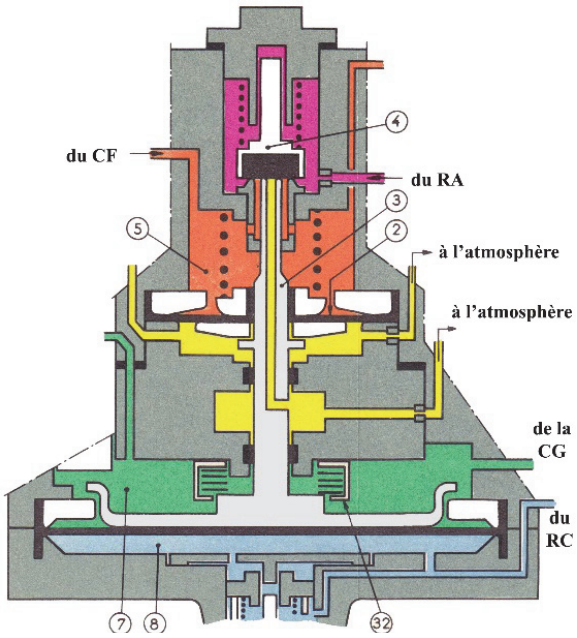
Distributeur Oerlikon :



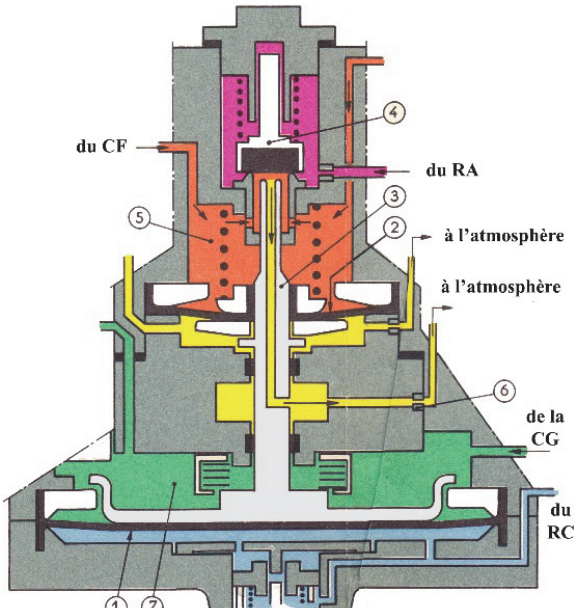
Position de remplissage et d'armement



Position de serrage gradué



Position d'équilibre



Position de desserrage gradué

<u>Comparatif de freinage entre une triple-valve et un distributeur</u> :

Relevés sur le premier et le dernier véhicule de deux trains de voyageurs de 20 voitures :

1- Cas d'un train freiné uniquement au frein non modérable au desserrage (triple-valve Westinghouse).
2- Cas d'un train freiné uniquement au frein modérable au desserrage.

<u>Dépression de 1,5 bar dans la CG suivie de desserrage :</u>

- Train freiné uniquement au frein non modérable au desserrage (triple-valve Westinghouse) :
  La perte de charge entre la tête et la queue du train est telle que la pression de la CG en queue du train est de 4,9 bars alors qu'elle est de 5 bars en tête.
  * <u>Serrage</u> : le serrage de la triple-valve de queue s'effectue environ 4,5 secondes après celui de la triple-valve de tête, la vitesse de propagation des triples-valves étant relativement faible.
  * <u>Desserrage</u> : le desserrage de la triple-valve de queue s'effectue dès que la pression dans la CG est remontée de 0,2 bar. Le temps de desserrage de la triple-valve de queue est approximativement le même que celui de la triple-valve de tête. Le desserrage de la queue du train est donc obtenu peu de temps après celui de la tête.

- Train freiné uniquement au frein modérable au desserrage :
  La perte de charge entre la tête et la queue du train est telle que la pression de la CG en queue du train est de 4,9 bars alors qu'elle est de 5 bars en tête.
  * <u>Serrage</u> : le serrage du distributeur de queue s'effectue moins de 2 secondes après celui de tête, la vitesse de propagation des distributeurs étant de 275 à 290 m/s.
  * <u>Desserrage</u> : le desserrage du distributeur de queue s'effectue à mesure que la pression dans la CG remonte. Dès que l'alimentation des RA commence, le temps de desserrage du distributeur de queue s'allonge, il correspond au temps de remplissage de la rame. Le desserrage de la queue du train est donc obtenu longtemps après celui de tête.

<u>Serrages gradués pour arrêt normal :</u>

- Train freiné uniquement au frein non modérable au desserrage (triple-valve Westinghouse) :
  * <u>Serrage</u> : la dépression dans la CG pour terminer un arrêt n'a été accentuée que de 0,2 bar pour éviter une décélération excessive sur la fin du parcours. Peu avant l'arrêt la pression dans les CF est de 3 bars, il peut en résulter des enrayages en fin de parcours avec des voitures fortement freinées.

* Desserrage : le desserrage de la triple-valve de queue s'effectue dès que la pression dans la CG est remontée de 0,2 bar. Le temps de desserrage de la triple-valve de queue est approximativement le même que celui de la triple-valve de tête. Le desserrage de la queue du train est donc obtenu peu de temps après celui de la tête.

- Train freiné uniquement au frein modérable au desserrage :
  * Serrage : la dépression dans la CG est accentuée pour tenir compte du contrôle des basses pressions. Avant l'arrêt, une réalimentation partielle de la CG provoque la diminution de la pression dans les CF. Cette manœuvre permet d'obtenir des arrêts très doux et évite les enrayages en fin de parcours d'arrêt.
  * Desserrage après arrêt : le desserrage est effectué en partant d'une pression relativement élevée dans la CG. Dans ces conditions le desserrage de la queue du train est obtenu peu de temps après celui de la tête.

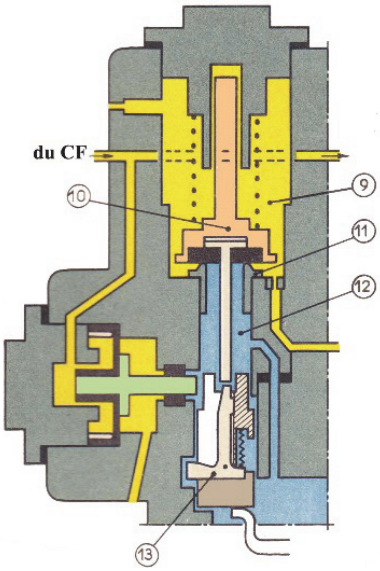
Dispositif de poche accélératrice :

La poche accélératrice, en absorbant un certain volume d'air de la CG dès la première dépression et en accentuant le mouvement ascendant du dispositif principal de commande, assure la propagation rapide du serrage le long d'un train.

Un dispositif de verrouillage annule la fonction de la poche accélératrice après le premier palier de serrage et pendant toute l'opération de freinage.

Après le desserrage, le verrouillage cesse et la poche accélératrice est en mesure d'entrer en fonction au cours d'un nouveau freinage.

- Pendant la période d'armement :



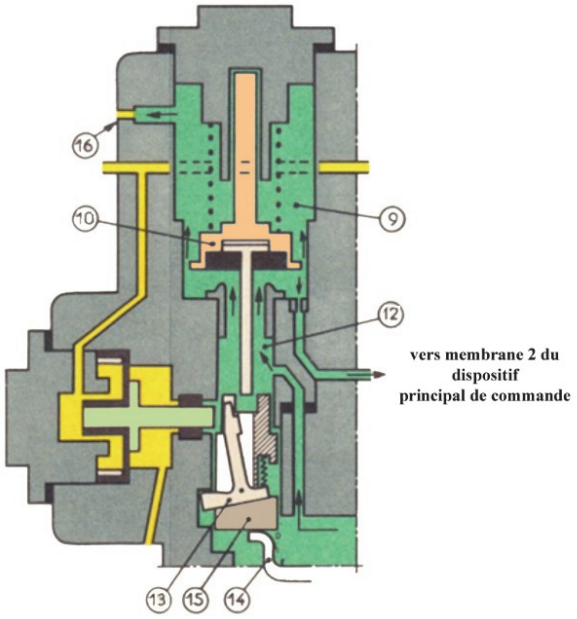
Poche accélératrice en armement

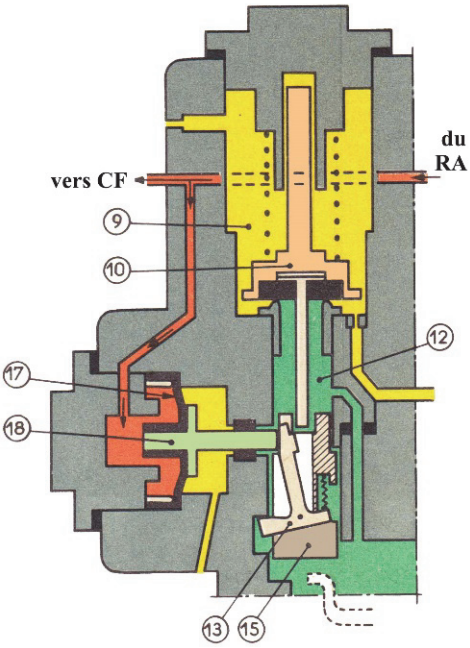
La chambre (9) et le CF sont à la pression atmosphérique. Le clapet (10) repose sur son siège. La chambre (12) est à la pression de régime de la CG. Le levier (13) est dans le prolongement de la tige (10).

- Au premier serrage :

  Le plateau (14) du dispositif principal de commande entraîne dans son mouvement ascendant la chape (15) et son levier (13), ainsi que le clapet (10). Le levier (13) rencontrant sa butée bascule. Le clapet (10) maintenu soulevé par l'air de la CG qui s'écoule dans la poche accélératrice (9) et s'échappe ensuite à l'atmosphère, d'une part, directement par l'orifice calibré (16) et, d'autre part, directement par la chambre située sous la membrane (2) du dispositif principal de commande. Cette chambre communique également avec l'atmosphère par l'orifice calibré (38).

  Le clapet (10) retombe sur son siège dès que l'action de son ressort de rappel devient prépondérante.



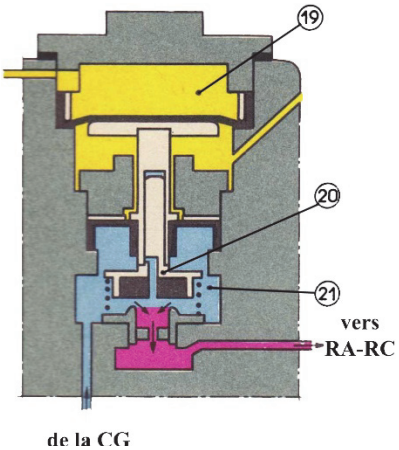


Poche accélératrice en serrage

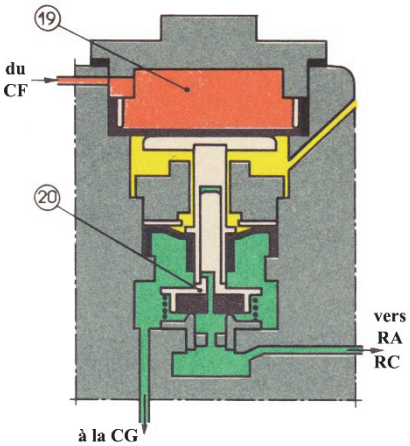
La pression de l'air du CF agissant sur la membrane (17) entraîne la tige de verrouillage (18) qui se déplace et immobilise la chape (15).

Le dispositif de poche accélératrice est isolé tant que la pression au CF maintient le verrouillage de la chape (15) et du levier basculant (13). La chape et le levier se déverrouillent lorsque la pression au CF devient inférieure à 0,3 bar et le dispositif revient en position d'armement.

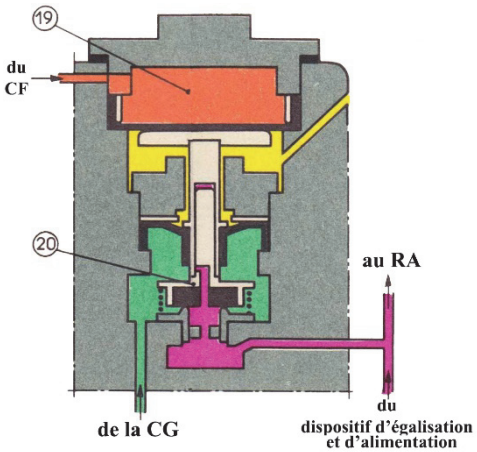
<u>Dispositif de coupure du réservoir auxiliaire</u> :



Position d'ouverture



Position de fermeture en période de serrage



Position de fermeture en période de desserrage

Le rôle essentiel du dispositif de coupure est d'interrompre dès le début du serrage la communication normale entre la CG et le RA et de rétablir cette communication lorsque la pression au CF devient inférieure à 0,3 bar.

Ce dispositif peut avoir deux positions :

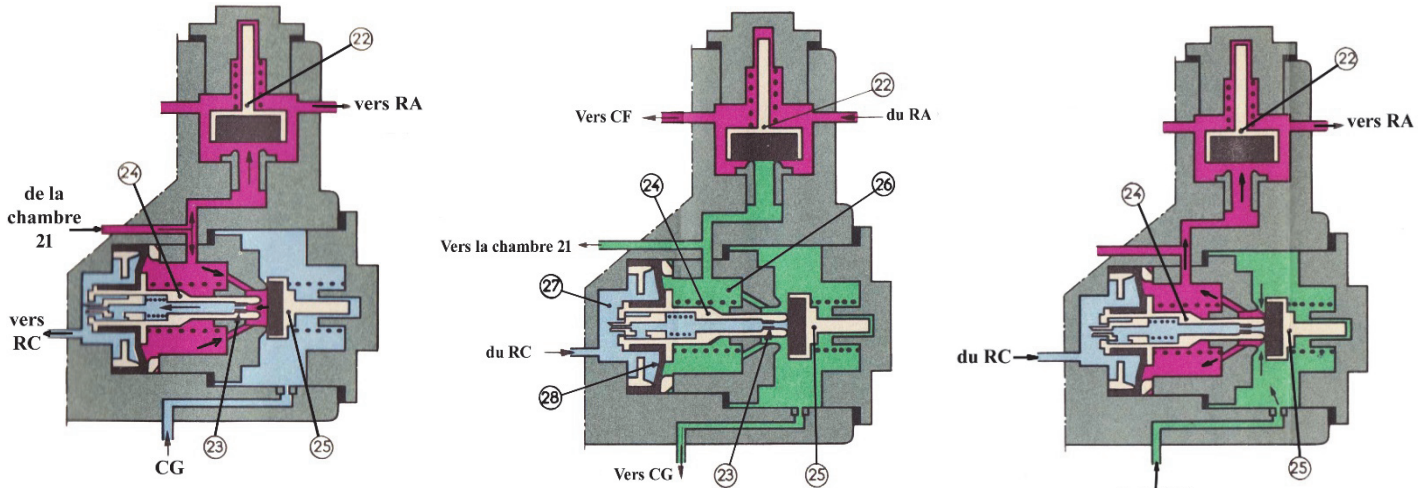
- Une position d'ouverture pendant le remplissage et l'armement.
- Une position de fermeture pendant le serrage et le desserrage.

* <u>Position d'ouverture</u> : pendant la période de remplissage et d'armement, la chambre (19) est à la pression atmosphérique, le clapet à tige creuse (20) est soulevé de son siège et l'air de la CG s'écoule vers les RA et RC par la chambre (21).

* <u>Position de fermeture en période de serrage</u> : la chambre (19) est à la pression du CF, le clapet (20) repose sur son siège. La communication entre la CG et les RA et RC est interrompue.

* Période de fermeture en période de desserrage : la chambre (19) est à la pression du CF, le clapet (20) repose sur son siège. Le RA est réalimenté par l'intermédiaire du dispositif d'égalisation et d'alimentation décrit ci-dessous.

Dispositif d'égalisation et d'alimentation :



Position de remplissage et d'armement — Position de serrage — Position de desserrage

Ce dispositif d'égalisation et d'alimentation a pour but d'interrompre la communication entre la CG et le réservoir de commande (RC) dès le début de la dépression dans la CG. Cette interruption est indépendante de la pression dans le CF et s'effectue donc toujours dans les mêmes conditions quels que soient les retards qu'une fuite importante dans le CF puisse entraîner dans la fermeture du dispositif de coupure.

Le dispositif d'égalisation et d'alimentation rétablit cette communication au plus tard quand la pression à la CG atteint 4,850 bars (au retour à la position d'armement).

En période de desserrage, il permet l'alimentation du RA.

Ce dispositif occupe trois positions qui correspondent :

- Au remplissage et à l'armement.
- Au serrage.
- Au desserrage.

* Position de remplissage et d'armement : le clapet (25) repose sur son siège sous l'effet de son ressort de rappel. Le poussoir à tige creuse (24) est décollé du clapet (25) sous l'effet de son ressort de rappel. L'air de la CG venant de la chambre (21) du dispositif de coupure alimente : le RA en soulevant le clapet (22), le réservoir de commande (RC) par l'orifice calibré de sensibilité (23) du poussoir (24).

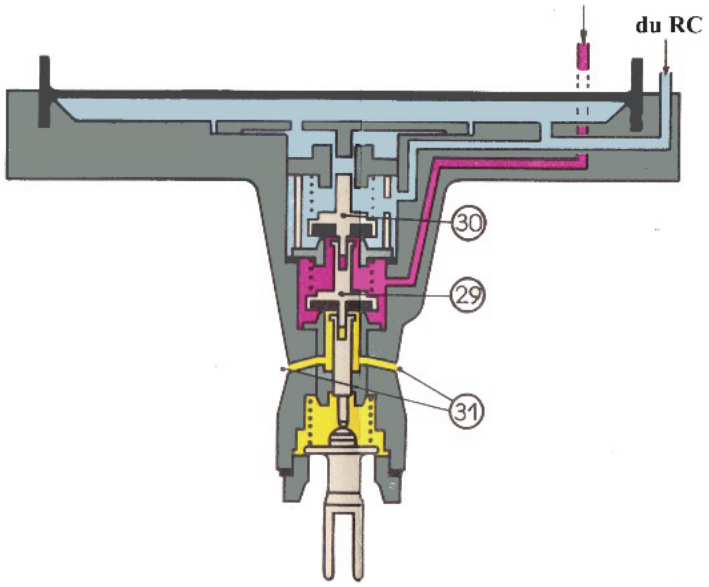
* Position de serrage : lorsqu'on effectue une dépression dans la CG, la pression baisse plus lentement dans la chambre (27) que dans la chambre (26) par suite de la résistance à l'écoulement offerte par l'orifice calibré de sensibilité (23). La membrane (28) entraîne la poussoir (24) qui vient en contact avec le clapet (25) et le soulève. La communication entre le RC et la CG est interrompue.

* Position de desserrage : le poussoir (24) est en contact avec le clapet (25) qu'il maintient soulevé. L'augmentation de pression dans la CG entraîne le soulèvement du clapet (22). Le RA est réalimenté dans la même mesure que la CG.

Soupapes de vidange (ou valves de purge) :

Suite à un incident de frein, par exemple, nécessitant l'isolement du frein d'un véhicule et après la fermeture du robinet d'isolement de frein, il est nécessaire de purger l'équipement de freinage du véhicule pour pouvoir le desserrer. Les soupapes de vidange permettent d'évacuer l'air du RA et du RC.

La même commande agit sur les soupapes (29) et (30) qui, soulevées de leur siège, évacuent à l'atmosphère l'air des RA et RC par les orifices (31).



La vidange de l'air contenu dans le (ou les) CF s'obtient par action sur la tirette de la valve de purge dans les conditions ci-après :

- Valve de purge ordinaire : jusqu'à cessation du bruit d'échappement.
- Valve de purge rapide, repérée par une plaquette fixée sur la poignée de la tirette de commande et portant la mention « AUTOM » :
  * Lorsque la CG est entièrement vide et pour obtenir le desserrage complet du frein à air : pendant 5 secondes environ.
  * Dans tous les autres cas, jusqu'à cessation du bruit d'échappement d'air.

Lorsque les CF sont vidés au moyen des valves de purge, les freins du véhicule ne sont plus en état de fonctionnement. Il est alors nécessaire, lorsque le fonctionnement des freins doit être rétabli, de remplir la CG (et, par suite, les RA) en air comprimé.

<u>Valve de purge rapide</u> :

Ces appareils sont destinés à raccourcir les opérations à effectuer sur les trains. Il fallait jusqu'à présent vidanger complètement les équipements pneumatiques pour desserrer le frein d'un véhicule (opération manuelle prenant un temps de l'ordre de la minute par wagon).

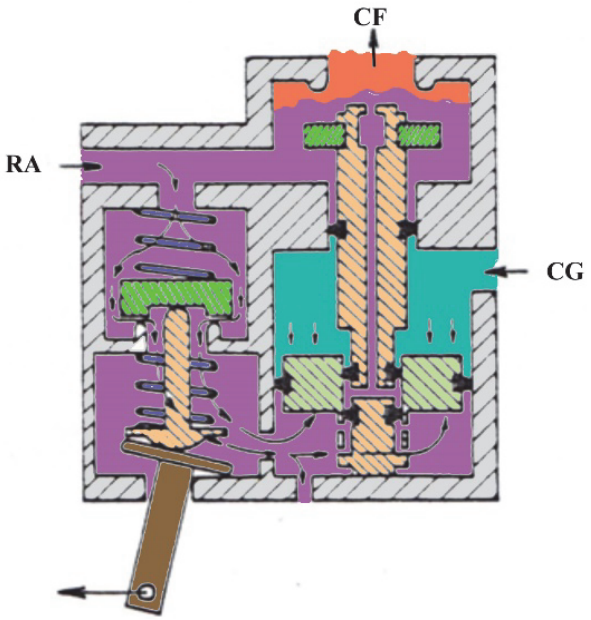
La valve de purge rapide doit fonctionner à la façon d'une valve de purge classique lorsque la CG est pleine (élimination des surcharges par exemple) mais doit, lorsque la CG est vide (cas du triage ou isolement d'un véhicule après fermeture du robinet d'arrêt CG sur la conduite bifurquée) s'enclencher dès la première action et vidanger le CF (ou le réservoir de commande) à l'exclusion des autres capacités. Il suffit alors de circuler le long du train et d'effectuer une traction sur les tirettes des valves de purge au passage (gain de temps de l'ordre d'une demi-heure pour un train long).

Il existe plusieurs modèles de valves de purge rapide.

Les clapets classiques de la valve de purge envoient l'air extrait des capacités sous un piston (maintenu en place par la pression de la CG), avec fuite à l'atmosphère.

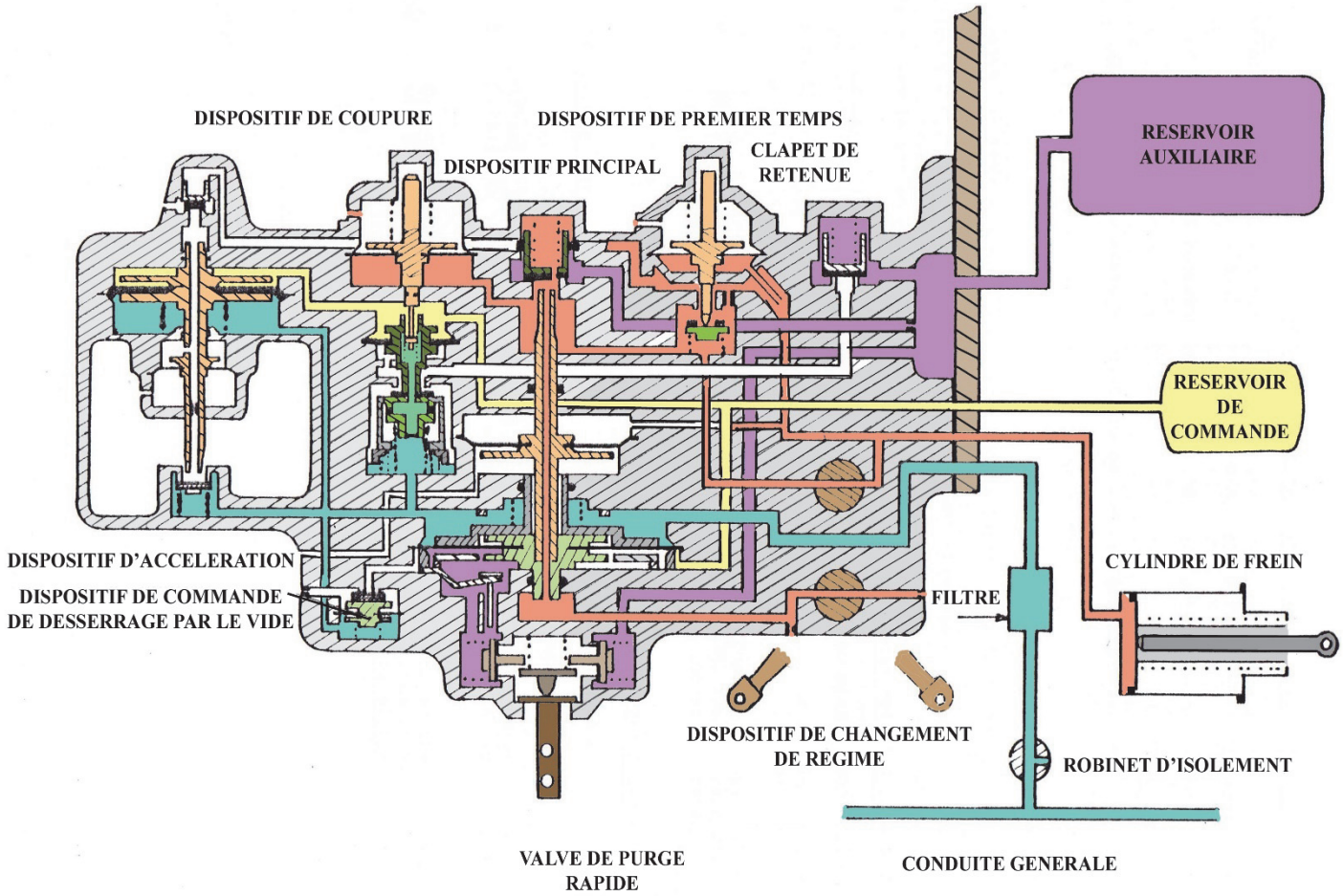
Si la CG est pleine, on a affaire à une purge normale. Si la CG est vide le piston monte, ferme la communication entre RA et CF et met le CF à l'atmosphère. Le piston reste dans cette position du fait de la contrepression qui agit sous sa face inférieure et l'action se poursuit jusqu'à vidange complète du CF. il n'a ainsi fallu qu'une action brève et on a libéré le frein du véhicule, tout en gardant l'air des capacités.

Au remplissage ultérieur de la CG le piston reprendra sa position basse et tout rentrera dans l'ordre.



Valve de purge rapide.

Distributeur Westinghouse C3 W :



Distributeur C3 W en position armement du frein et position de marche.

		Régime « Marchandises »	Régime « Voyageurs »
Temps de remplissage des réservoirs. Véhicule pris isolément de 0 à 4,8 bars.	RC	240 à 280	240 à 280
	RA	240 à 300	240 à 300
Temps de remplissage du CF jusqu'à 95 % de la pression maximale sur un véhicule pris isolément, avec régleur de timonerie et dispositif mécanique de freinage à la charge (vide ou chargé).		18 à 30	3 à 5
Temps de vidange du CF sur un véhicule pris isolément, avec régleur de timonerie, sans dispositif plaine-montagne et avec dispositif mécanique de freinage à la charge (vide ou chargé).		45 à 60	15 à 20
Diminution de pression nécessaire pour obtenir le freinage à fond (bar).		1,550	1,550
Pression maximale au CF avec limiteur (bar).		3,7	3,7 à 3,9
Vitesse de propagation au serrage rapide (train de 150 essieux, un wagon freiné sur deux, position vide) (m/s).		280	271
Sensibilité	Le frein n'a pas serré, pour une baisse de pression de ……., (véhicule pris isolément). Le frein a serré, pour une baisse de pression de ……., (véhicule pris isolément).	0,4 bar en 60 s. 0,6 bar en 6 s au bout de 0,7 s	0,4 bar en 60 s. 0,6 bar en 6 s au bout de 0,7 s
Remplissage grand débit après un serrage à fond (véhicule pris isolément).		48	17
Temps de desserrage maximal d'un train après serrage à fond.		48 150 essieux ¾ freinés en position vide.	18 60 essieux tous freinés en position vide.
Remplissage grand débit, frein desserré.		3 150 essieux tous freinés.	2 80 essieux tous freinés.
Pression de retour à la position d'armement (bars)		4,825	4,825

Tableau des caractéristiques des distributeurs Westinghouse C3 W.

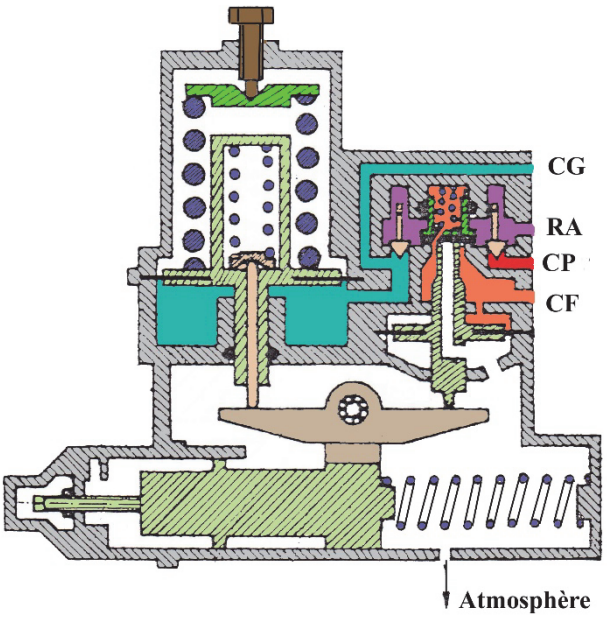
Distributeur JMR :

Le distributeur JMR est un distributeur modérable au serrage et au desserrage, de conception plus simple que le distributeur type UIC.

Ne disposant pas de poche accélératrice pour augmenter la vitesse de propagation de l'onde de variation de pression dans la CG, ce type distributeur est surtout utilisé sur les autorails, remorques d'autorails et éléments automoteurs de faible longueur.

Il est cependant possible de lui adjoindre une commande électropneumatique pour éliminer les inconvénients inhérents à sa faible vitesse de propagation.

Le distributeur JMR est du type à ressort, comparé à un distributeur UIC, le RC est remplacé par un ressort, ce distributeur est insensible aux surcharges de la CG. Le RA est alimenté constamment par la conduite principale (CP), même pendant le serrage.



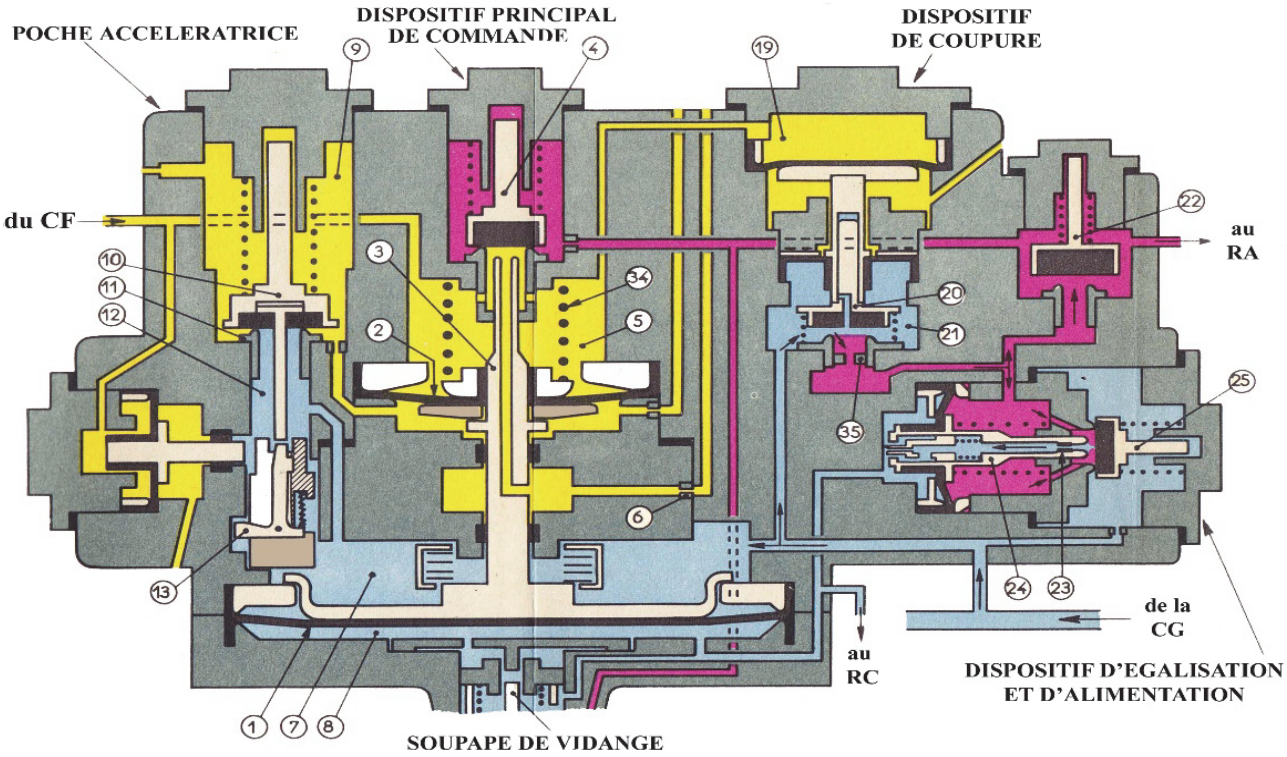
Distributeur Est 4d :

Ce distributeur est utilisé sur du matériel « voyageurs » :
Il comprend tous les dispositif décrits précédemment :

- Dispositif principal de commande.
- Dispositif de poche accéléatrice.
- Dispositif de coupure du RA.
- Dispositif d'égalisation et d'alimentation.
- Soupapes de vidange.

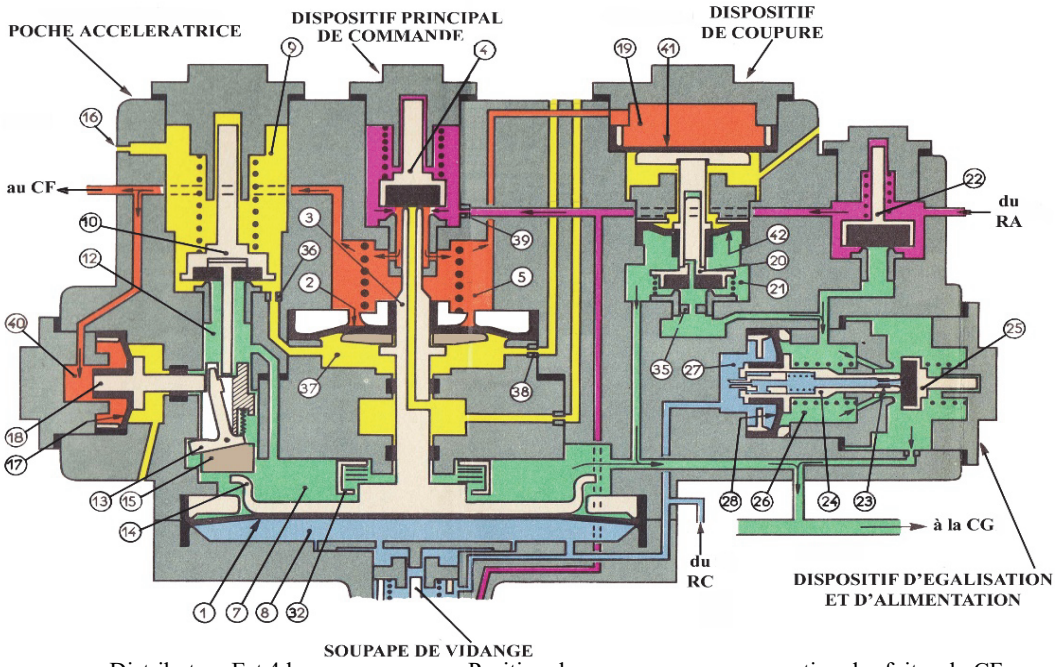
Il comporte en plus une protection du RC contre la surcharge au cours du remplissage d'un train :

Les courts « à-coups » de remplissage effectués lorsque seuls les distributeurs de tête d'un train sont à la pression de régime n'entraînent pas une surcharge des RC de ces distributeurs. En effet, ces « à-coups » soulèvent le clapet de retenue (22) du RA. C'est ce dernier qui sert de réservoir tampon et absorbe en grand partie la surcharge alors que celle du RC est limitée du fait de la résistance offerte au passage de l'air par l'orifice calibré de sensibilité (23). Lorsque la pression cesse, le clapet de retenue (22) du RA retombe sur son siège et la surcharge éventuelle de ce réservoir ne peut se répercuter sur le RC. Il n'y a pas de risque de blocage intempestif.

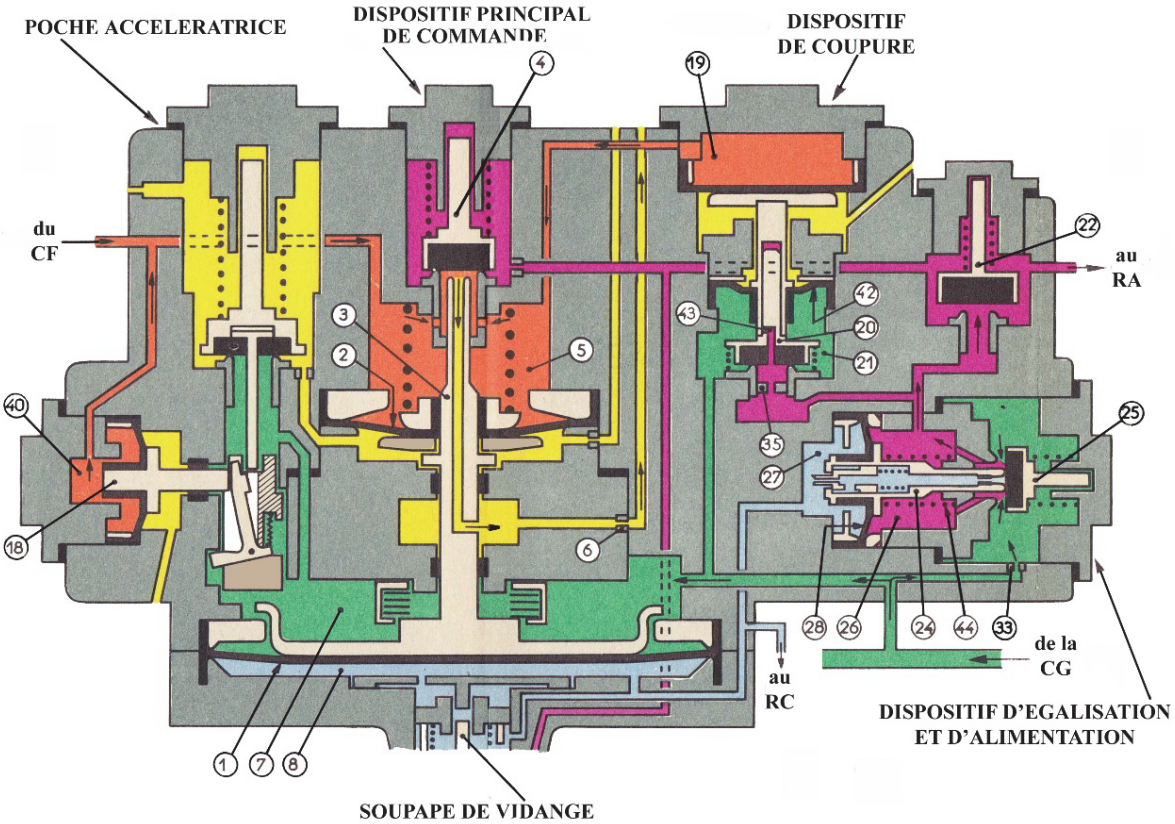


Distributeur Est 4d

Position de remplissage et d'armement.



Distributeur Est 4d Position de serrage avec compensation des fuites du CF.

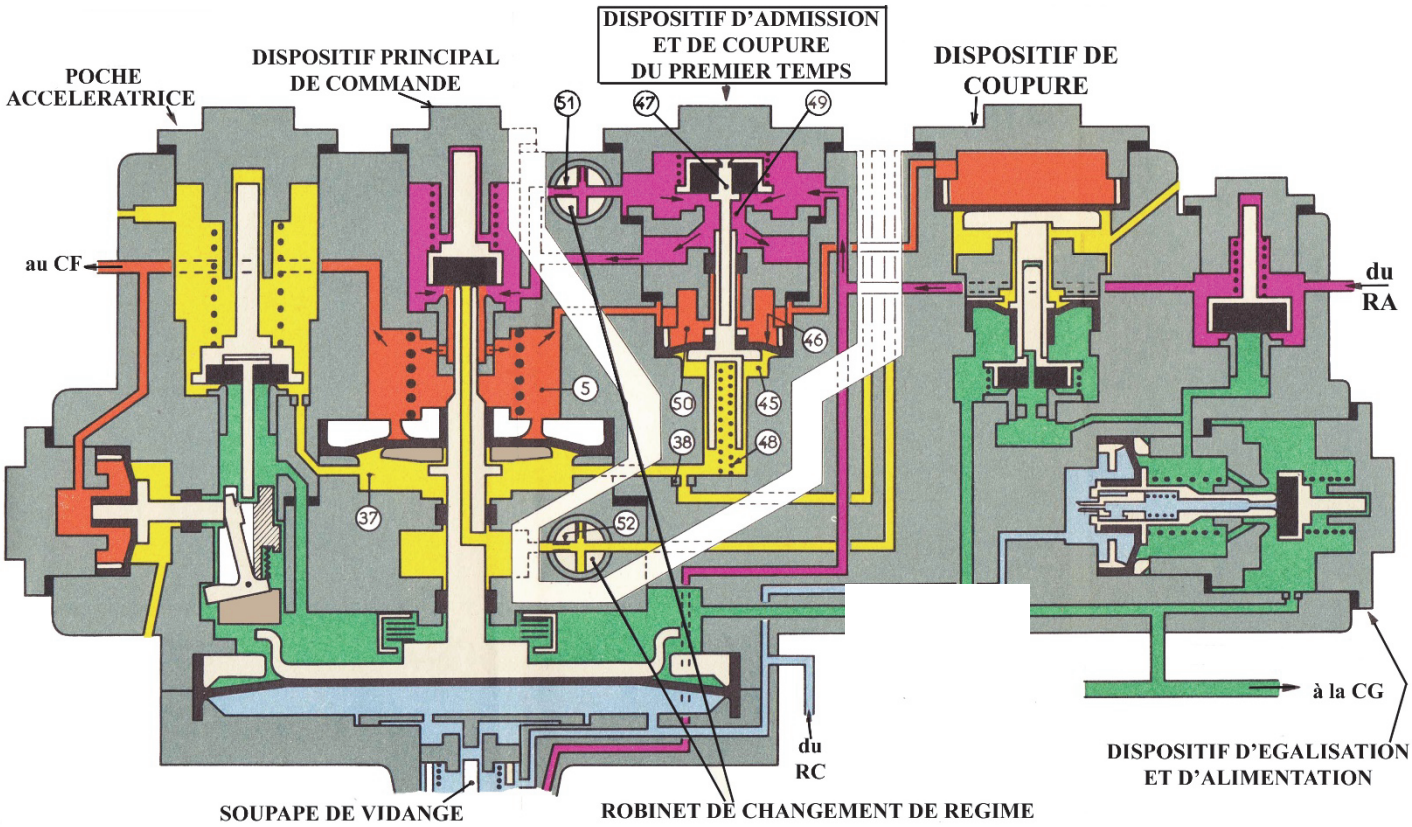


Distributeur Est 4d Position de desserrage.

Distributeur Est 3 d :

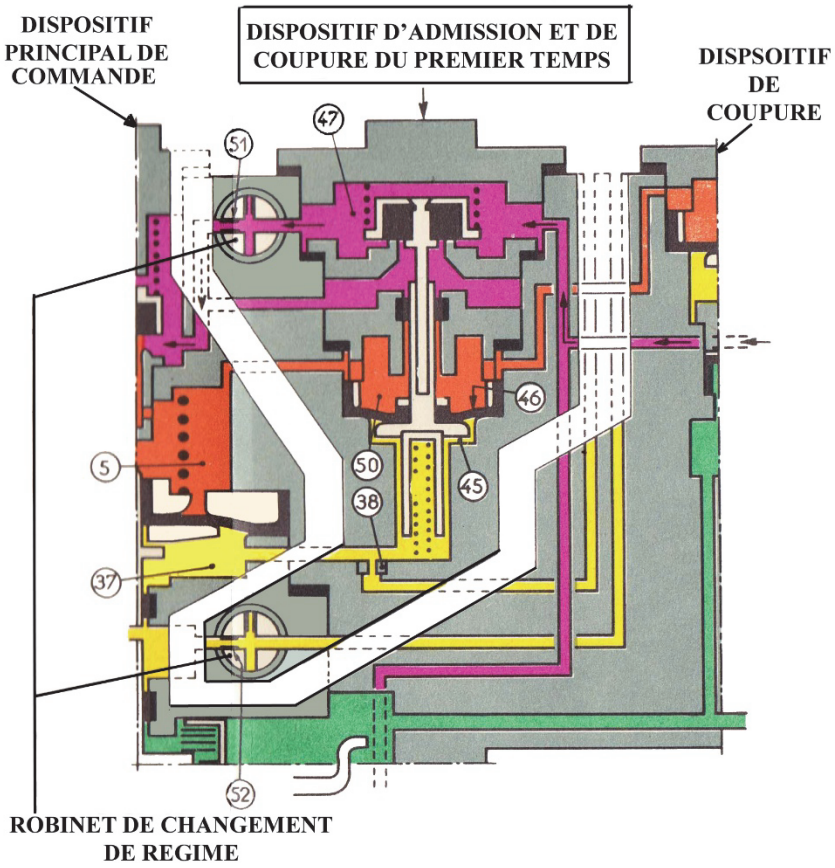
C'est le distributeur utilisé sur le matériel pouvant être freiné au régime « voyageurs » et au régime « marchandises ». Cet appareil comprend :

- Un dispositif d'admission et de coupure du premier temps.
- Un robinet de changement de régime.



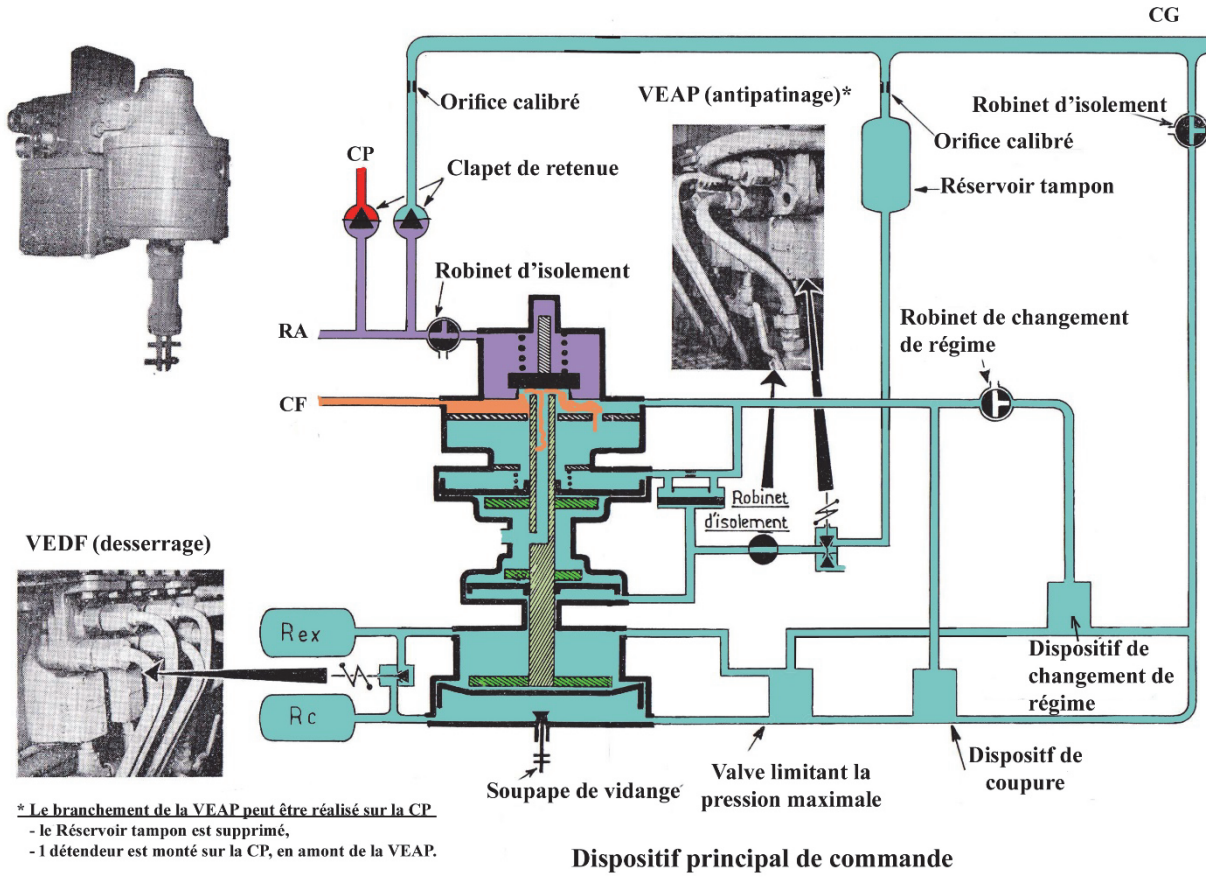
Distributeur Est 3d Dispositif d'admission du premier temps ouvert.

Dans la position de remplissage et d'armement, les deux nouveaux dispositifs n'interviennent pas. Le remplissage et l'armement s'effectue de la même façon que sur le distributeur Est 4d.



Distributeur Est 3d Dispositif d'admission du premier temps fermé.

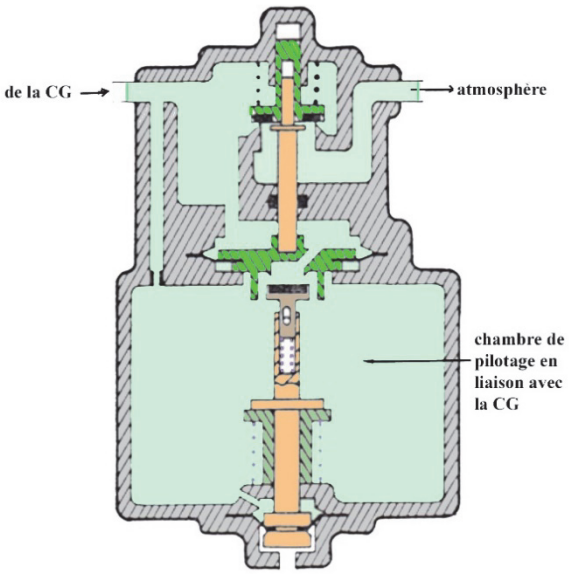
Distributeur Oerlikon type LStgf pour locomotive :



Accélérateur de vidange de conduite :

Cet appareil est destiné à vidanger de proche en proche, au serrage d'urgence, la CG et évite un temps mort de mise en action des distributeurs de queue dû à la nécessité de faire passer au serrage tout l'air de la CG par l'échappement du robinet du mécanicien.

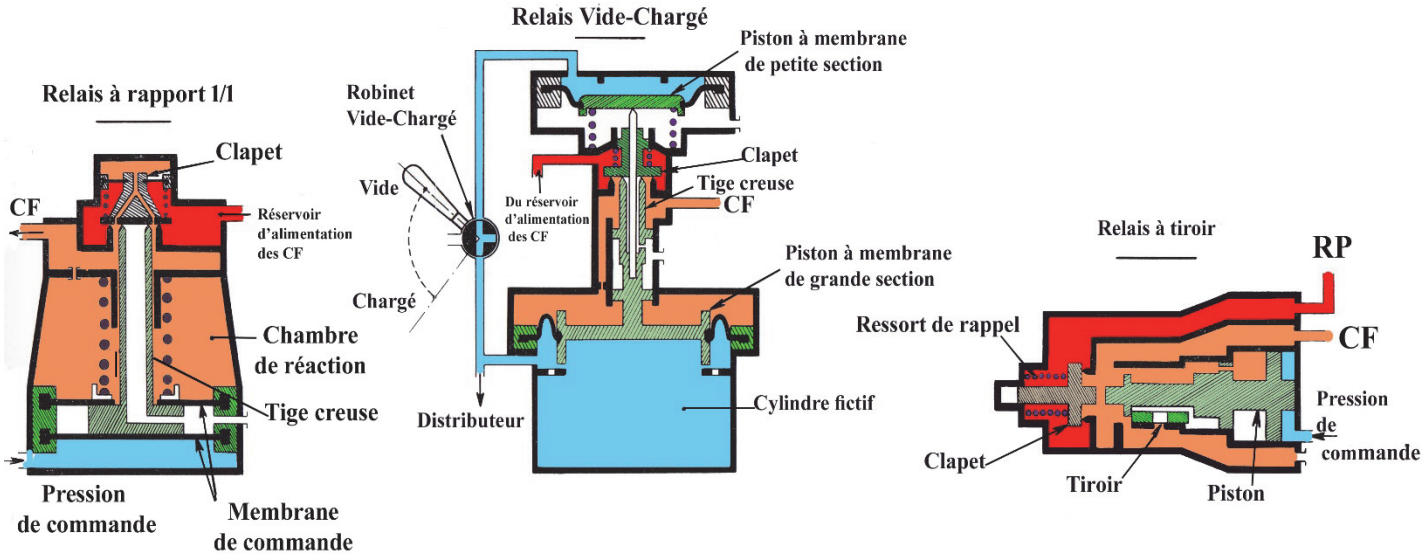
Cet appareil comporte une membrane en équilibre entre la pression d'un réservoir, qui garde en mémoire la pression initiale de la CG, et la pression instantanée de la CG. Cette membrane peut dans le cas d'une dépression rapide, soulever un clapet qui relie la CG à l'atmosphère. L'ensemble est doté d'une forte insensibilité, car il ne doit évidemment pas se déclencher aux serrages gradués (où il est nécessaire de garder un niveau de pression donné dans la CG) mais seulement lors des serrages d'urgence.

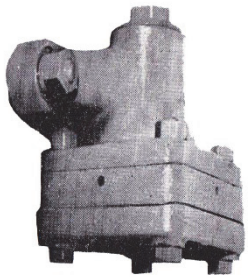


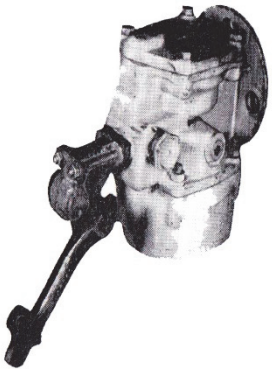
Relais modérables :

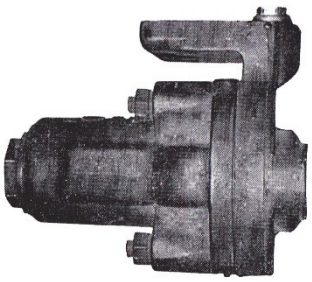
Relais à rapport 1/1 : il reproduit dans les CF de l'engin moteur des pressions identiques à celles qui sont fournies par le distributeur dans le cylindre fictif.

Relais à tiroir : a pour but de reproduire dans les CF la pression fournie soit par un robinet détendeur, soit par un distributeur de frein. L'air nécessaire à l'alimentation des CF est prélevé dans le RP.









BLOC-FREIN :

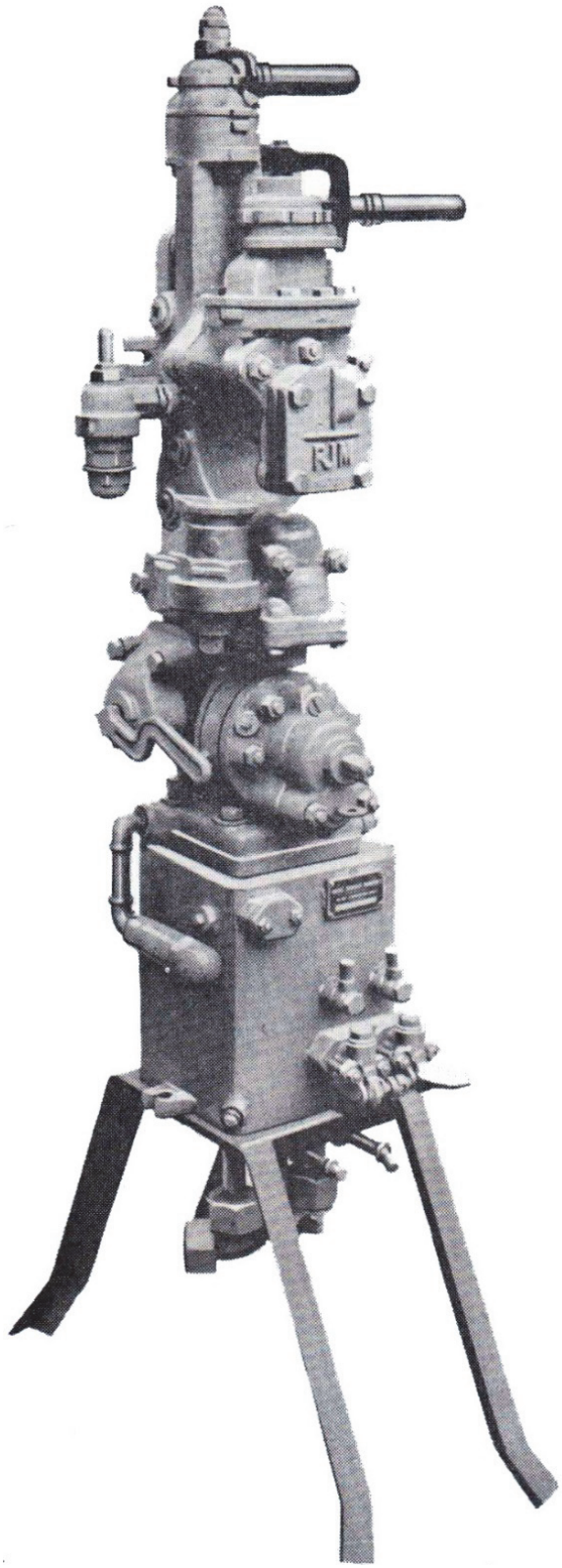
Le bloc-frein réunit dans un ensemble compact démontable tous les appareils de commande et appareils accessoires du frein normalement disposés dans chaque cabine de conduite, c'est-à-dire essentiellement :

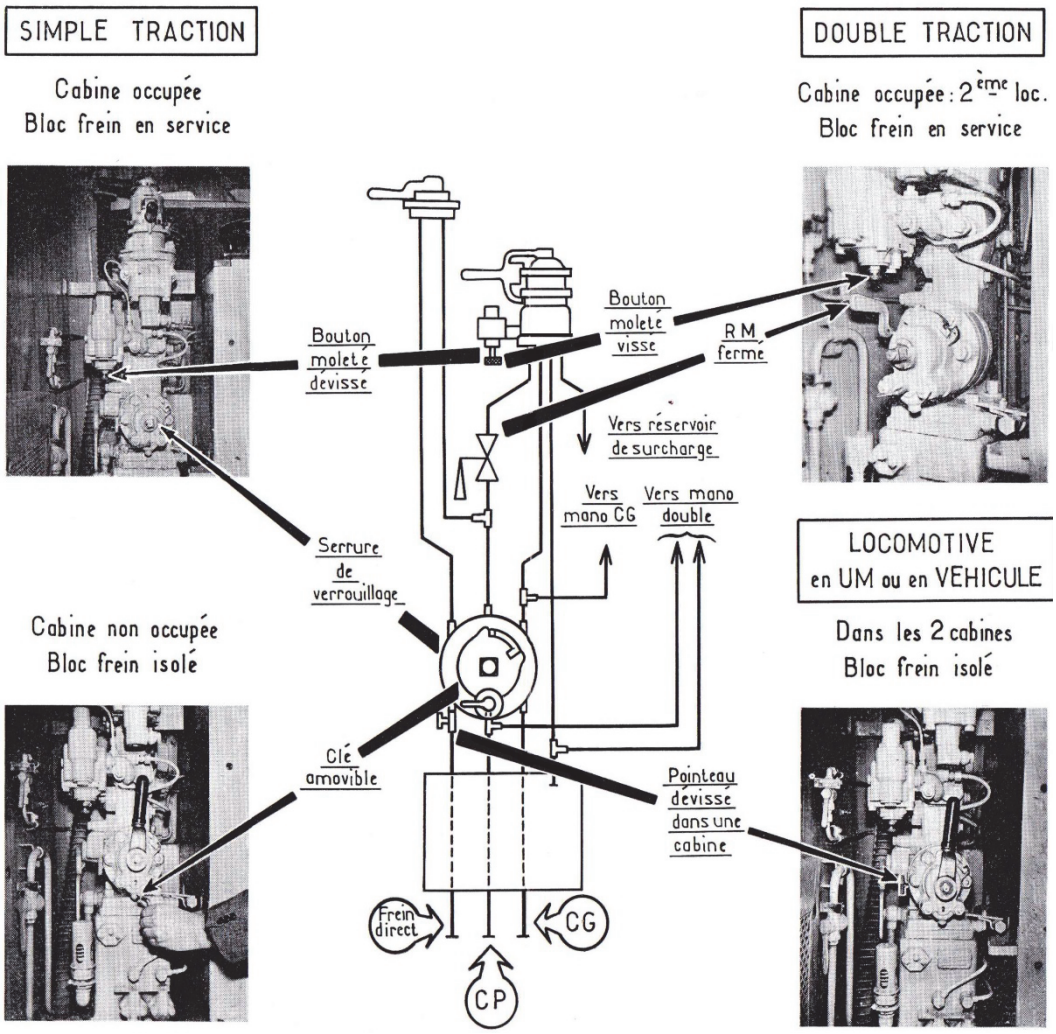
- Le robinet de commande du frein pneumatique.
- Le robinet de commande de frein direct.
- Le détendeur.
- La serrure de verrouillage avec son robinet d'isolement.
- La soupape de décharge du frein direct.
- Les valves de purge
- L'avertisseur de baisse de pression.

En outre, le réservoir du robinet du mécanicien sert de socle au bloc-frein.

Les locomotives à deux cabines possèdent un dispositif de verrouillage des organes de commande du frein destiné à empêcher que le frein puisse être commandé simultanément depuis chaque extrémité.

Bloc-frein Jourdain-Monneret JM 174 :





Bloc-frein Jourdain-Monneret JM 174

Serrure de verrouillage :

- But : cette serrure évite tout risque de fausse manœuvre au cours d'un changement de poste sur les engins moteurs à deux cabines et lors de la marche en « Unité Multiple », (locomotive en deuxième position ou UM) ou de la remorque d'une locomotive en véhicule.
- Bloc-frein en service : la clé de verrouillage du bloc-frein engagée et tournée dans la serrure permet :
  * De manœuvrer la table rotative qui assure la continuité des CP, CG et de frein direct, et par suite,
  * De libérer la poignée du robinet du mécanicien H7A.
- Bloc-frein isolé : la poignée du robinet H7A, retirée de ce dernier en position « Serrage d'Urgence » (position VI) s'enclenche sur la serrure dans laquelle elle reste prisonnière :
  * Elle interrompt la continuité des CP, CG et de frein direct.
  * Elle permet la libération de la clé de verrouillage.

Robinet d'isolement du robinet du mécanicien (RM) : en double traction, permet de fermer, côté CP, l'alimentation du robinet du mécanicien dans la cabine occupée de la locomotive en deuxième position.

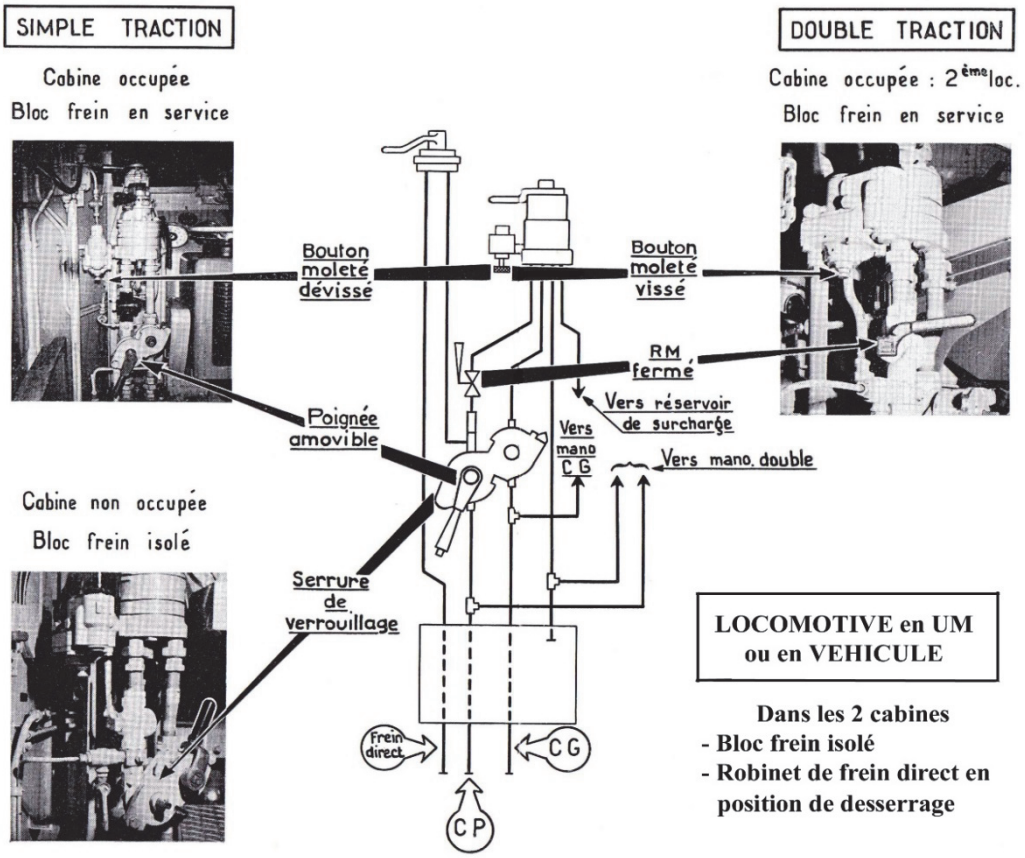
Pointeau de mise à l'atmosphère : placé sur la conduite de frein direct, assure la mise à l'atmosphère de celle-ci dans le cas d'une locomotive mise en UM (deuxième position) ou en véhicule.

Mise en service d'un poste (cabine occupée) : s'assurer que :

- Le bouton moleté du détendeur FVF2 est dévissé.
- Le robinet d'isolement du robinet du mécanicien (RM) est ouvert.
- Le pointeau sur la conduite de frein direct est vissé.
- Introduire la clé amovible dans la serrure de verrouillage et la faire tourner d'un quart de tour vers la gauche.
- Faire tourner la poignée amovible du robinet H7A placée dans la serrure de verrouillage d'un quart de tour vers la droite et la retirer de la serrure.

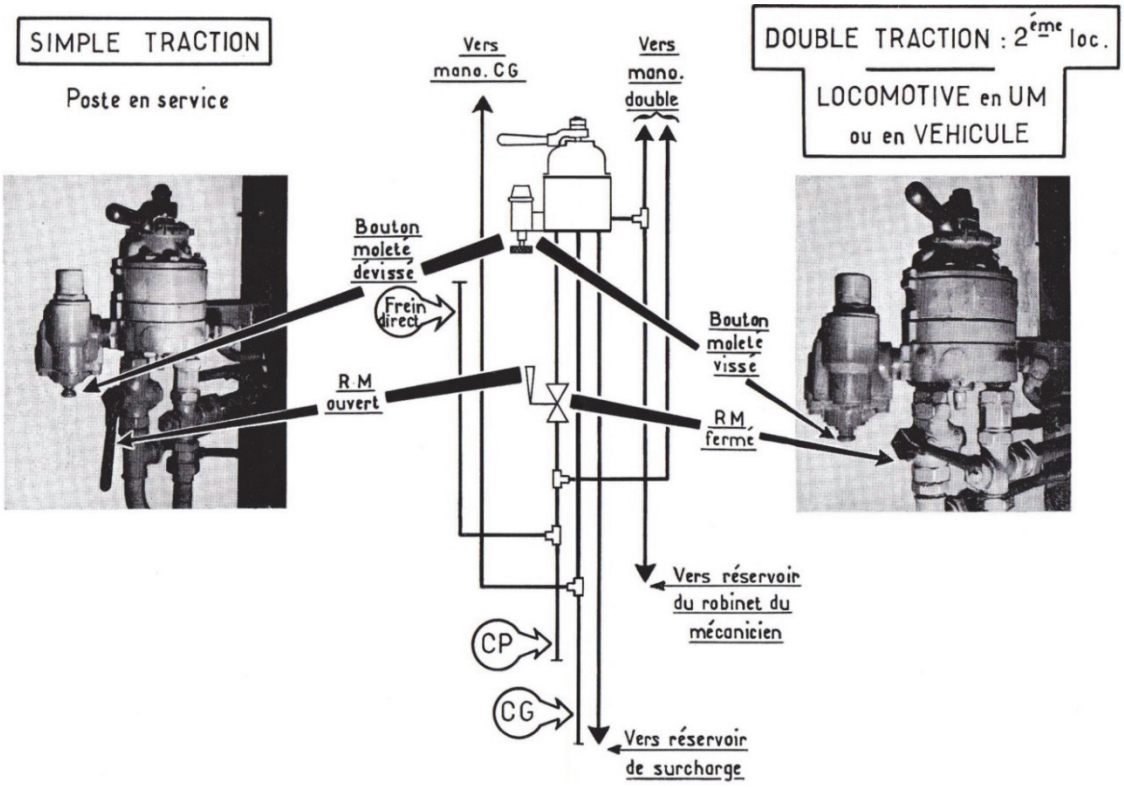
- Engager cette poignée sur le robinet H7A en position « Serrage d'Urgence » et la placer en position « Marche » (position III).

<u>Bloc-frein DEM</u> :

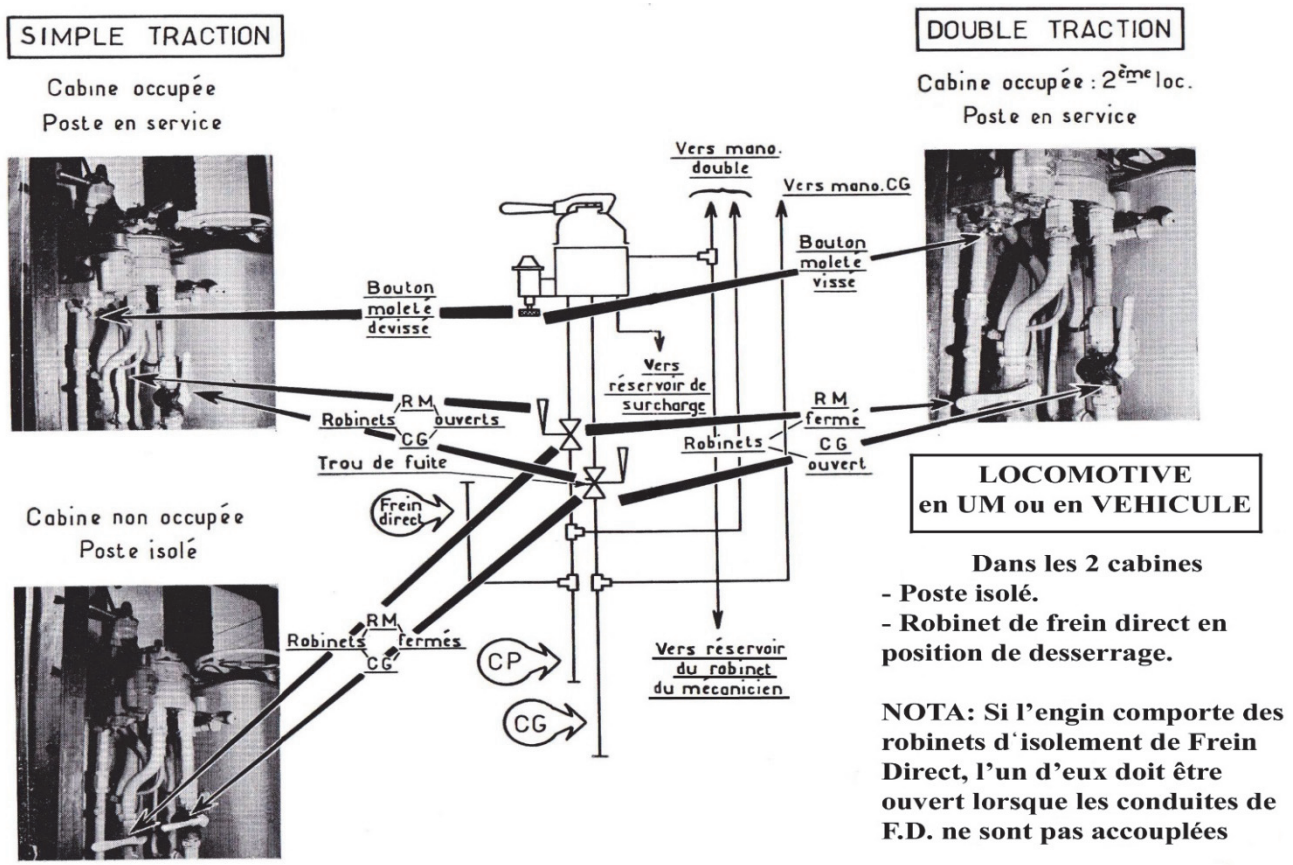


Dans ce bloc-frein la clé de verrouillage est remplacée par une poignée amovible.

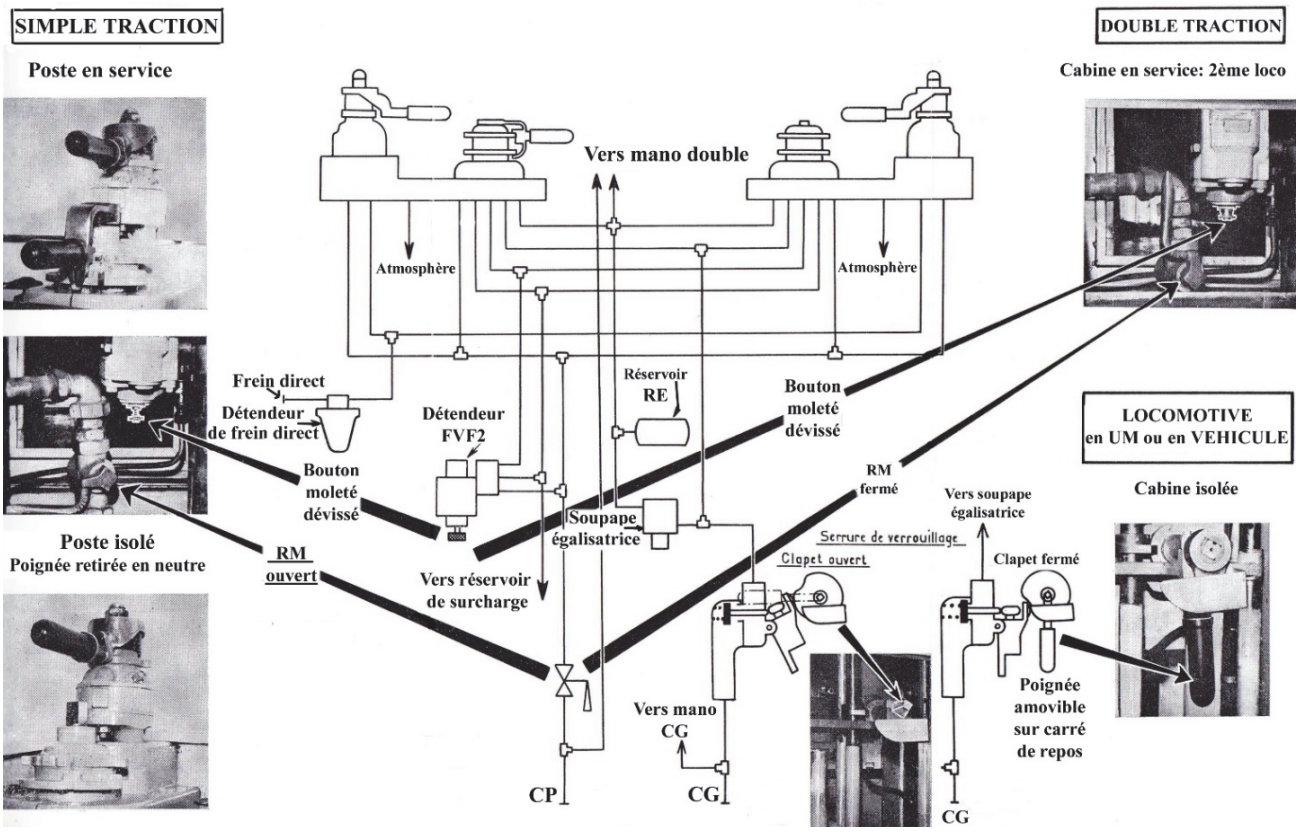
<u>Locomotives mono-cabine à un seul robinet H7A sans serrure de verrouillage (avec détendeur FVF2)</u> :



Locomotive bi-cabine sans serrure de verrouillage, robinet de frein type H7A (avec détendeur FVF2) :

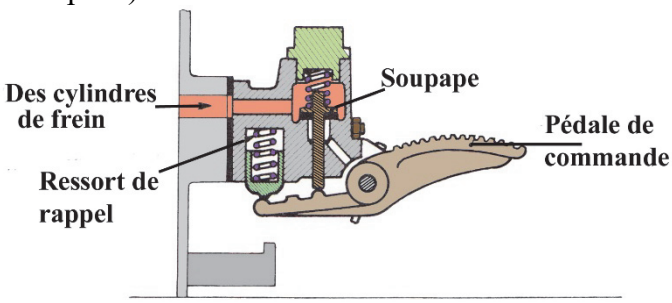


Locomotive mono-cabine à deux postes de conduite et avec serrure de verrouillage, robinet de frein H7A (avec détendeur FVF2) :



Valves de purge :

Les valves de purge, situées à la partie inférieure du bloc-frein, sont actionnées au moyen de pédales. Branchées sur deux conduites venant des CF et allant au manomètre double indicateur de la pression dans ces derniers, elles permettent de vider les CF. Ce montage permet au conducteur de desserrer les freins de sa locomotive indépendamment de ceux de la rame (par exemple pour faire un dételage pour pouvoir comprimer les tampons).

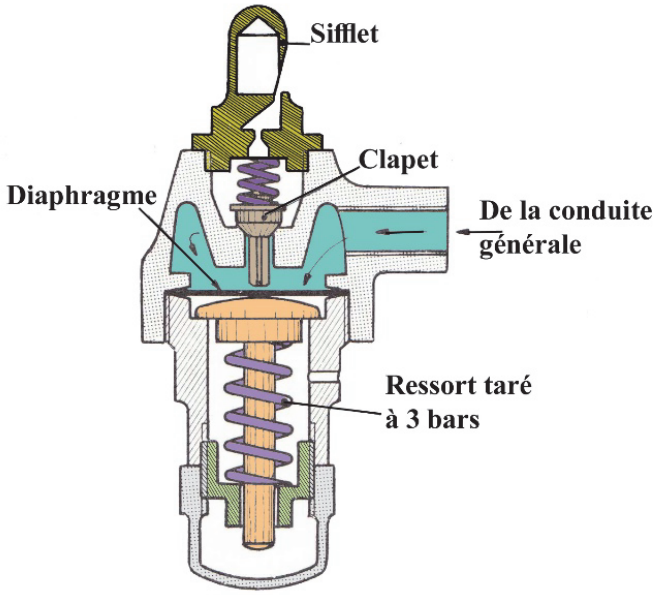


.a valve de purge est maintenue fermée par un ressort lorsqu'on abandonne sa pédale de commande. Une fois abaissée, la pédale soulève une soupape et permet l'échappement à l'atmosphère de l'air des CF.

Avertisseur de baisse de pression :

L'appareil avertisseur de baisse de pression, disposé dans la cabine de conduite à proximité du robinet du mécanicien, a pour rôle d'attirer l'attention du conducteur lorsque la pression dans la CG descend au-dessous de 3 bars.

Une baisse anormale de pression dans la CG pourrait être très dangereuse dans les circonstances suivantes : si, pour une cause quelconque et à l'insu du conducteur, les compresseurs venaient à s'arrêter, il se pourrait que la pression dans la CG baisse assez lentement, par suite des fuites, pour ne pas déterminer le blocage des freins. Le conducteur, n'ayant pas observé l'aiguille du manomètre, pourrait alors s'apercevoir trop tard de l'impuissance de son frein. Le dispositif sonore automatique prévient le conducteur suffisamment tôt pour que de semblables conditions ne puissent s'établir à son insu.



Dès que la pression dans la CG descend au-dessous de 3 bars, le ressort devient prépondérant, déforme le diaphragme vers le haut et soulève un petit clapet normalement appliqué sur son siège par un ressort. Le clapet ouvert permet à l'air de la CG de s'échapper en petite quantité dans l'atmosphère après avoir fait vibrer le sifflet avertisseur.

FREIN DIRECT :

La conception du frein direct est la plus simple du frein à air comprimé, qui permet, au moyen d'un robinet d'envoyer de l'air comprimé directement dans les CF prélevé directement dans les réservoirs principaux. Une soupape de décharge (ou un détendeur), branchée sur la conduite de sortie du robinet, limite la pression de l'air admis dans les CF pour éviter l'enrayage qui ne manquerait pas de se produire en marche, par suite d'une trop grande élévation de la pression de serrage.

Le frein direct ne permet, en principe, que le freinage des engins moteurs équipés du personnel de conduite. Ce frein n'est pas automatique.

<u>Les caractéristiques fonctionnelles du frein direct sont les suivantes</u> :

- Le temps d'alimentation des CF de 0 à 95 % de pression maximale doit être de « t < 3 s ».
- Le temps de vidange des CF de la pression maximum à 0,400 bar doit être de « t < 5 s ».
- La pression délivrée par le frein direct aux CF est maintenue constante en compensant les fuites autorisées normalement.
- Il doit être possible d'effectuer huit paliers d'alimentation ou de vidange du circuit CF.
-

<u>Le frein direct doit être conçu de façon à</u> :

- Ne pas provoquer de freinage intempestif en cas d'apparition d'une panne d'un des appareils le composant dans le cas d'une commande électrique.
- Etre inhibé dans la cabine inoccupée.

Lorsque le frein direct et le frein automatique sont utilisés en superposition, la pression admise aux CF doit être la plus élevée parmi les deux et ne doit pas provoquer l'annulation de l'autre commande.

<u>Utilisation du frein direct</u> :

Son usage est limité aux locomotives circulant seules (« haut-le-pied » HLP), pour effectuer une mise en tête ou un retrait sur un train de façon à maintenir la compression des tampons.

Pour réaliser l'arrêt d'un train de voyageurs sur une voie en impasse, le conducteur réduit s'il y a lieu la vitesse à l'aide du frein automatique de telle sorte qu'il soit possible de terminer l'arrêt sur une courte distance (3 ou 4 voitures) :

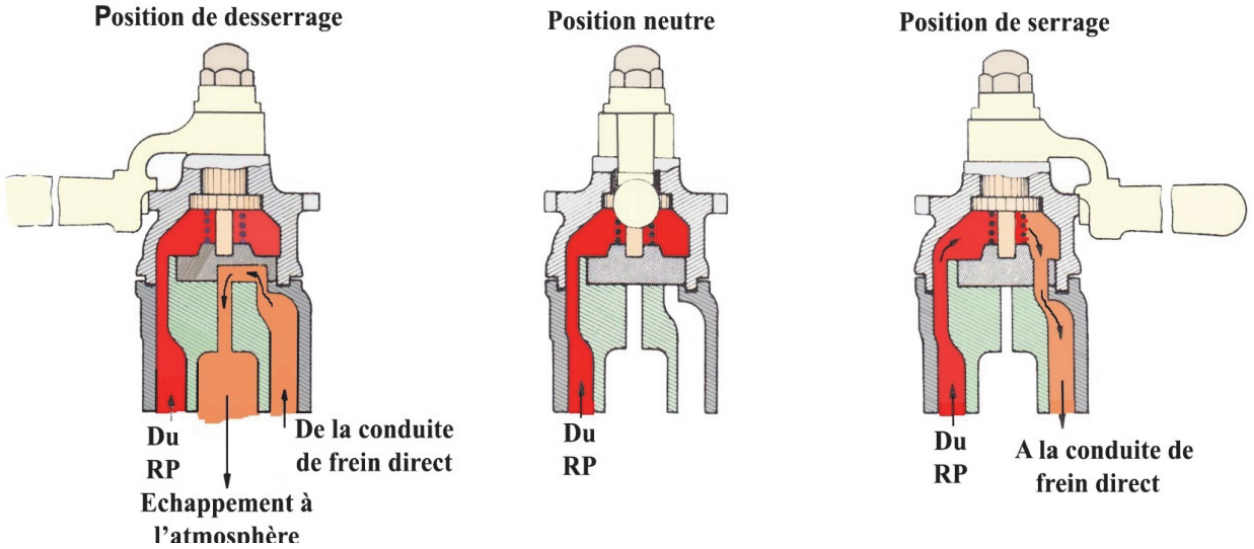
- Soit par l'action progressive du frein direct jusqu'à l'arrêt où il stabilise la rame par une dépression de 0,8 bar dans la CG.
- Soit par le frein automatique si le conducteur ne dispose pas de frein direct.

Le robinet de frein direct peut occuper trois positions principales :

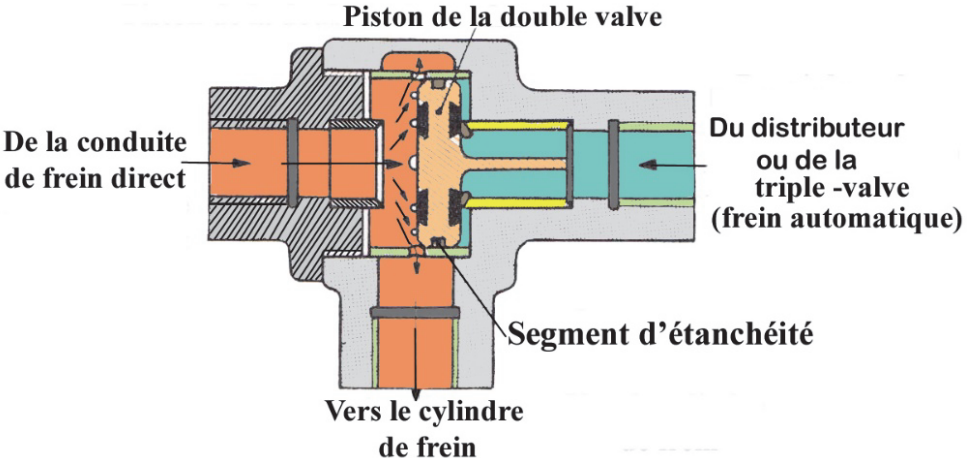
- <u>Desserrage</u> : le distributeur rotatif, actionné par la poignée, met la conduite d'application en relation avec l'atmosphère.

- <u>Neutre</u> : aucune communication n'est établie. Cette position permet de maintenir un serrage préalablement réalisé.

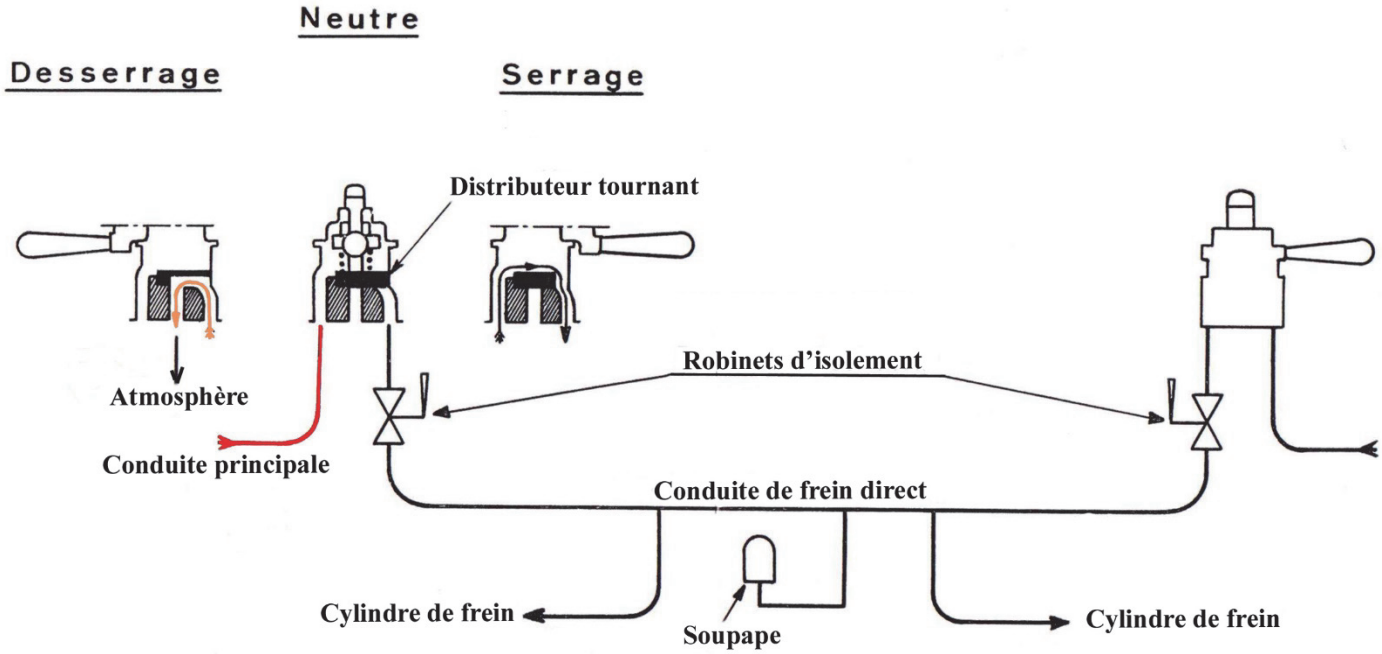
- <u>Serrage maximal</u> : l'air comprimé prélevé dans les réservoirs principaux se dirige vers les CF en passant par un large orifice via une soupape de décharge (ou un détendeur) et les doubles-valves d'arrêt.

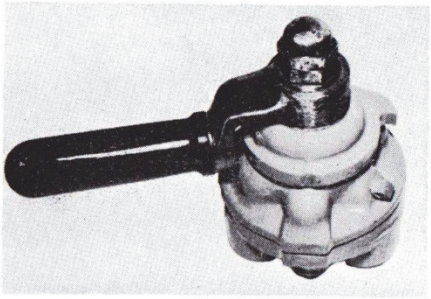


Les mêmes CF servent pour le frein automatique et pour le frein direct, l'emploi de « doubles-valves d'arrêt » permet de séparer les deux systèmes.

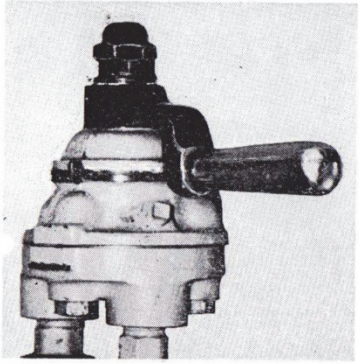


<u>Robinet de frein direct type N° 9 ou N° 9bis avec robinet d'isolement</u> :

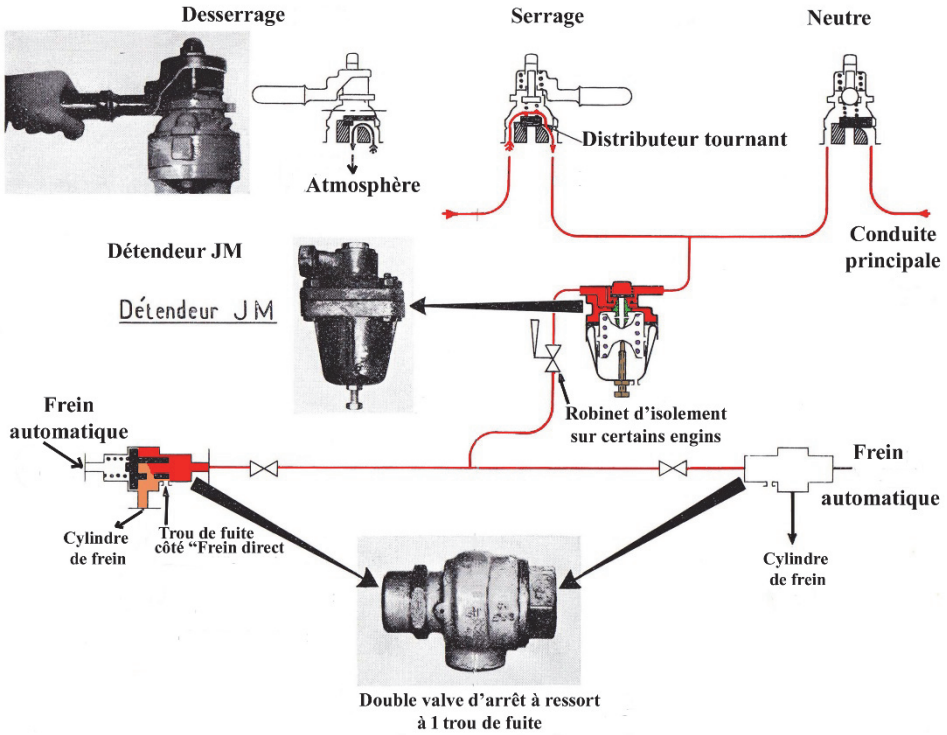




Ce montage peut-être réalisé sans robinet d'isolement: il comporte alors une double valve. Voir planche relative au robinet de frein type : "PILOTAIR"



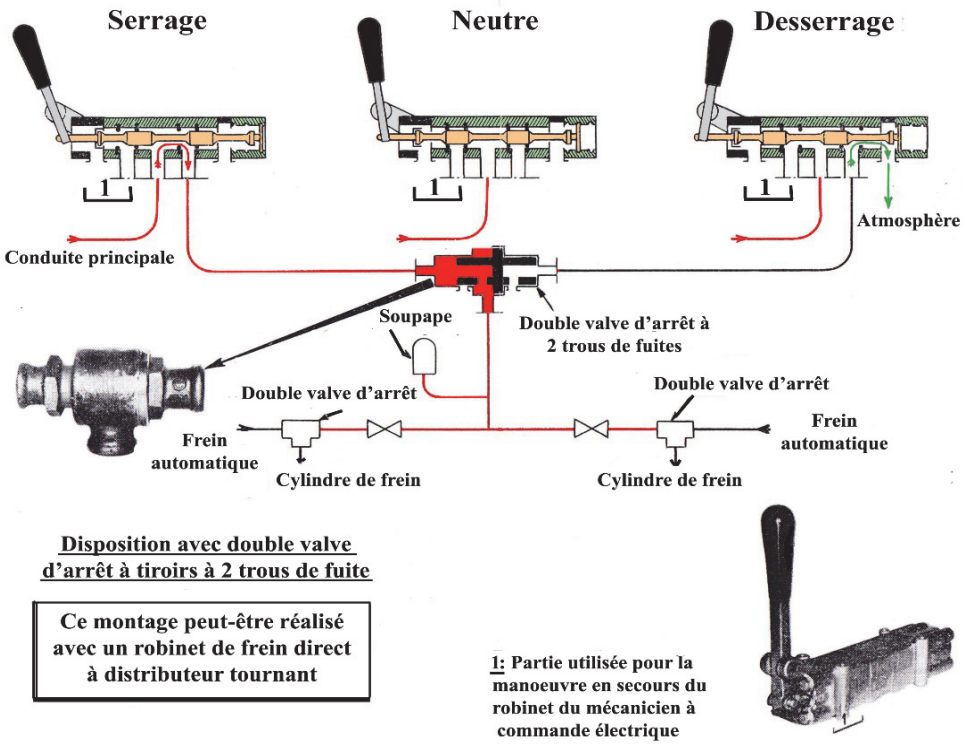
Robinet de frein direct N° 9bis avec retour automatique en « Neutre » :



Robinet de frein direct type « Pilotair » :

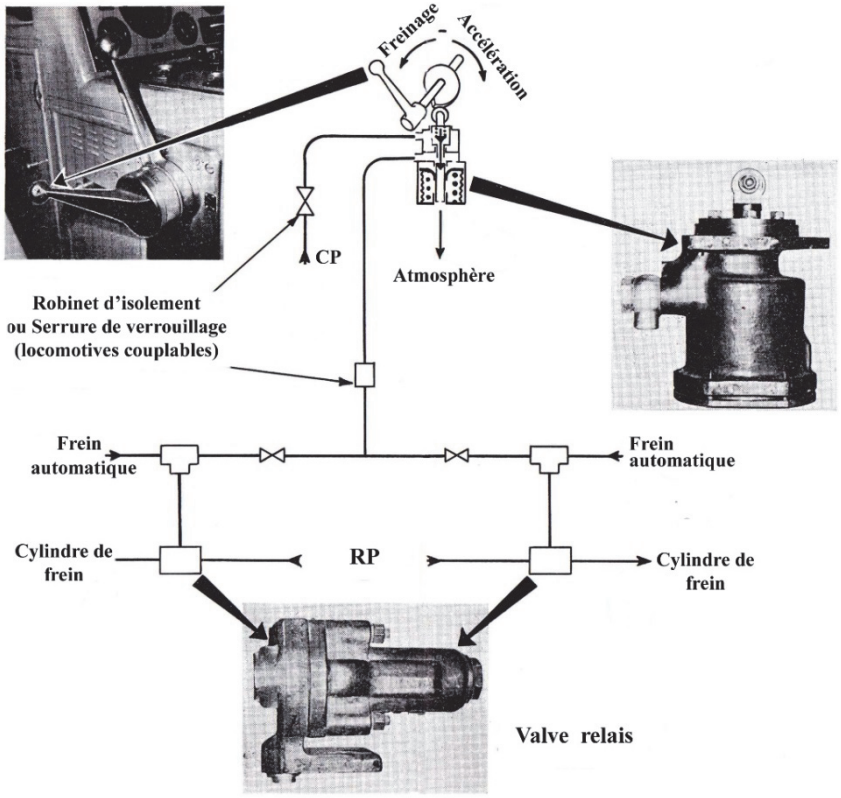
Chacune des trois positions (desserrage, neutre et desserrage) est marquée par un dispositif de crantage.

- Double valve d'arrêt à tiroirs à deux trous de fuite : montée sur les engins moteurs à deux postes de conduite, permet d'isoler automatiquement le robinet de frein direct du poste non utilisé. Chaque trou de fuite assure la mise à l'atmosphère de la partie de tuyauterie non utilisée.
- Ce robinet peut être utilisé pour la manœuvre en secours du robinet de mécanicien à commande électrique (PBL2).

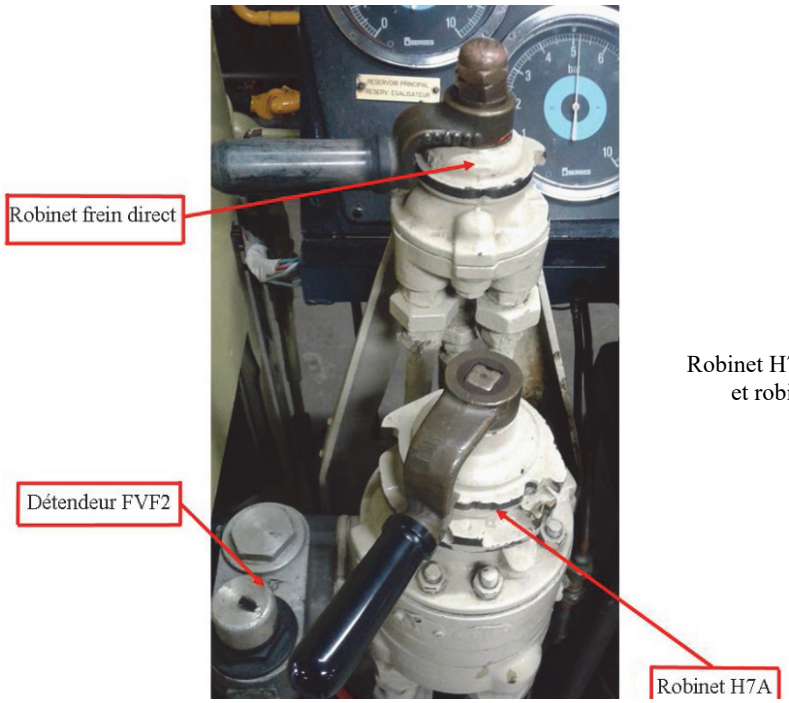


<u>Robinet détendeur de frein direct à commande par came sur engins diesel</u> :

- <u>Manipulateur de traction</u> : le manipulateur de traction disposé sur le secteur « freinage » provoque un serrage croissant à partir de la position « 0 » (manipulateur de traction légèrement incliné sur son axe vertical). Le serrage maximal est obtenu lorsque le manipulateur de traction est placé à fond de course du secteur « freinage » (déplacement suivant la flèche « freinage »).
- <u>Robinet détendeur</u> : commandé par le manipulateur de traction par l'intermédiaire d'une came, alimente la valve relais à une pression variant de « 0 » à la pression maximale.
- <u>Valve relais</u> : reproduit dans les CF la pression fournie par le robinet détendeur. L'air nécessaire à l'alimentation des CF est prélevé dans le réservoir principal (RP).



<u>ROBINET DE FREIN H7A EQUIPE DU DETENDEUR FVF2 :</u>

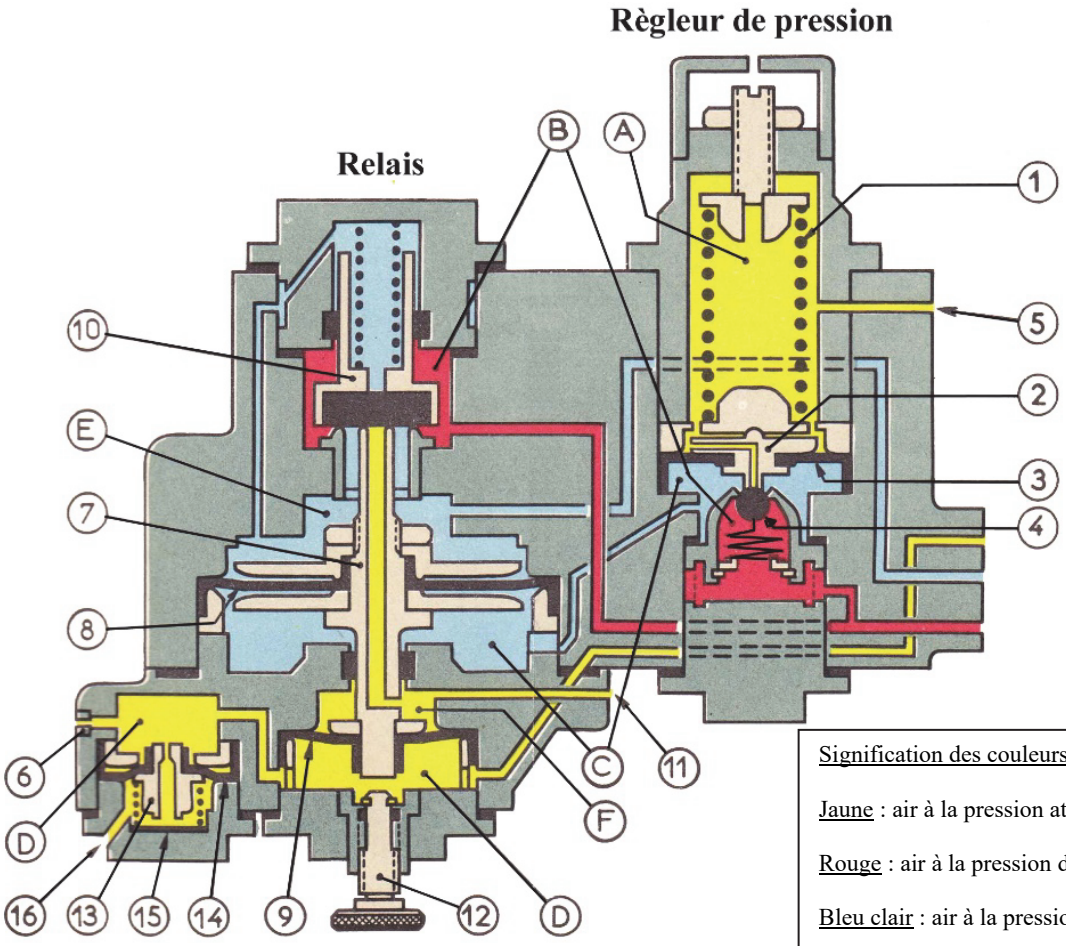


Robinet H7A, détendeur FVF2
et robinet frein direct.

Détendeur FVF2 :

- Le corps du détendeur est en alliage léger.
- Les clapets et différents poussoirs en acier inoxydable.
- Un équipage en laiton.
- Les ressorts en acier inoxydable.
- Les sièges des clapets en caoutchouc dur.
- Les membranes en caoutchouc synthétique sont inaltérables dans l'huile.

Ce détendeur ne comporte ni tiroir, ni piston.
Le détendeur se compose d'un régleur de pression et d'un relais.



Signification des couleurs utilisées sur les croquis :

Jaune : air à la pression atmosphérique.

Rouge : air à la pression du RP.

Bleu clair : air à la pression de 5 bars.

Vert : air à une pression inférieure à 5 bars.

Bleu foncé : air à une pression supérieure à 5 bars.

Fonctionnement du régleur de pression :

La pression dans les chambres (C) est pratiquement constante. Elle est de 5 bars et ne dépend que du réglage du ressort (1). Un plombage interdit l'accès de la vis de réglage au personnel de conduite. Si cette pression diminue, l'équipage creux (2), solidaire de la membrane (3), s'abaisse et décolle le clapet sphérique (4) de son siège. L'air du RP passe dans les chambres (C) jusqu'à ce que la pression de réglage soit rétablie.

En cas de surpression dans les chambres (C), la membrane (3) entraîne l'équipage (2) vers le haut et l'air des chambres (C) passe à l'atmosphère par le canal de l'équipage et la chambre (A) jusqu'à ce que la pression de réglage soit rétablie.

- **<u>Fonctionnement du relais</u>** :

L'équipage différentiel du relais permet :

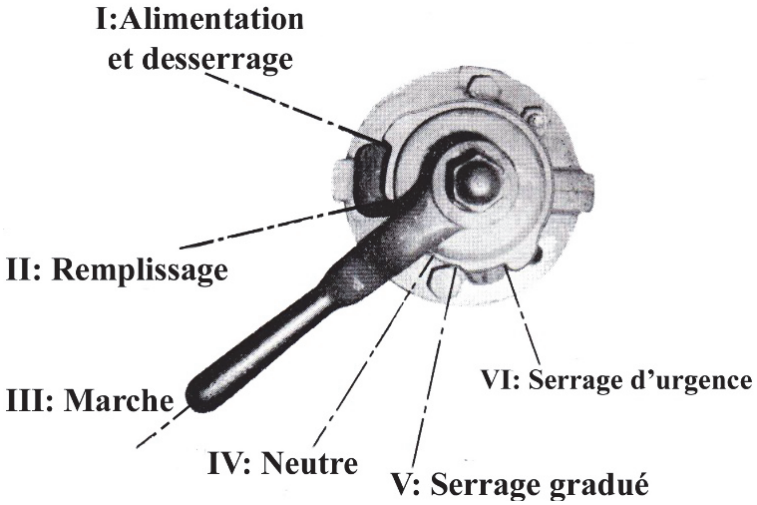
* D'établir une surcharge pouvant atteindre 0,4 bar (position I et II de la poignée du robinet du mécanicien) dans la chambre E.

* D'éliminer cette surcharge et de maintenir à 5 bars la pression dans la CG (position III du robinet du mécanicien).

Les différentes positions occupées par cet équipage seront représentées ensuite sur le fonctionnement du robinet H7A.

<u>Fonctionnement du robinet type H7A et du détendeur FVF2</u> :

Le robinet H7A a 6 positions représentées sur ce croquis :



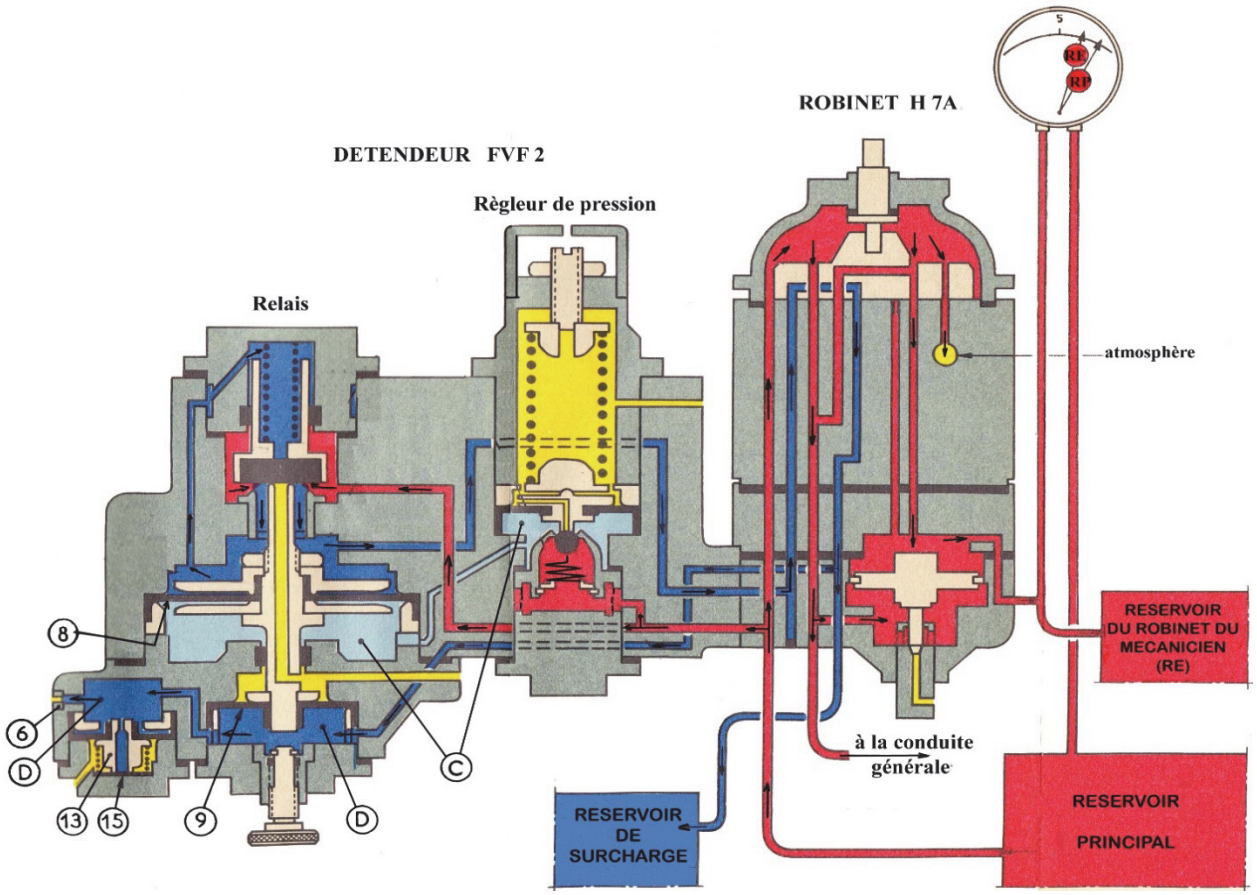
- **<u>Position I : alimentation et desserrage</u>** :

Sur le croquis ci-dessous il y a une communication directe entre le RP et la CG. Cette communication se faisait à l'époque où les trains étaient composés majoritairement de véhicules équipés de triples-valves. Le conducteur devait rester sur cette position 3, 6 ou 9 secondes pour un train freiné au frein continu voyageur ou 5, 10 ou 15 secondes (17 secondes pour un train très long) pour un train freiné au frein continu marchandises, en fonction de la longueur de son train, ceci pour envoyer un afflux d'air important dans la CG afin que les triples-valves basculent en position desserrage. Avec la généralisation des distributeurs cette surpression (ou à-coup) n'est plus nécessaire, l'air est envoyé dans la CG à grand débit mais à 5,4 bars par l'intermédiaire du détendeur.

<u>La pression à 5,4 bars est la résultante de deux pressions</u> :

* La pression de 5 bars dans la chambre (C) du relais, qui s'exerce sous la membrane (8).

* La pression de l'air venant du réservoir de surcharge, qui s'exerce sous la petite membrane (9) dans une chambre (D) du relais. Le clapet (13) est appliqué sur son siège (15), les chambres (D) communiquent avec l'atmosphère par l'orifice calibré (6). Le sifflement d'air produit par cet orifice rappelle au conducteur que la poignée du robinet ne doit pas être maintenue dans cette position au-delà des temps prescrits.



- **<u>Position II : remplissage et surcharge</u> :**

Une communication est établie entre le RP et la CG par l'intermédiaire du détendeur qui limite à 5,4 bars la pression dans la CG. Les deux côtés du piston égalisateur ainsi que le réservoir égalisateur (RE) du robinet du mécanicien sont en communication avec la CG. Un sifflement produit par une fuite d'air à l'échappement du robinet rappelle au conducteur que la poignée ne doit pas rester dans cette position.

Le desserrage des freins se poursuit ainsi que le remplissage des RA.

L'air du RP alimente la CG par l'intermédiaire de la chambre (B) du relais, le clapet (10), la chambre (E), la sortie (H) du détendeur et le distributeur tournant du robinet H7A.

Comme en position I, la chambre (E) communique par la sortie (H) du détendeur et le distributeur tournant du robinet avec le réservoir de surcharge et les chambres (D) du relais.

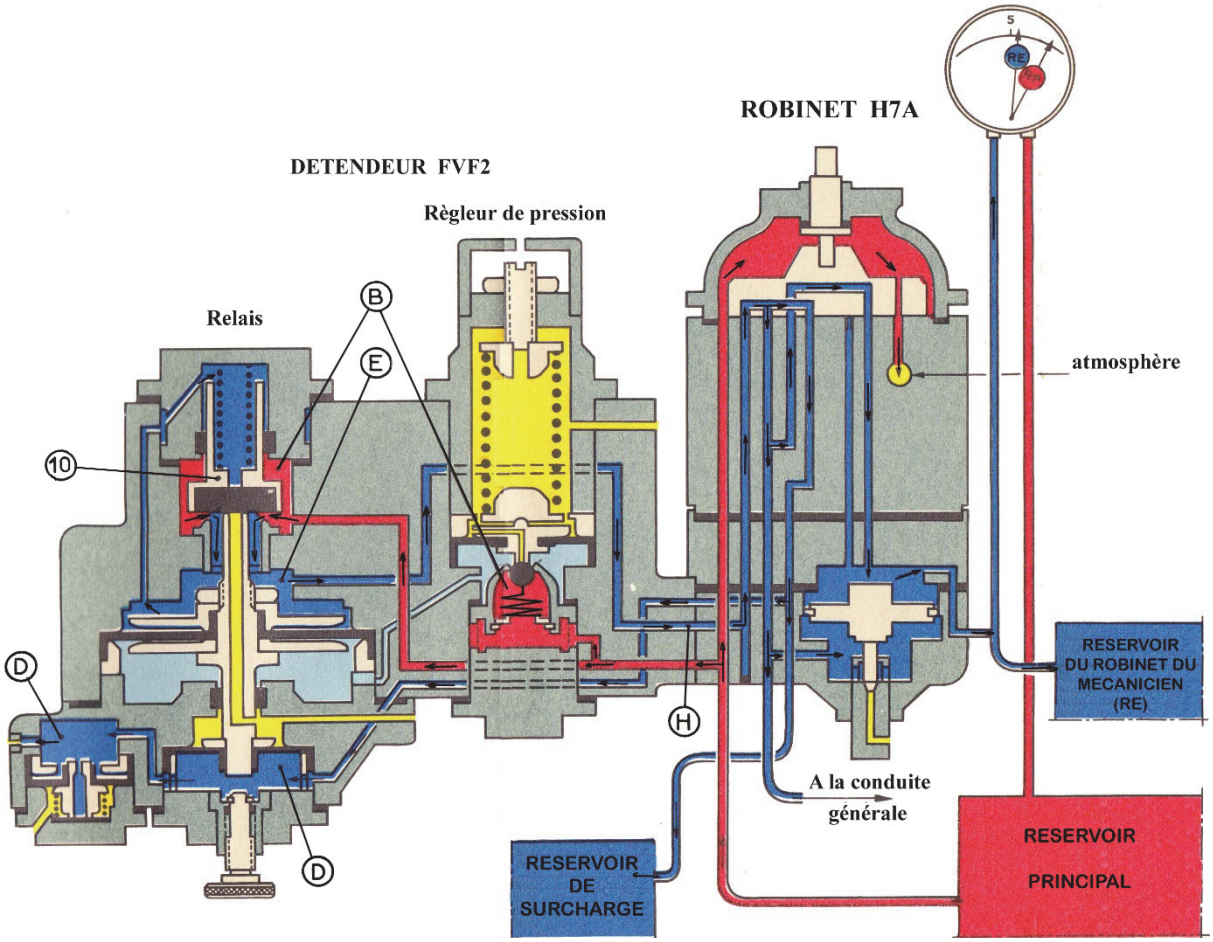
L'équipage différentiel est donc encore soumis à une pression ascendante de 5,4 bars (± 0,05 bar).

La chambre (E) alimente la CG et le RE du mécanicien à une pression qui sera limitée à 5,4 bars.

<u>But de la surcharge</u> :

En dehors du remplissage de la CG la surcharge a également pour but de rattraper les petites différences de réglages des détendeurs entre engins moteurs.

Exemple : un train arrive avec une locomotive dont le détendeur se trouve réglé à 5,1 bars au lieu de 5 bars. S'il y a échange de locomotive en tête de ce même train et que cette deuxième locomotive a un détendeur réglé à 4,9 bars, il lui sera impossible de pouvoir desserrer les freins de ce train. Avec la surcharge et une pression établie dans la CG à 5,4 bars, cette deuxième locomotive pourra sans difficulté desserrer les freins du train.



- **<u>Position III : marche</u> :**

Une communication est établie entre le RP et la CG par l'intermédiaire du détendeur qui limite à 5 bars la pression dans la CG. Cette communication est réalisée par un orifice (J) de section réduite. Les deux côtés du piston égalisateur ainsi que le RE sont en communication avec la CG par le distributeur tournant du robinet du mécanicien. La communication entre la sortie (H) du détendeur, le réservoir de surcharge et les chambres (D) du relais est interrompue.

<u>Elimination de la surcharge</u> :

La pression ascendante à laquelle était soumis l'équipage différentiel diminue jusqu'à 5 bars, par suite de la vidange du réservoir de surcharge et des chambres (D). Cette vidange s'effectue par l'orifice (6) tant que la pression dans le réservoir de surcharge est supérieure à 3 bars. Dès que cette pression devient inférieure à 3 bars, le clapet (13) est décollé de son siège (15) sous l'effet de son ressort de rappel et la vidange du réservoir de surcharge s'effectue à la fois par l'orifice calibré (6), par l'orifice calibré du clapet (13) et la canalisation (16).

De cette façon la baisse de pression dans le réservoir de surcharge et les chambres (D) s'effectue à une vitesse sensiblement constante jusqu'à la vidange complète.

Dans le même temps la pression de la CG, agissant dans la chambre (E) au-dessus de la membrane (8), abaisse le poussoir à tige creuse (7) et l'air de la CG s'échappe à l'atmosphère par l'orifice (11) de la chambre (F). La baisse de pression dans cette conduite se fait elle aussi à une vitesse sensiblement constante. La pression dans la CG se stabilise à 5 bars, le poussoir (7) revient en contact avec le clapet (10) et interrompt la communication de la CG avec l'atmosphère.

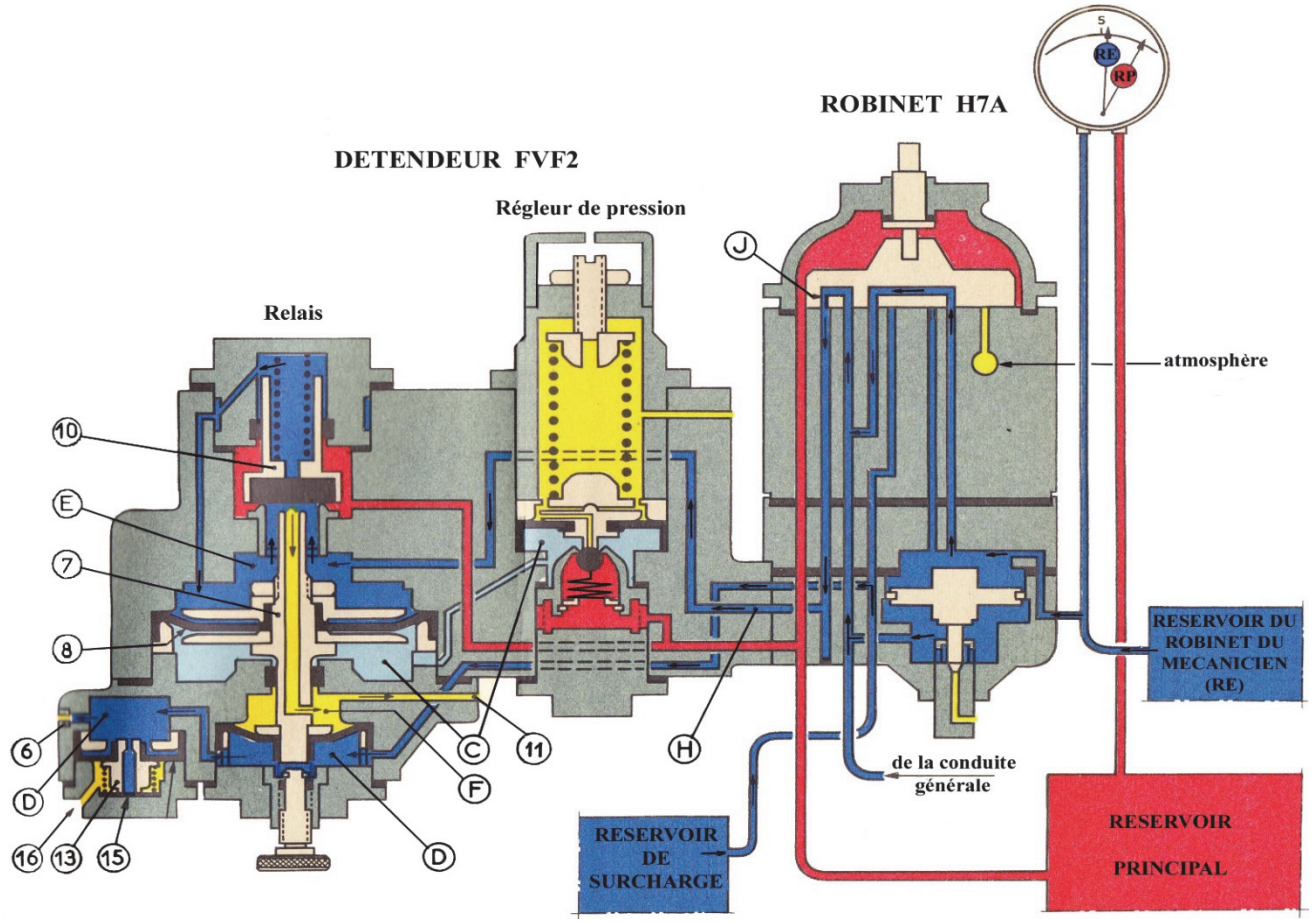
Il faut entre 3 minutes et 3,5 minutes pour l'élimination de la surcharge, cette baisse de pression de 5,4 bars à 5 bars est lente pour éviter que les freins du train entre en action. Le temps d'élimination de la surcharge est indépendant de la capacité et de l'étanchéité de la CG.

Les chambres (C) communiquent en permanence avec l'atmosphère par un orifice calibré de débit infime. Cette disposition permet d'obtenir une grande sensibilité du détendeur.

Maintien de la pression à 5 bars :

Si la pression dans la CG descend (petite fuite dans le train), la pression dans la chambre (E) devient inférieure à celle des chambres (C) qui sont toujours à la pression constante de 5 bars.

L'équipage différentiel du relais est entraîné vers le haut, ouvre le clapet (10) et l'air du RP passe dans la chambre (E) et la CG par la sortie (H) du détendeur. Le clapet se referme dès que la pression atteint 5 bars.

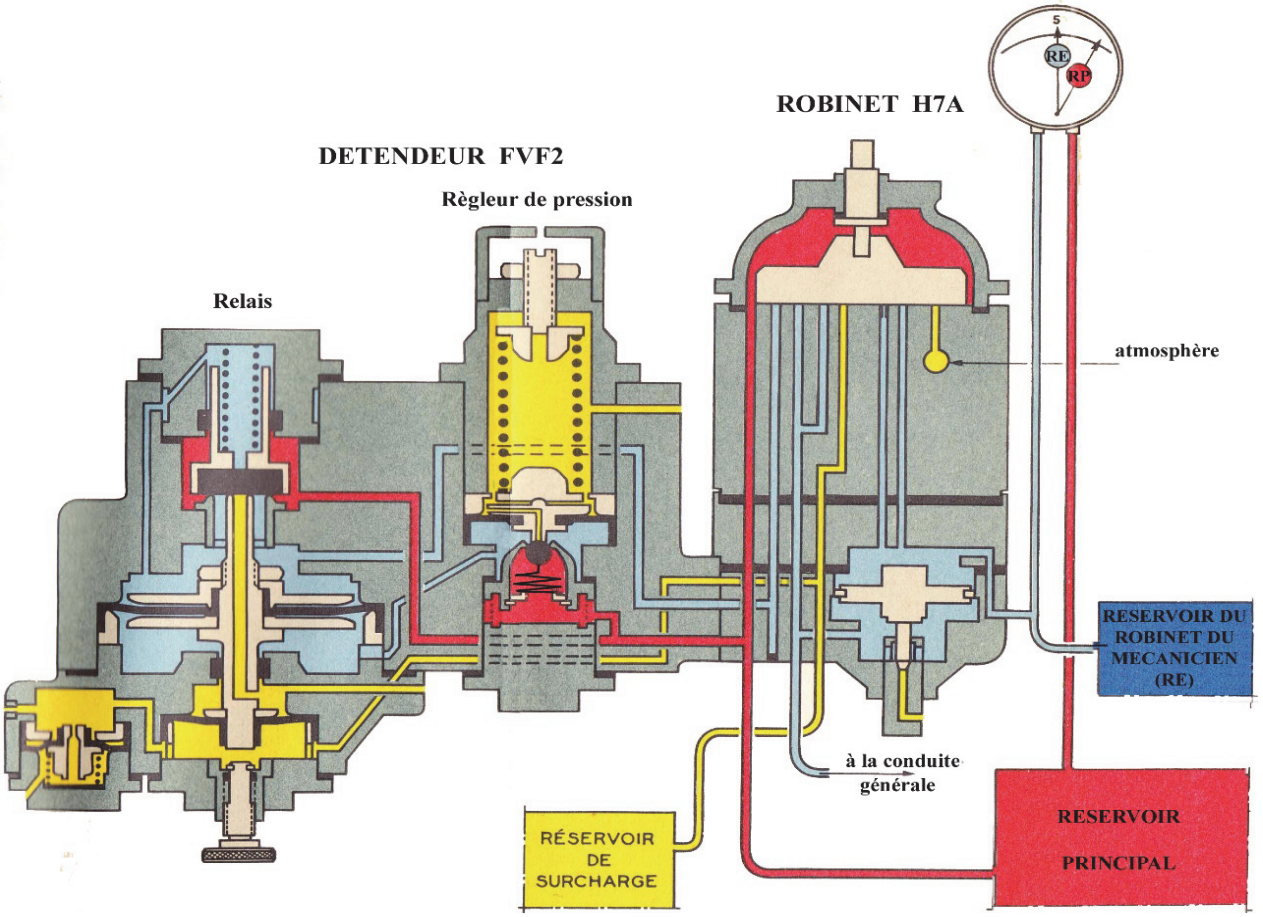


- **Position IV : neutre** :

La valve rotative n'établit plus aucune communication. En particulier, la CG n'est plus en relation avec le détendeur FVF2.

Le piston égalisateur (situé dans le corps du robinet) est à tige télescopique. Il assure l'équilibre de pression entre le RE du robinet du mécanicien et la CG.

L'épreuve d'étanchéité peut être effectuée sans attendre que la pression soit descendue à 5 bars puisqu'en position neutre il n'y a plus de relation entre la CG et le détendeur. La baisse de pression constatée au manomètre est bien celle qui est due aux fuites d'air de la CG. La tolérance réglementaire des fuites d'air de la CG est de 0,3 bar à la minute.

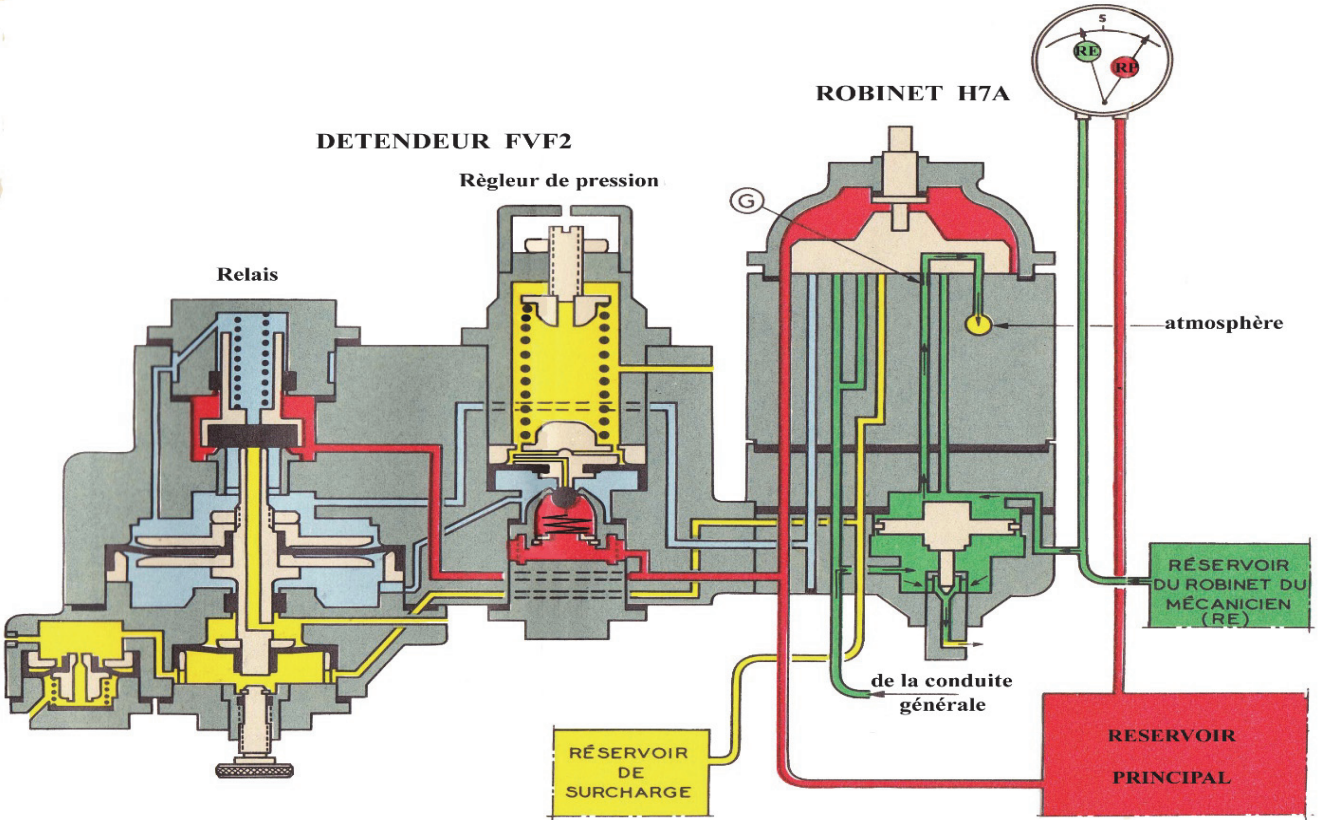


- **<u>Position V : serrage gradué</u> :**

Le RE est mis en relation avec l'atmosphère par l'orifice réduit (G).

Le piston égalisateur se soulève et met la CG en communication avec l'atmosphère, ce qui provoque le serrage progressif des freins.

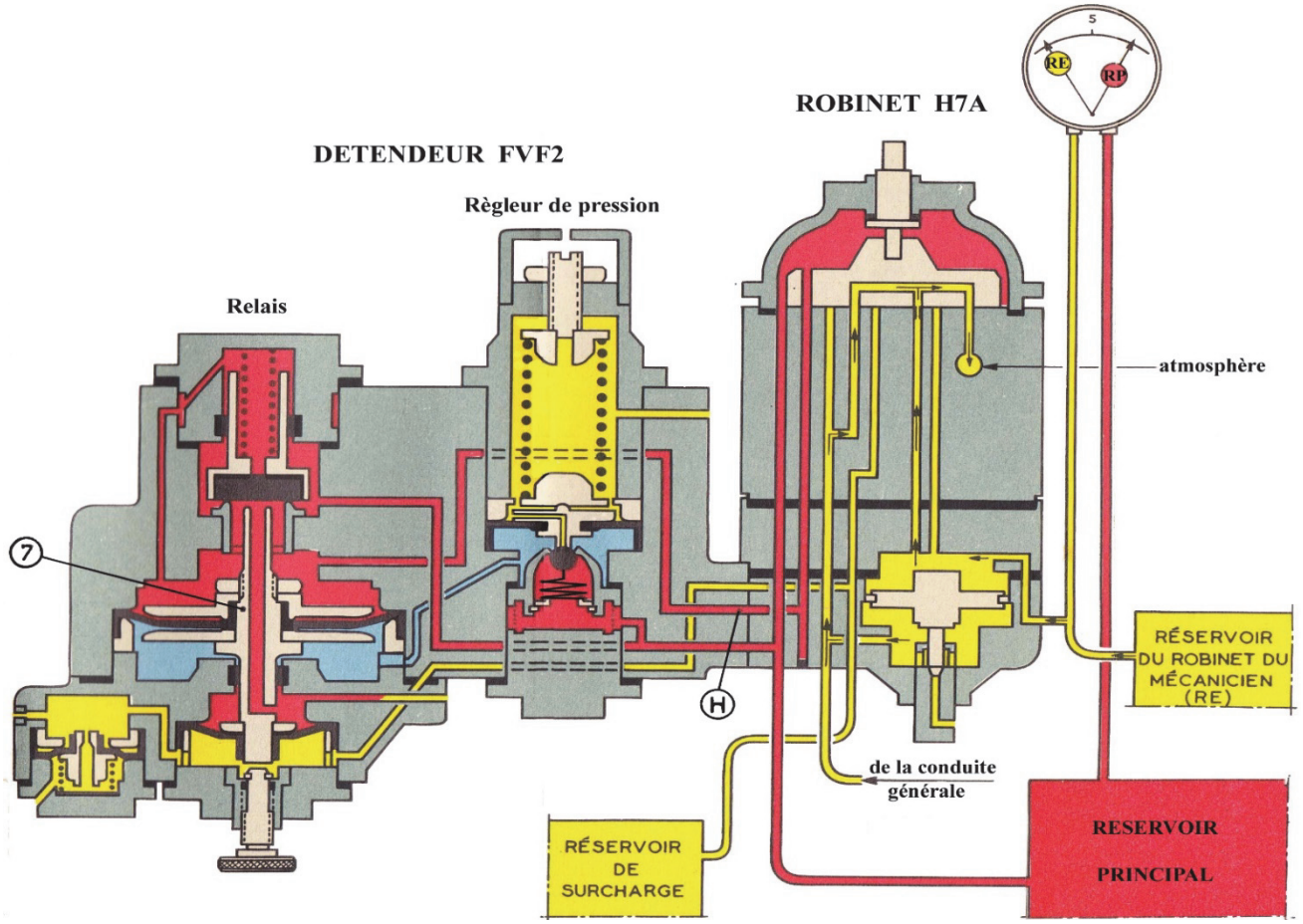
Lors du retour de la position serrage gradué à la position neutre, le piston égalisateur assure un arrêt progressif de l'échappement de l'air.



- **<u>Position VI : serrage d'urgence</u> :**

La CG est mise directement en communication avec l'atmosphère ainsi que le RE.

Dans cette position, un orifice du distributeur tournant met le RP en communication avec la sortie (H) du détendeur FVF2, ce qui provoque une fuite d'air par la tige creuse (7) de l'équipage différentiel. Cette fuite est sans conséquence.



<u>Robinet manométrique Oerlikon type FV4</u> :

- **<u>Variateur de pression</u>** :

  Etablit dans le réservoir du robinet du mécanicien (et son circuit) une pression variable comprise entre 5,4 bars et 2,9 bars suivant la position de la poignée amovible de commande.

  Se comporte comme un détendeur dont le ressort de réglage est plus ou moins comprimé par l'intermédiaire d'une douille de commande, se déplaçant sur une rampe hélicoïdale lors de la manœuvre de la poignée.

- **<u>Relais</u>** :

  * <u>En position de « Remplissage »</u> : provoque un à-coup de remplissage dans la CG. Assure l'alimentation de la CG en grand débit, à la pression de 5,4 bars.

  * <u>En position de « Marche »</u> : permet l'alimentation de la CG à une pression qui décroît progressivement de 5,4 bars à 5 bars (élimination de la surcharge). Assure l'alimentation, en petit débit, de la CG à la pression de 5 bars.

  * <u>Sur les secteurs de « Serrage » ou « Desserrage gradué »</u> :

    * Dans le sens serrage gradué, provoque des paliers de serrage dans la CG ; la pression est réglée par le variateur de pression (de 4,6 bars à 2,9 bars) selon la position de la poignée.

* Dans le sens desserrage gradué, provoque des paliers de desserrage dans la CG par des paliers pouvant varier de 2,9 bars à 4,7 bars.

* Boîtier du variateur de pression et réservoir de surcharge : lorsqu'ils sont alimentés (position « Remplissage »), le variateur règle la pression dans le circuit de commande (réservoir du robinet du mécanicien) et, par suite, la CG à 5,4 bars.

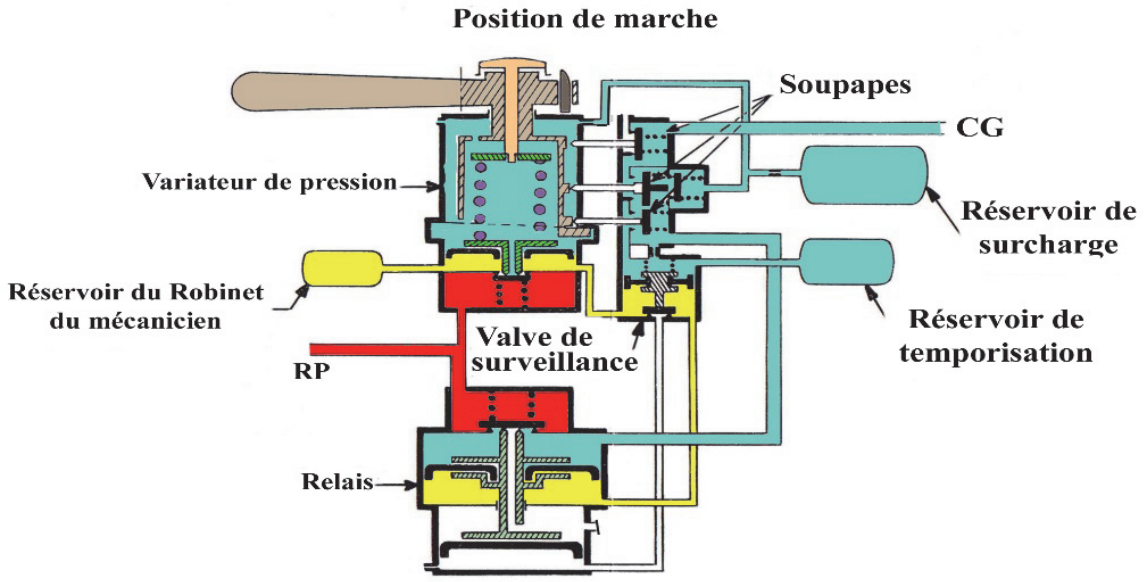
Lorsque cesse leur alimentation (passage en position « Marche »), ils se vidangent par des orifices calibrés permettant ainsi au relais d'éliminer progressivement, par l'intermédiaire de sa tige creuse, la surcharge de la CG.

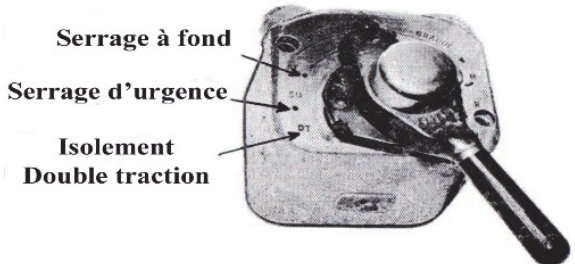
- **Soupapes diverses** :

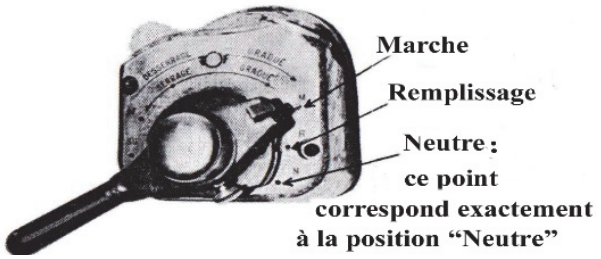
* La soupape supérieure, dite d'urgence, met directement la CG à l'atmosphère en position de « Serrage d'Urgence ».

* La soupape intermédiaire, dite de fermeture de CG, isole cette conduite aux positions : « Neutre », « Serrage d'Urgence » et « Isolement ou Double traction ». Elle assure l'automaticité du frein en position « Marche ».

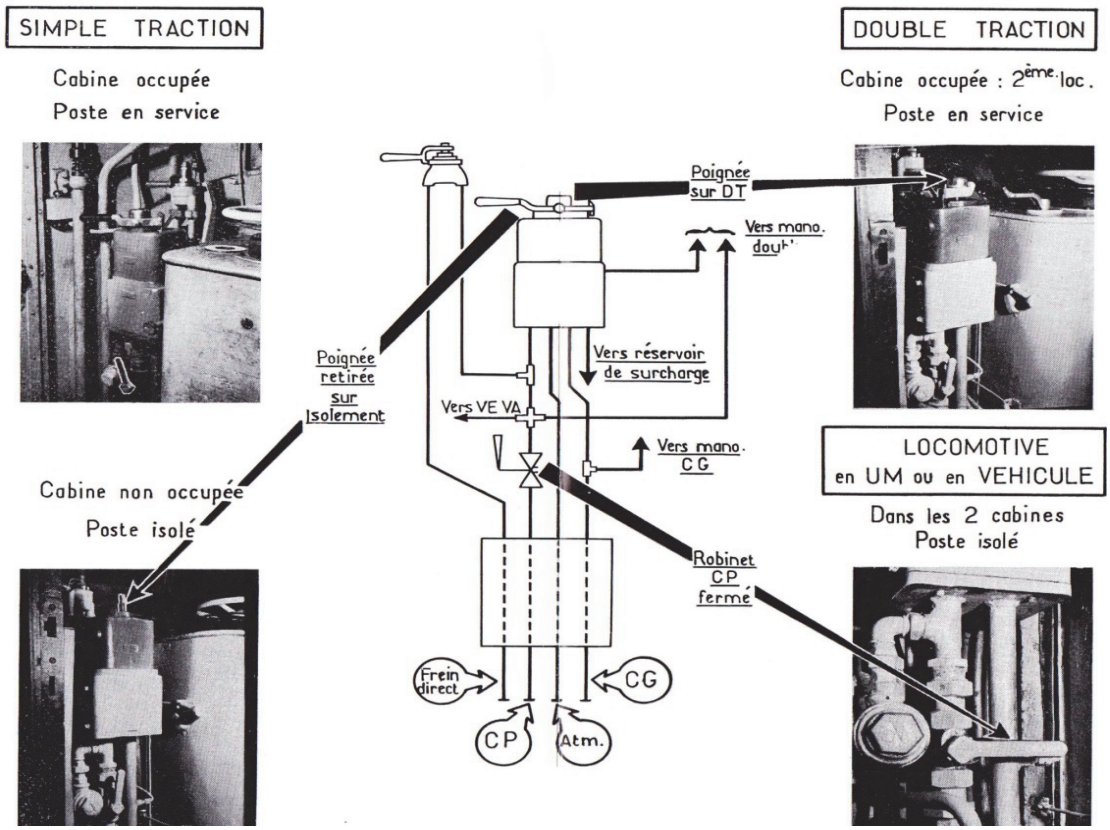
* La soupape inférieure, dite de temporisation, ferme la grande section d'alimentation du réservoir de temporisation.







Robinet manométrique Oerlikon FV4 description



Robinet manométrique Oerlikon FV4 utilisation.

ROBINET DE FREIN A COMMANDE ELECTRIQUE DIT « PRESSE-BOUTON » PBL2 :

Le frein à commande PBL 2 pour « Presse Bouton Locomotive version 2 ».

La mise à l'étude d'un robinet du mécanicien à commande électropneumatique a été suscitée par une demande des services d'études de locomotives. Ceux-ci, en effet, engagés dans la mise au point de pupitres de commande fonctionnels pour les cabines de conduite, se trouvaient gênés par l'encombrement et la présentation traditionnelle des robinets de mécanicien qui ne s'harmonisaient pas avec les commandes déjà utilisées depuis de nombreuses années pour la partie traction de la locomotive.

Par ailleurs, les opérations à effectuer par le personnel de conduite avec les robinets classiques sont en fait difficiles, peu intuitives, et demandent un long apprentissage.

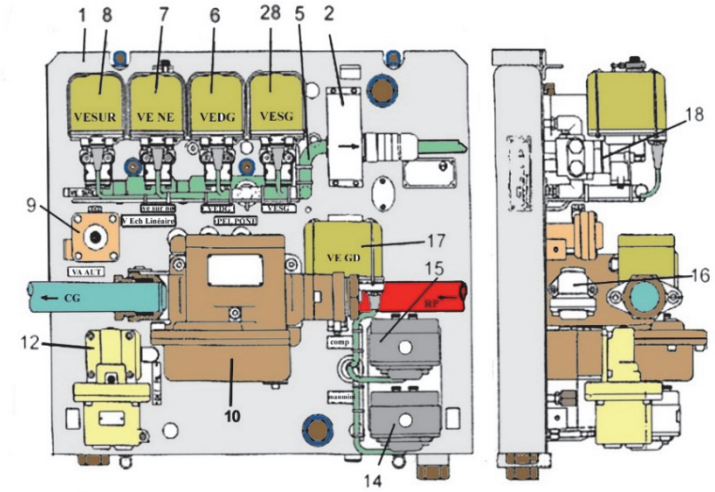
De tels systèmes apparaissaient au surplus être inadaptés à l'évolution future de la conduite des trains.

L'idée de réaliser les fonctions de commande du frein par un intermédiaire électropneumatique offrait par contre de nombreux avantages :

- Simplifier l'équipement subsistant dans les cabines de conduite et l'harmoniser avec les commandes de la partie traction.
- Reporter dans la caisse de la locomotive, où la place disponible est plus grande, les organes d'exécution du freinage et les réduire de ce fait à un seul exemplaire.
- Profiter de l'opération pour donner au robinet le meilleur débit, en réduisant le plus possible le circuit d'exécution du robinet et en reporter les complexités inévitables des liaisons sur le circuit de commande, dans lequel n'apparaissent que des échanges portant sur de petites quantités d'air.
- Utiliser la structure électropneumatique pour automatiser au maximum les fonctions de l'appareillage et améliorer ainsi la simplicité des manœuvres demandées au personnel de conduite.
- Faire appel au maximum à des organes courants fabriqués en grandes séries, donc peu coûteux, tels qu'électrovalves, relais électriques, manostats,…..

Description :

Equipement engins moteurs :



1-Châssis support de tuyauterie	12-Détendeur pilote
2-Coffret de dérivation châssis	14-Manostat de pression minimale
6- Electrovalve « desserrage gradué »	15-Manostat de réarmement
7-Electrovalve « neutre »	16-Valve d'automaticité
8-Electrovalve « surcharge »	17-Electrovalve « grand débit »
9-Valve d'échappement linéaire	18-Joint d'électrovalve
10-Relais principal	28-Electrovalve « serrage gradué »

Relais principal :

Le relais principal répercute dans la CG les variations de pression réalisées dans le circuit de commande (RE) dans les conditions suivantes :

- Après l'utilisation du bouton « Grand Débit », provoque le remplissage à grand débit d'air dont la durée est réglée automatiquement.
- Permet ensuite l'alimentation de la CG, lorsque l'interrupteur de surcharge est mis en service, l'alimentation se poursuit en grand débit à la pression de 5,4 bars.
- Réduit progressivement la pression de la CG de 5,4 bars à 5 bars après mise hors service de l'interrupteur de surcharge.
- Assure, après l'élimination de la surcharge, l'alimentation de la CG en petit débit (automaticité du frein) à la pression de 5 bars.
- Permet d'obtenir des paliers de serrage ou de desserrage en faisant varier la pression dans la CG, lorsqu'on manœuvre le manipulateur de freinage.

Le relais comporte également :

- Une valve de coupure qui permet d'interrompre la communication entre le RP et le relais principal.
- Une valve d'isolement qui interrompt la communication entre le relais et l'atmosphère.

Détendeur pilote :

Le détendeur pilote assure l'alimentation du circuit de commande (RE) du relais à 5 bars (pression de régime) ou à 5,4 bars pendant la surcharge.

Il élimine la surcharge dans ce circuit au cours de l'élimination de surcharge.

Manostats :

L'équipement comporte deux manostats qui assurent séparément les fonctions suivantes :

- Manostat de réarmement : au cours du desserrage, il provoque automatiquement le réarmement du robinet à partir de 4,8 bars.
- Manostat de pression minimale : il permet :
  . De maintenir une pression minimale de 3 bars dans le RE, même après une action prolongée sur « Serrage » du manipulateur de freinage.
  . De provoquer automatiquement une alimentation à 3 bars dans ce réservoir dès la mise en position de « Service » du commutateur d'isolement.

Valve d'automaticité :

Cette valve permet au relais principal d'assurer l'alimentation de la CG soit en grand débit, soit en petit débit, 50 secondes après la cessation de la fonction grand débit.

Electrovalves diverses :

- Surcharge : permet au détendeur pilote d'alimenter le circuit de commande et le RE à 5,4 bars.
- Neutre : commande la valve de coupure et la valve d'isolement. La CG ne peut plus être alimentée et ne peut plus s'échapper à l'atmosphère par le relais principal. Toute fuite sur la CG n'est plus compensée et peut être lue sur le manomètre de la CG au pupitre de commande. Cette position sert à vérifier notamment l'étanchéité de la CG.
- Serrage gradué :
  * Réalise des baisses de pression dans le RE par mise à l'atmosphère.
  * Met le réservoir de première dépression à l'atmosphère lorsque le robinet est armé.
- Desserrage gradué :
  * Permet au détendeur pilote d'alimenter en permanence le RE quand le robinet est armé, ou met en communication le détendeur pilote avec le RE au cours des paliers de desserrage.
  * Met en communication le RE avec le réservoir de première dépression dès le début de serrage (première dépression automatique).
- Réservoirs :
  * Réservoir égalisateur (RE) : capacité où sont réalisées les variations de pression, tant au serrage qu'au desserrage.
  * Réservoir de première dépression (RPD) : assure une chute de pression déterminée dans le RE au début du freinage.
  * Réservoir de surcharge (RS) et valve d'échappement linéaire : le dispositif monté sur ce réservoir permet d'éliminer progressivement la surcharge entre 3 et 3,5 minutes.

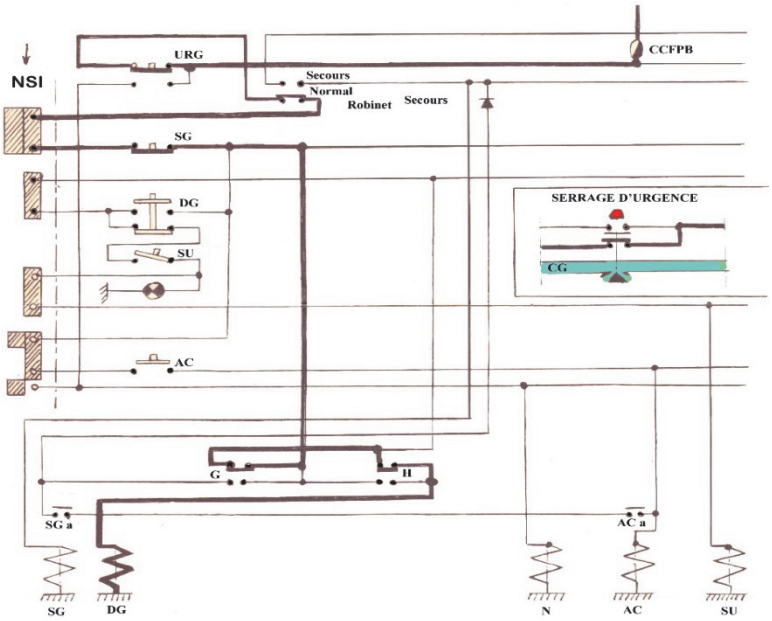
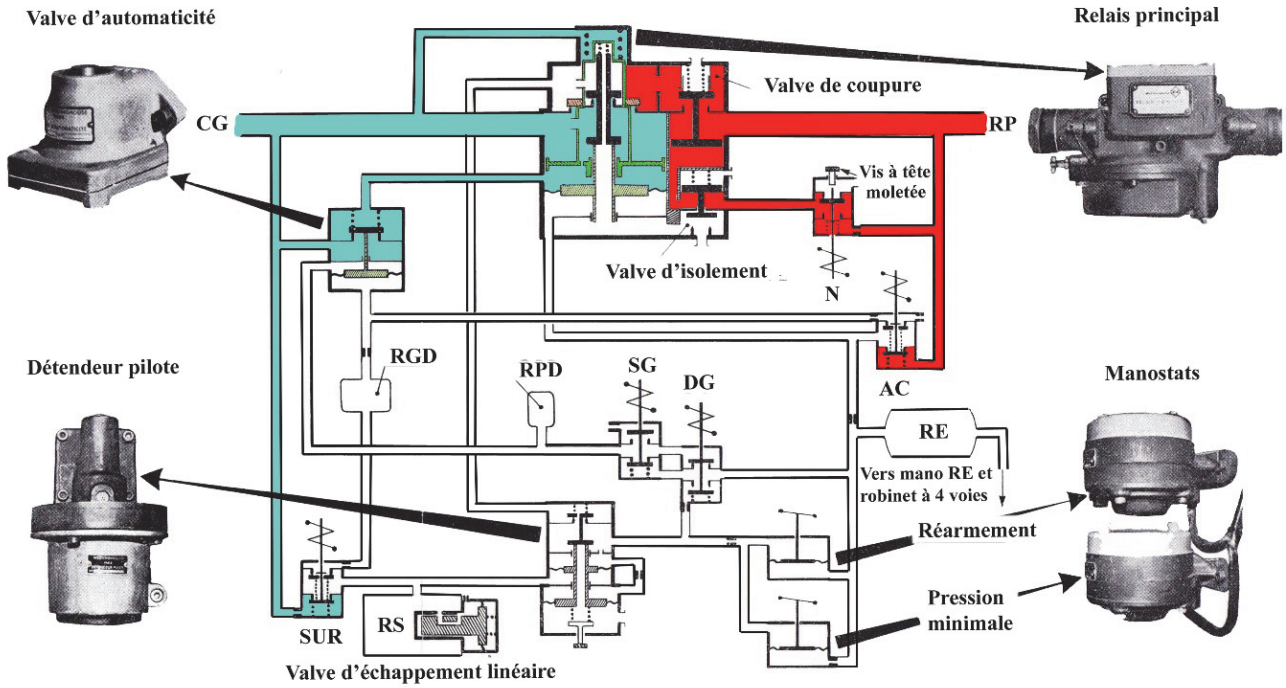


Schéma électrique en position « Marche ».

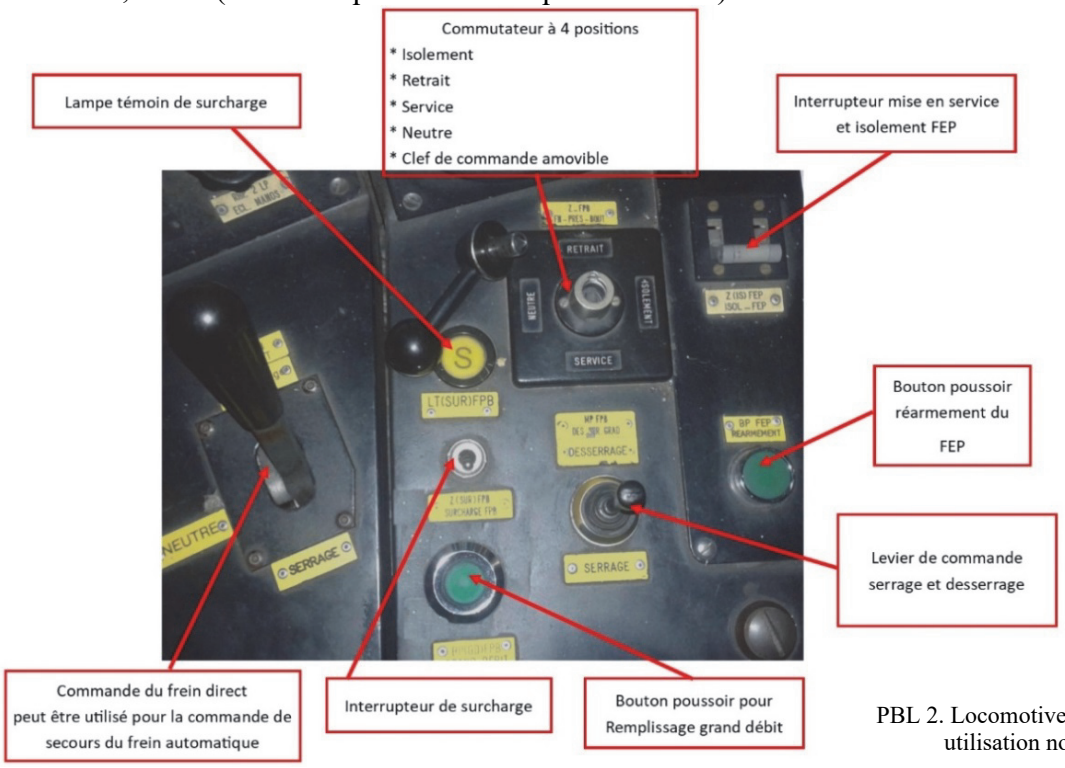


Pupitre PBL2 :

A l'origine, les commandes du serrage et desserrage étant faites par deux boutons poussoirs, l'un pour le serrage et l'autre pour le desserrage. Ces deux boutons poussoirs ont été remplacés par un manipulateur à levier qui, en le poussant horizontalement commande le desserrage et en le tirant horizontalement commande le serrage.

L'appareillage en cabine comprend quatre manipulateurs électriques :

- Commutateur à quatre positions : Service, Neutre, Isolement et retrait.
- Manipulateur à levier serrage et desserrage.
- Bouton remplissage « Grand Débit ».
- Interrupteur « Surcharge ».
  Un voyant s'allume dans la position « Surcharge » et informe le conducteur que la pression de régime est remontée à 5,4 bars (situation qui doit n'être que transitoire).



PBL 2. Locomotives électriques : utilisation normale.

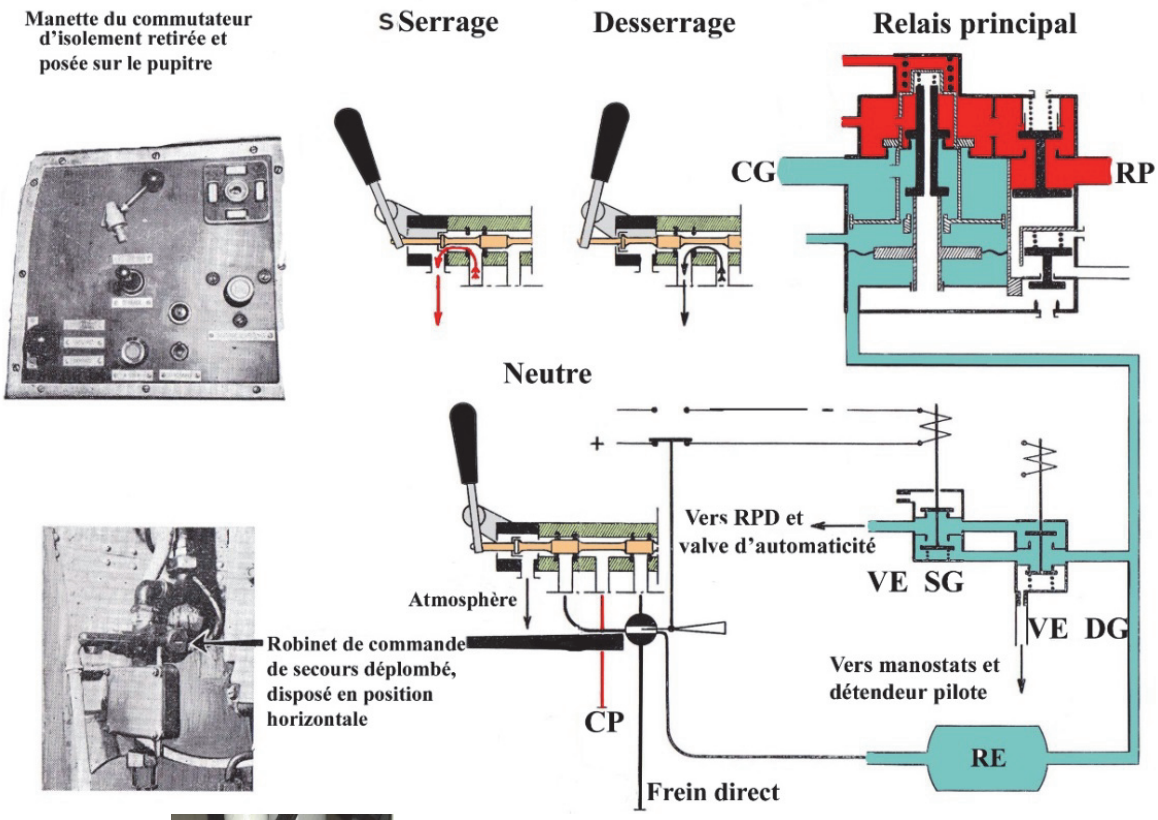
PBL 2 : commande de secours :

En cas de défaillance de la commande électrique, le frein automatique peut être manœuvré en secours par le manipulateur de frein direct après avoir pris les dispositions ci-après :

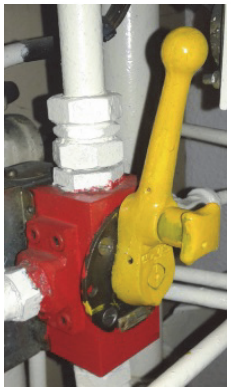
- Mise en commande de secours :
  * S'assurer que le frein direct est desserré.
  * Retirer la manette du commutateur d'isolement et la poser sur le pupitre.
  * Placer le manipulateur de frein direct en position « Neutre ».
  * Déplomber la poignée du robinet de commande de secours placé sous le manipulateur de frein direct et la tourner d'un quart de tour pour la mettre en position horizontale.

- Changement de cabine en commande de secours :
  * Dans la cabine quittée :
    - Placer le manipulateur de frein direct en position « Serrage ».
    - Tourner d'un quart de tour la poignée du robinet de commande de secours placé sous le manipulateur de frein direct, pour la mettre en position verticale.
    - Placer le manipulateur de frein direct en position « Desserrage ».

  * Dans la cabine occupée :
    - Placer le manipulateur de frein direct en position « Neutre ».
    - Tourner d'un quart de tour la poignée du robinet de commande de secours (robinet à trois voies) placé sous le manipulateur de frein direct, pour la mettre en position horizontale.

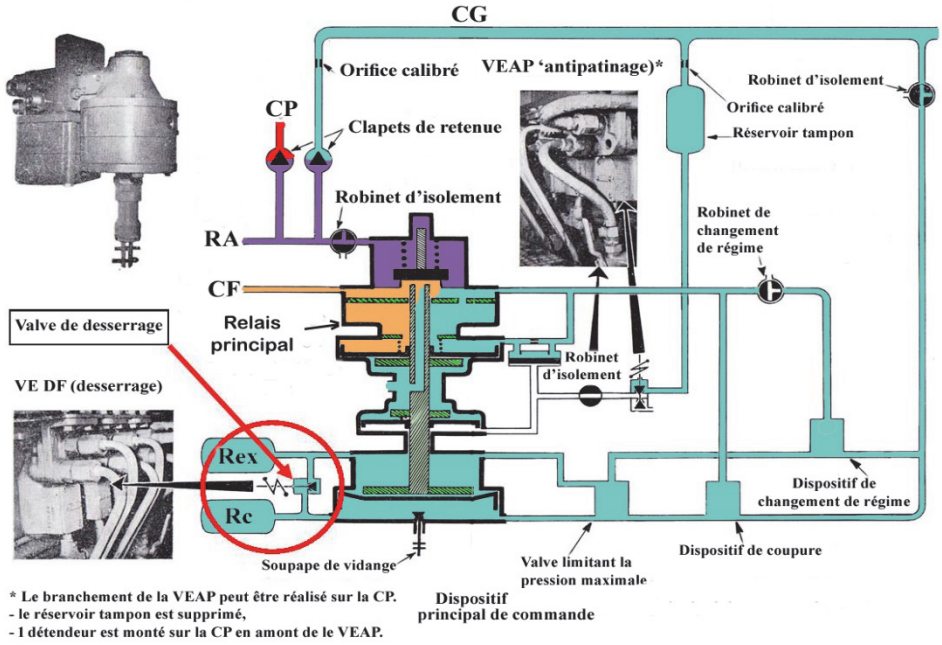


Robinet de secours à 3 voies.



Valve de « Desserrage » :

La valve de « Desserrage » permet au conducteur de desserrer les freins de sa locomotive indépendamment de ceux de la rame (par exemple pour faire un dételage pour pouvoir comprimer les tampons). Cette commande électrique s'effectue à l'aide d'une pédale située en dessous du bloc de commande PBL 2.



La valve de desserrage VE-DF permet d'établir une communication entre le RC et le réservoir d'expansion Rex, ce qui diminue la pression du RC, et, à la limite, l'égalise avec celle du Rex. Cette manœuvre assure le desserrage partiel ou total du frein par la tige creuse du dispositif principal.

FREIN ELECTROPNEUMATIQUE « FEP » :

Généralités :

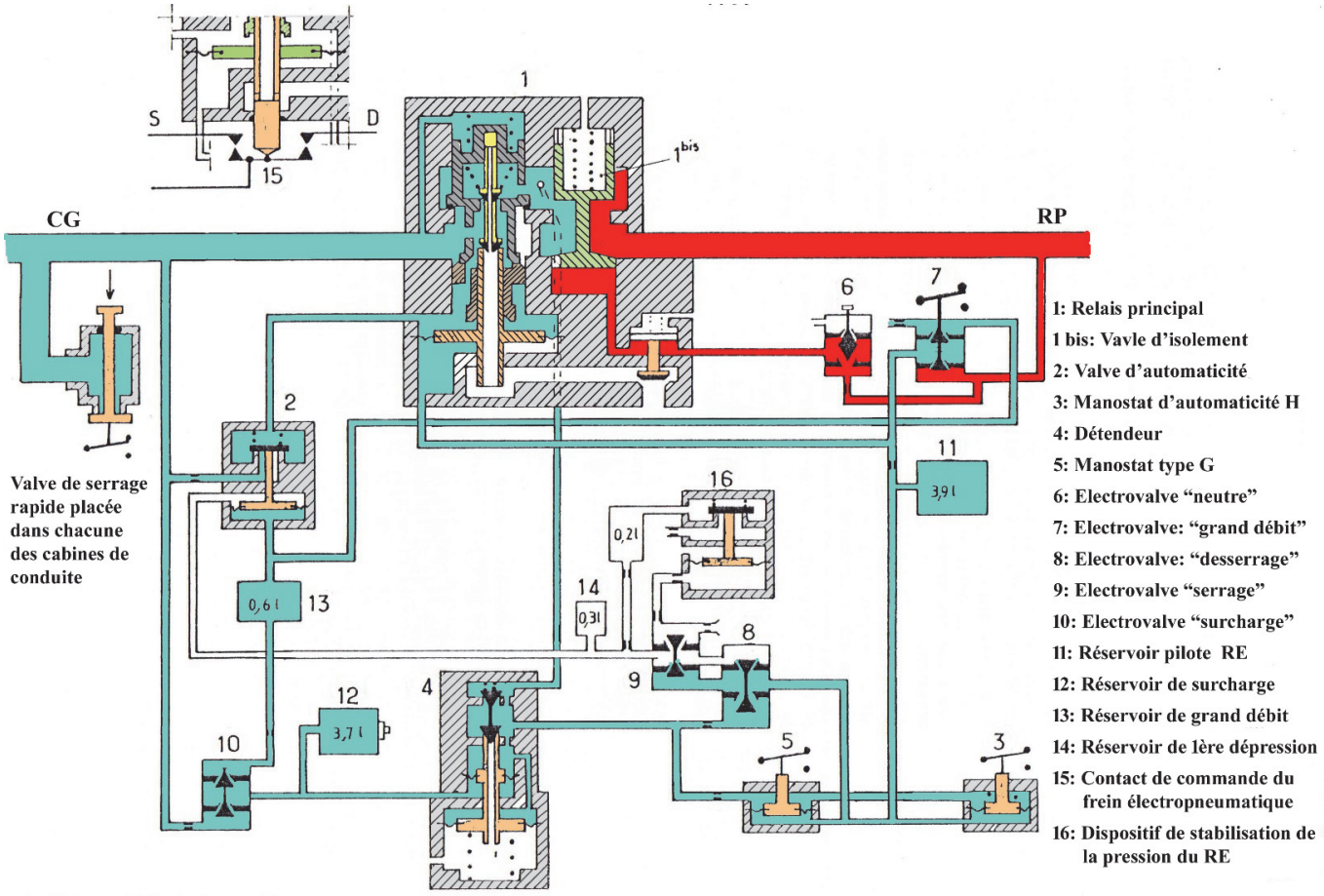
C'est pour tenir compte de la vitesse peu élevée de propagation de l'air, qu'il a été nécessaire de retenir des temps de serrage relativement longs pour que l'effort retardateur ne diffère pas sensiblement d'un véhicule à l'autre afin d'éviter les réactions lors des freinages. Quant aux temps de desserrage ceux-ci sont déterminés pour garantir l'inépuisabilité du frein qui implique que l'alimentation du RA du distributeur s'effectue dans la mesure où l'air est évacué du CF par le distributeur.

La commande électrique du freinage permet de résoudre les problèmes dus aux variations du temps de serrage consécutifs à la vitesse de propagation de l'air dans la CG. Mais cette commande ne suffit pas à elle seule à conférer au frein toutes les qualités désirables de maniabilité.

La nécessité de rendre le frein inépuisable implique que l'on assure à la queue de longs trains le débit d'air nécessaire pour alimenter les RA. Cela conduit à l'installation d'une deuxième conduite dite « conduite principale » (CP), constamment chargée à la pression du RP de la locomotive, les RA étant alimentés par cette conduite également en période de freinage.

L'équipement de frein de chaque véhicule comporte, en plus de l'installation classique (CG, distributeur, RC, RA) une conduite principale, un détendeur d'alimentation du RA, une ligne électrique à quatre conducteurs et deux électrovalves (serrage et desserrage).

La commande du frein électropneumatique s'adapte très facilement au robinet de mécanicien à commande électrique, les structures des deux appareillages étant établies à partir de principes voisins. Il suffit de munir la tige creuse du relais principal de contacts appropriés (voir repère (15) sur le schéma ci-dessous) et de placer sur le panneau d'appareillage de la locomotive un coffret électrique contenant les relais qui répètent l'action des contacts précités sur les conducteurs électriques de la ligne de train.



PBL 2 avec le FEP, équipement locomotive.

Le robinet du mécanicien à commande électrique de l'engin moteur, qui est spécialement équipé pour la commande FEP du frein, réalise les fonctions serrage et desserrage dans les conditions suivantes :

- Au cours du serrage, les électrovalves de serrage commandées électriquement par le robinet du mécanicien, provoquent localement, dans la CG de chaque véhicule, des dépressions équivalentes à celles qui sont produites dans le RE.
- Au cours du desserrage, les électrovalves de desserrage provoquent localement, dans la CG de chaque véhicule, des remontées de pression équivalentes à celles qui sont produites dans le RE.

L'égalisation des pressions sur toute la longueur de la CG du train, au cours des paliers de serrage ou de desserrage, est assurée par le robinet du mécanicien.

La commande électrique vient donc en aide, mais en la précédent, à la commande pneumatique, qui se produit de toute façon.

Pour des raisons de sécurité, les électrovalves de serrage sont branchées sur le fil « Retour Serrage ». Le bouclage des fils « Serrage » et « retour Serrage » est réalisé sur le dernier véhicule (manocontact en position de repos situé sur la CP après le dernier robinet d'arrêt CP).

Les électrovalves de serrage peuvent assurer cette fonction soit en courant de repos, soit en courant de travail.

La continuité de la ligne électrique « Serrage » et « Retour Serrage » est contrôlée :

- Soit de façon permanente en courant de repos qui est utilisé sur le matériel muni de l'attelage automatique (matériel de banlieue, automotrices, TGV). en effet, le courant de repos permet, en cas de désaccouplement intempestif commandé par le robinet, d'obtenir un freinage automatique de l'élément mené.
- Soit simplement au moment du serrage en courant de travail utilisé pour les voitures. Les désaccouplements fréquents des voitures entraînent en effet des risques accrus de mauvais contacts aux câblots ce qui, en courant de repos provoquerait des freinages intempestifs.

Les électrovalves de desserrage réalisent cette fonction dans tous les cas en courant de travail.

Pour garantir l'automaticité du frein, ces électrovalves ne peuvent alimenter la CG après un desserrage partiel ou complet que pendant un temps réduit qui est réglé par un relais électrique temporisé sur l'engin moteur.

Equipement engin moteur :

La commande électropneumatique du frein de la rame est réalisée par des circuits électriques qui reçoivent des ordres de la tête électrique disposée sur la tige creuse du relais principal du robinet du mécanicien à commande électrique.

Au cours du serrage, la tige creuse s'abaisse et ouvre le contact « Serrage ». Inversement, au cours du desserrage la tige creuse s'élève et ferme le contact « Desserrage ».

L'installation comporte en outre les différents relais électriques suivants :

- QD : relais de « Desserrage ».
- QS : relais de « Serrage ».
- QRS : relais « Retour Serrage ».
- QKT : relais de temporisation du relais de desserrage.
- QRT : relais temporisé de retour serrage.

Par ailleurs, dans la version électrovalve de serrage des véhicules en courant de travail, le relais du dispositif de sécurité provoque la vidange de la CG en cas d'avarie de la ligne « Serrage »-« Retour Serrage ».

- Relais de « Serrage » :

  Le relais de « Serrage » (QS) est commandé par le contact « Serrage » de la tête électrique disposée sur la tige creuse du relais. Il fonctionne en courant de repos. Au cours du serrage, il peut, soit alimenter électriquement la ligne « Serrage », soit inversement supprimer l'alimentation de la ligne « Serrage », selon la version utilisée (« Serrage » en courant de travail ou en courant de repos). Des barrettes amovibles permettent d'obtenir les circuits électriques correspondant à la version utilisée.

- Relais de « Desserrage » :

  Le relais de « Desserrage » (QD) est commandé par le contact de « Desserrage » de la tête électrique disposée sur la tige creuse du relais.

  Il fonctionne en courant de travail.

  Il assure l'alimentation électrique de la ligne « Desserrage » au cours du desserrage.

- Relais de temporisation du relais de « Desserrage » :

  Ce relais (QKT), temporisé à 15 secondes environ, est excité à chaque action de desserrage par le levier de « Desserrage ». Il assure l'automaticité du frein par coupure de l'alimentation du relais de « Desserrage » et, par conséquent, de la ligne « Desserrage » au bout du temps précité.

  Toute action de serrage annule cette temporisation.

- Dispositif de sécurité :

  Le dispositif de sécurité doit être en service pour la version électrovalve de « Serrage » en courant de travail. Il est isolé pour la version électrovalve de « Serrage » en courant de repos.

  Ce dispositif comporte les relais ci-après :

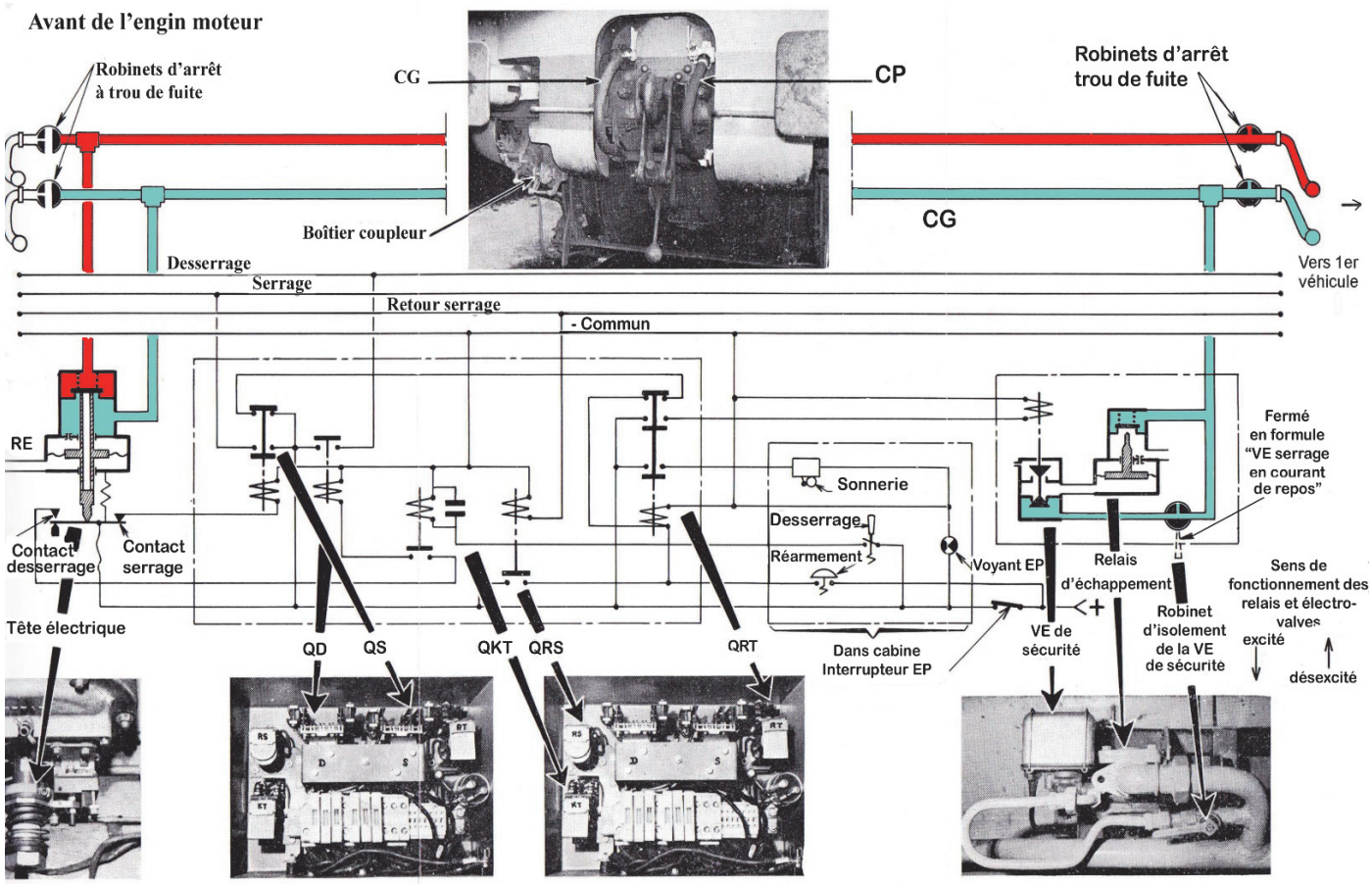
  * QRS : relais de « Retour Serrage ».
  * QRT : relais temporisé de retour « Serrage ».

  Ainsi que les appareils suivants :

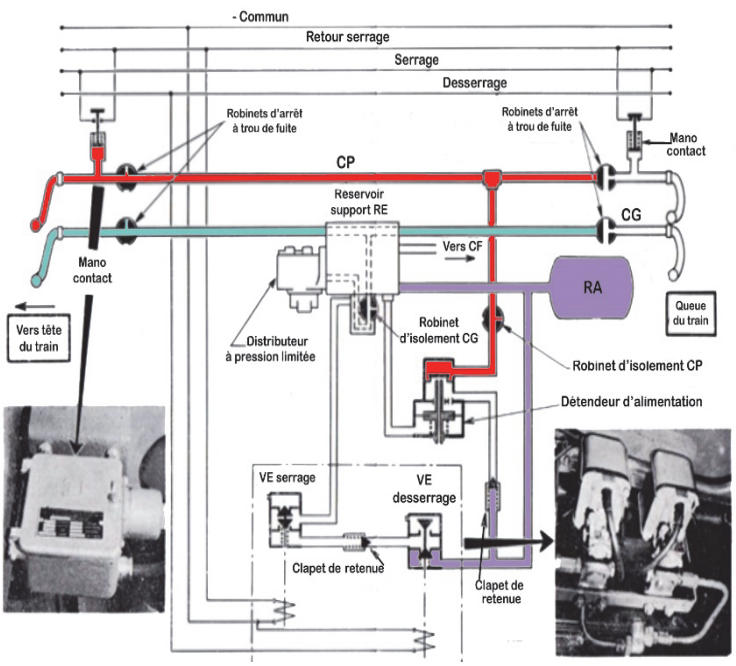
  * Electrovalve de sécurité
  * Relais d'échappement de la CG.
  * Sonnerie dans la cabine de conduite.

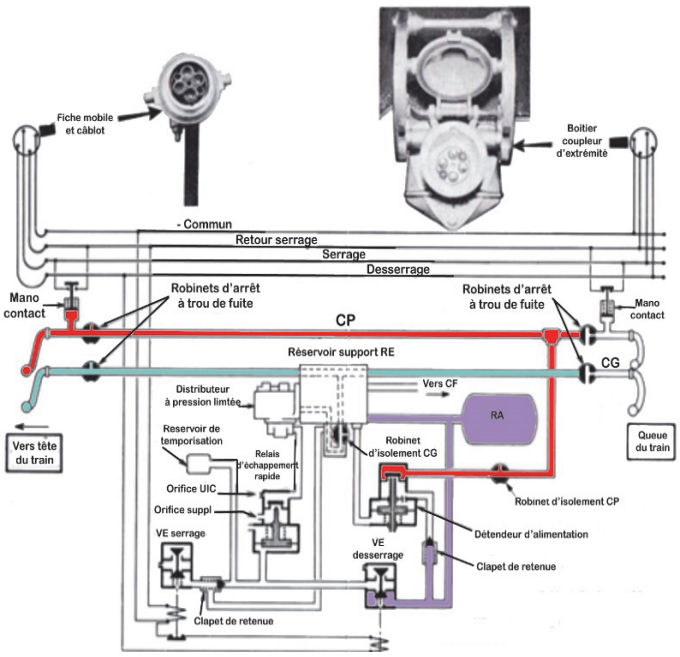
  Ce dispositif de sécurité fonctionne de la façon suivante : la ligne de « Serrage » est bouclée en queue du train et chaque fois que le relais de « Serrage » (QS) fonctionne, il coupe l'alimentation du relais temporisé (QRT). La chute de ce dernier entraînerait l'excitation de l'électrovalve de sécurité qui mettrait la CG à l'atmosphère par le relais d'échappement ainsi que le déclenchement de la sonnerie s'il n'était réexcité, par l'intermédiaire du relais « Retour Serrage » (QRS), par le courant provenant de la ligne « Retour Serrage ».

Le réarmement du dispositif de sécurité peut être obtenu, lorsqu'il a fonctionné, par une action sur le bouton prévu à cet effet.

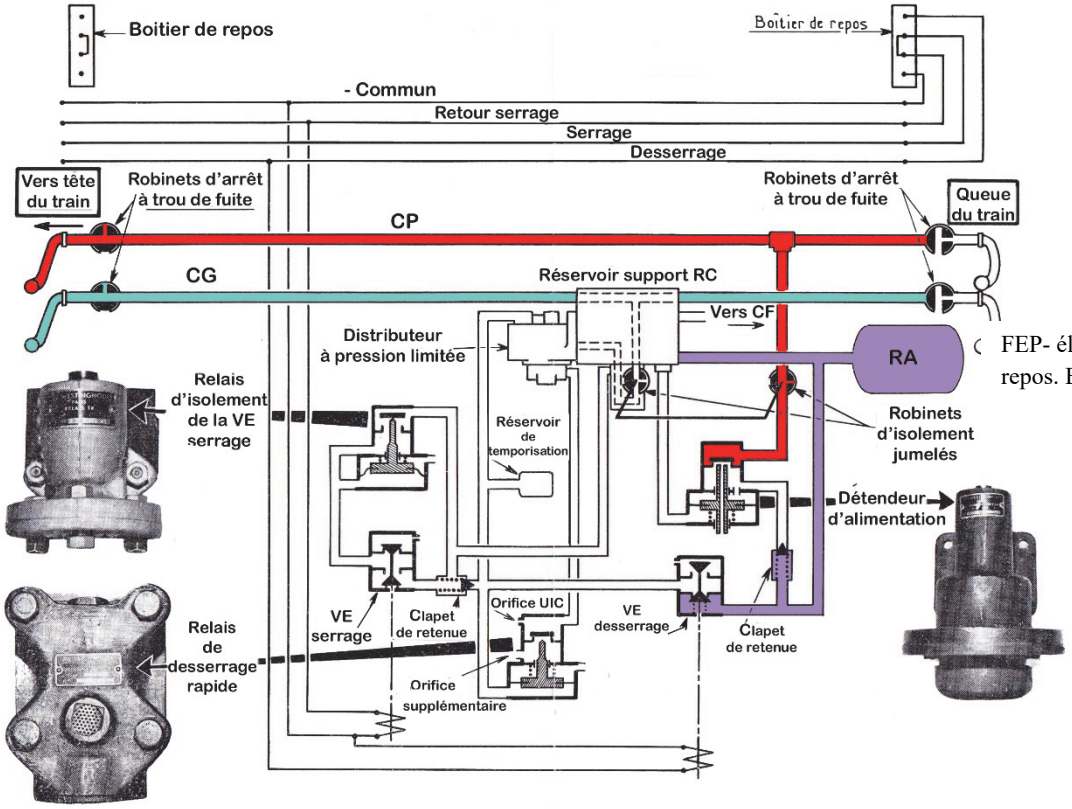


Equipement de voiture :



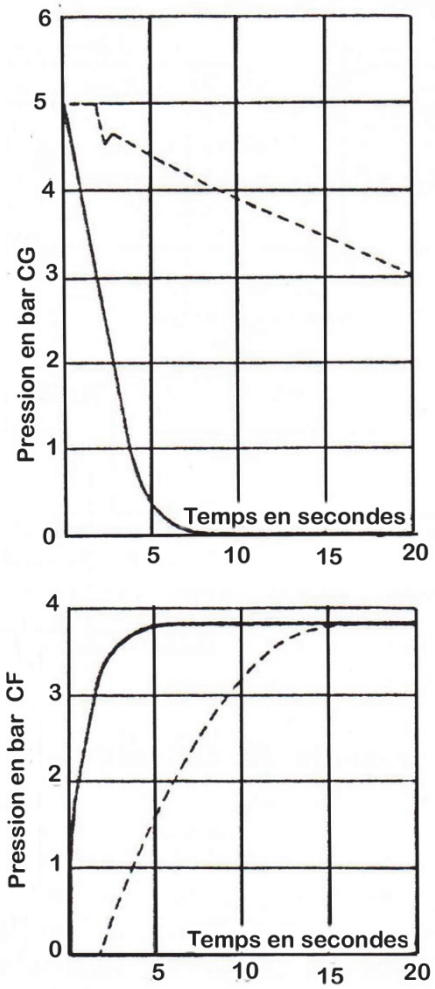


FEP- électrovalve serrage en courant de travail.
Equipement voiture.



FEP- électrovalve serrage en courant de repos. Equipement voiture

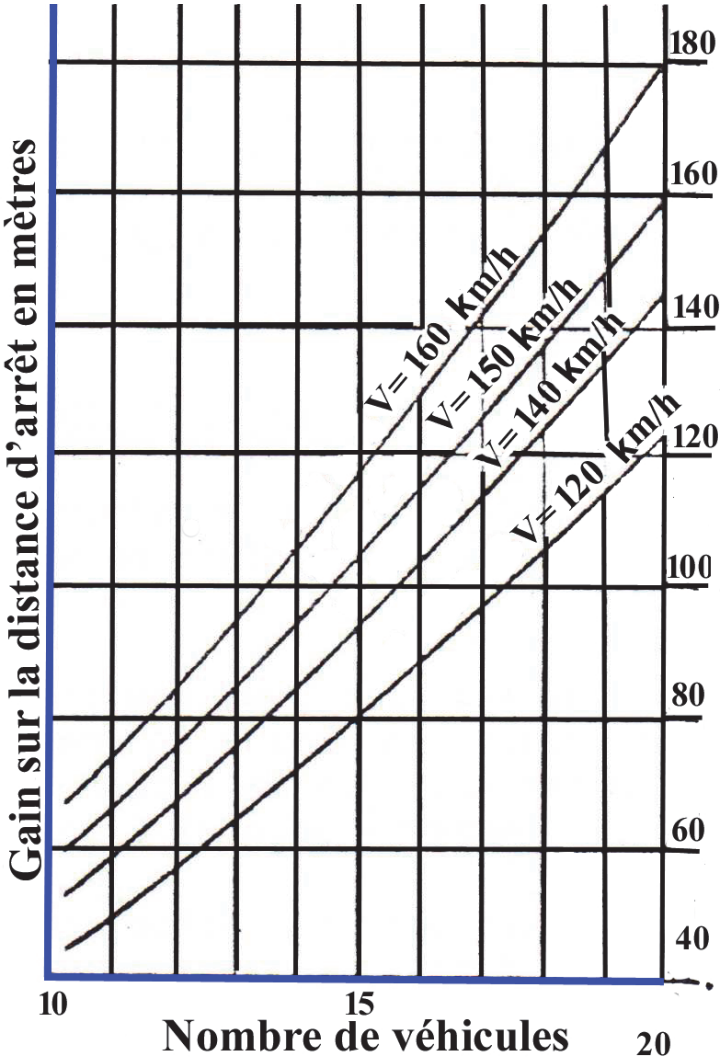
<u>Comparaison de la montée en pression au CF (tête, queue) d'un train long, avec frein pneumatique ou FEP</u> :



Tête en électropneumatique
Queue en électropneumatique
Tête en pneumatique
Queue en pneumatique

Améliorations obtenues avec le FEP :

- Elimination des chocs et réactions au moment du freinage.
- Amélioration de la maniabilité du frein.
- Performances du frein. Gains sur les distances d'arrêt :



Gain sur la distance d'arrêt en freinage FEP en fonction du nombre de véhicules.

Le gain est de l'ordre de 180 m à 160 km/h pour un train de 20 voitures sans rien demander de plus à l'adhérence et en n'accroissant que d'une quantité négligeable la charge thermique des pièces en frottement.

APPAREILS UTILISES POUR COMMANDER LE FREINAGE SUR LES TGV PSE :

La commande du freinage sur les TGV PSE à partir de chaque poste de conduite est réalisée par l'intermédiaire d'un robinet du mécanicien à commande électrique qui permet d'assurer :

- Les fonctions « Marche », « Serrage », Desserrage », « Serrage d'Urgence » et « Neutre ».
- La commande électropneumatique du frein.

La réalisation de ces différentes fonctions, nécessite les appareils suivants :

- VE(ISO)F : électrovalve d'isolement du poste de conduite. Cette électrovalve est excitée lorsque le commutateur d'isolement Z(IS)F est en position « Service » ou « Neutre ». Elle est désexcitée lorsque Z(IS)F est en position « Retrait » ou « Isolement ».
  Lorsqu'elle est désexcitée, cette électrovalve provoque :
  * La coupure de l'alimentation de l'appareillage de commande du frein par la CP.
  * La vidange de la CG.

- VE-MD-RB-FA : électrovalve modérable de freinage.
  Cette électrovalve provoque le réglage de la pression dans le RE en fonction de son courant d'excitation. La valeur de ce courant est déterminée par une commande électronique, suivant les positions du manipulateur de freinage.

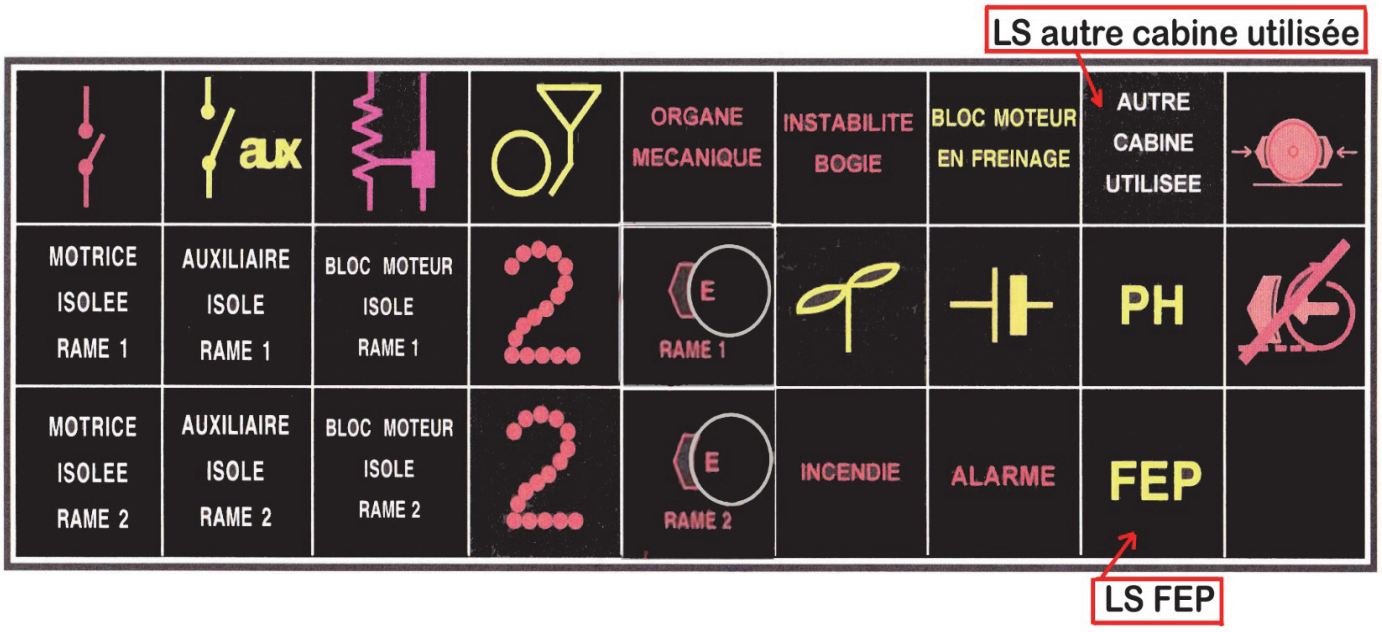
- MPF : manipulateur de freinage. Ce manipulateur agit sur la commande électronique. Il peut occuper les positions stables suivantes :
  * « Marche » : le manipulateur est disposé en butée vers l'avant, cette position correspond à une pression de 5 bars à la CG.
  * « Serrage Gradué » : la dépression à la CG peut être réglée entre 0,5 bar (cran « DF » de première dépression) et 1,7 bar (cran « FF » de fin de freinage). Un cran intermédiaire permet d'obtenir une dépression de 1 bar.
  * La position, en butée vers l'arrière, correspond à une dépression d'environ 2 bars.
  * Une position, correspondant à une pression de 4,7 bars à la CG, permet au conducteur d'ajuster et de terminer les arrêts.

- QP(CG) : relais de pression de CG. Ce relais répercute dans la CG, les pressions déterminées par VE-MD-RB-FA.

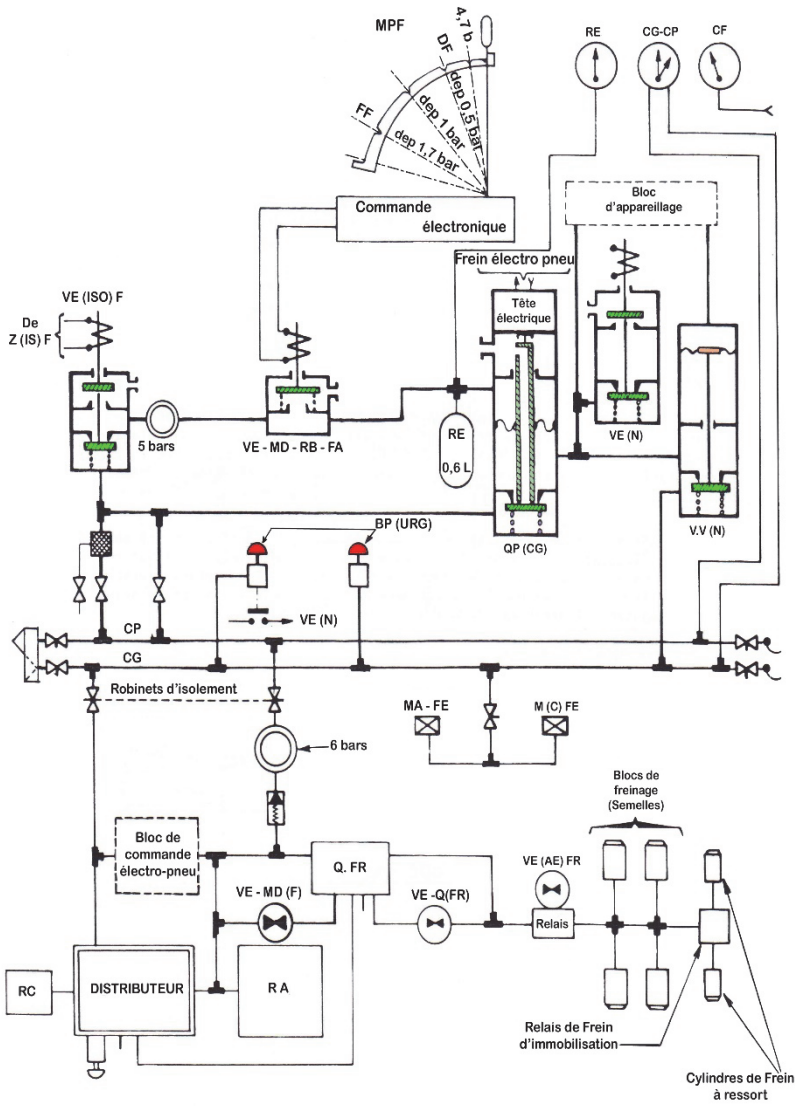
- VE(N) et VV(N) : électrovalve neutre et valve neutre. Cette électrovalve, excitée lorsque le commutateur Z(IS)F est placé en position « Neutre », permet d'interrompre par l'intermédiaire de VV(N) la communication entre la CG et le QP(CG). A noter que la commande du serrage reste possible par le MPF lorsque Z(IS)F est en position « Neutre ».

- BP(URG) : boutons poussoirs d'urgence. Ces deux boutons poussoirs permettent la vidange directe de la CG. De plus, celui situé à gauche du pupitre de conduite permet, lorsqu'il est enfoncé, l'excitation de VE(N) pour interdire l'alimentation de la CG par l'intermédiaire du MP(F), ainsi que la mise hors service de la commande FEP et s'accompagne de l'allumage de la lampe LS.FEP.

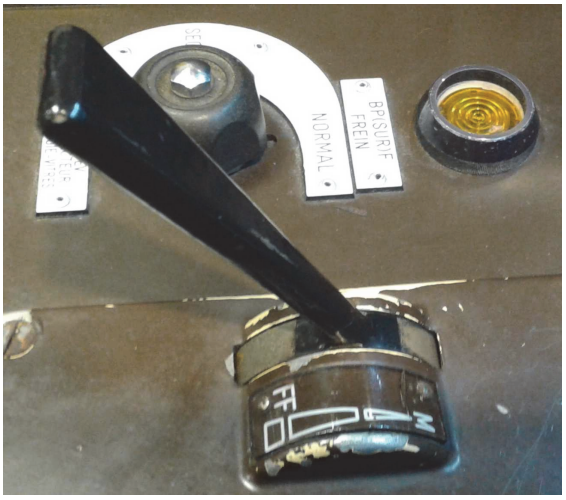
- La mise en action d'un signal d'alarme provoque l'allumage de la lampe de signalisation LT(AL).



Lampes de signalisation pupitre TGV PSE



Circuit pneumatique.



Manipulateur de freinage sur les TGV PSE.

La commande du FEP est assurée sur les bogies de la rame sauf ceux situés au-dessous des cabines de conduite. Cette commande nécessite notamment :

- Z(IS)FEP : interrupteur d'isolement de la commande électropneumatique du frein.
  Cette commande peut occuper deux positions :
  * « En Service » : pour permettre la commande électropneumatique du frein.
  * « Hors Service » : pour isoler la commande électropneumatique du frein.

- LS.FEP : lampe de signalisation de défaut du FEP. Cette lampe, lorsqu'elle est allumée, signale un défaut de FEP.

- Bloc de commande électropneumatique : ce bloc composé de deux électrovalves « Serrage » et « Desserrage » et d'un relais d'isolement, permet d'assurer la commande électropneumatique du frein, par l'intermédiaire de la tête électrique du relais QP(CG).

Mise en service :

Le manipulateur de frein MPF étant disposé en « Freinage à Fond », dès que le conducteur place Z(IS)F sur « Service », l'électrovalve VE(ISO)F est excitée et la commande électronique est mise sous tension. L'électrovalve VE-MD-RB-FA délivre alors une pression de 3 bars pour alimenter le RE et la partie haute du relais QP(CG). Le relais QP(CG) répercute cette pression dans la CG. Quand le conducteur place le MPF sur

« Marche », la commande électronique porte le courant d'excitation de VE-MD-RB-FA à sa valeur maximum, ce qui entraine une pression de 5 bars à la CG.

La mise en service du frein rhéostatique, à partir d'une dépression dans la CG, nécessite notamment sur chaque bogie moteur, les appareils suivants :

- MA.FE : manostat de freinage. Ce manostat commande la mise en service du frein rhéostatique lorsque la pression dans la CG devient inférieure à 4,7 bars ou lorsque la dépression dans la CG correspond à un freinage d'urgence.
- MA(C)FE : manostat de contrôle. Comme le manostat MA.FE, ce manostat ferme son contact lorsque la pression CG est inférieure à 4,7 bars. Il contrôle que la dépression dans la CG n'est pas due à une avarie du manostat de freinage MA.FE.

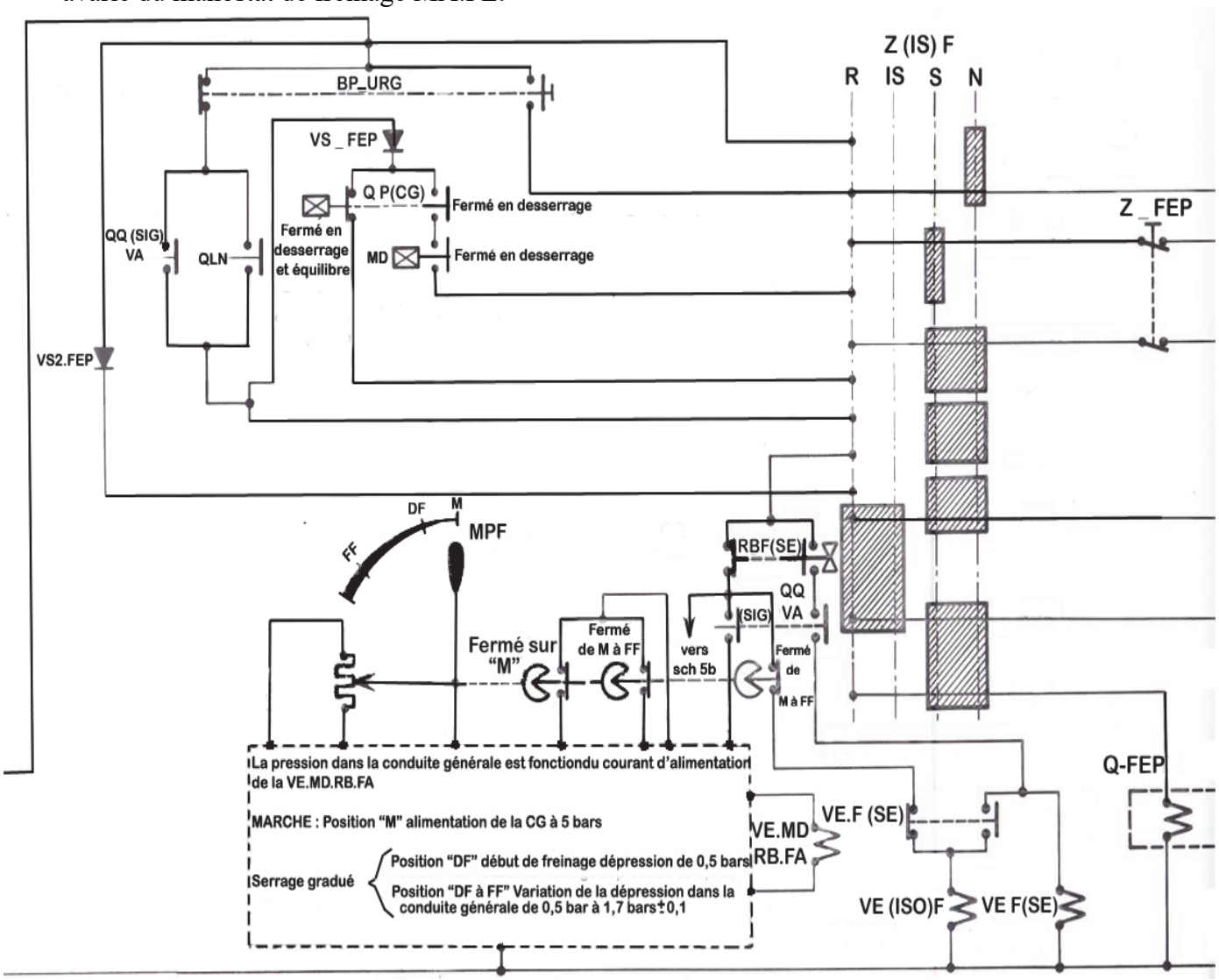


Schéma électrique de principe.

Commande de secours du robinet à commande électrique :

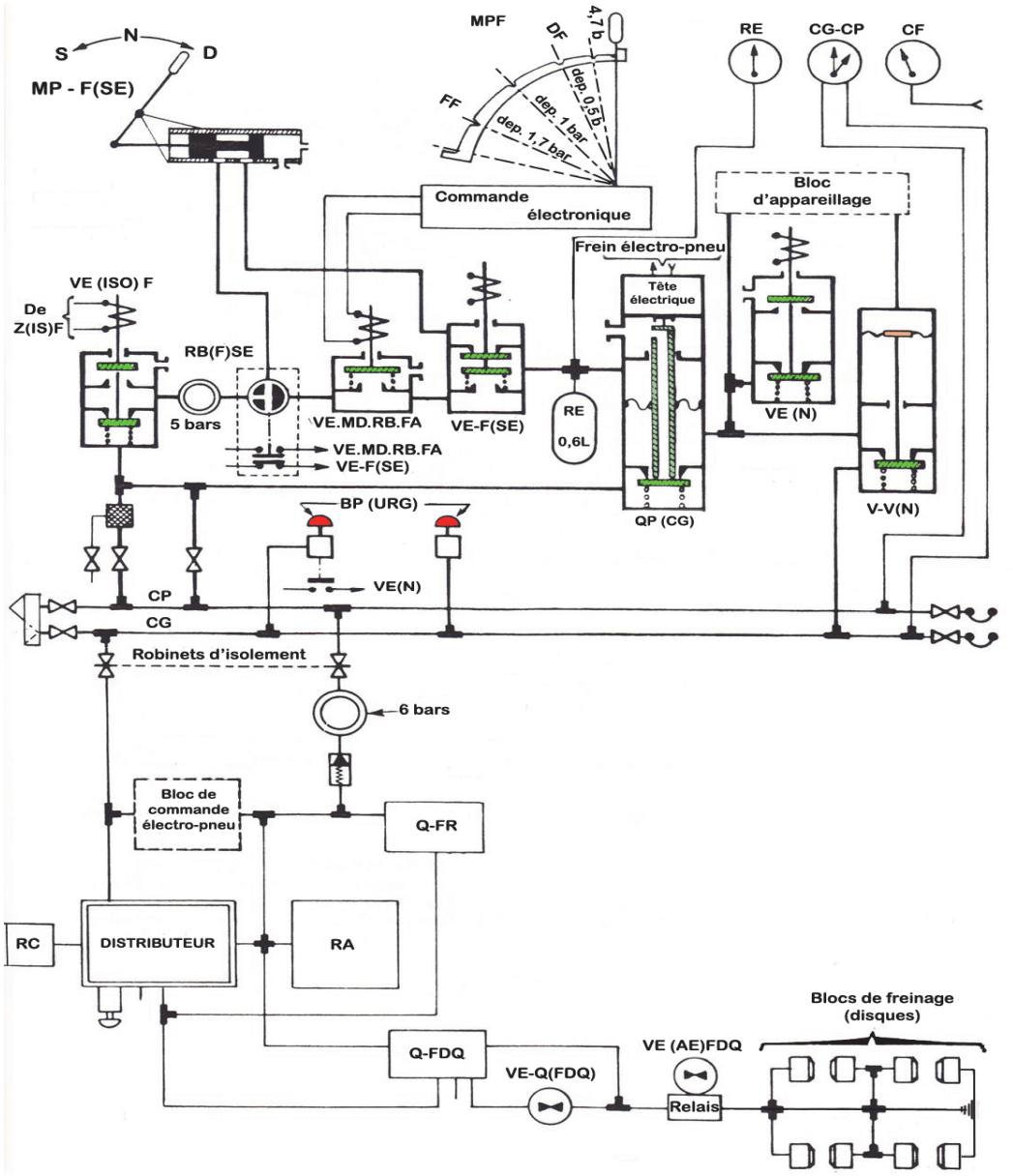
En cas d'anomalie de fonctionnement du robinet du mécanicien à commande électrique, la commande du frein continu automatique est possible à l'aide d'une commande de secours qui nécessite les appareils suivants :

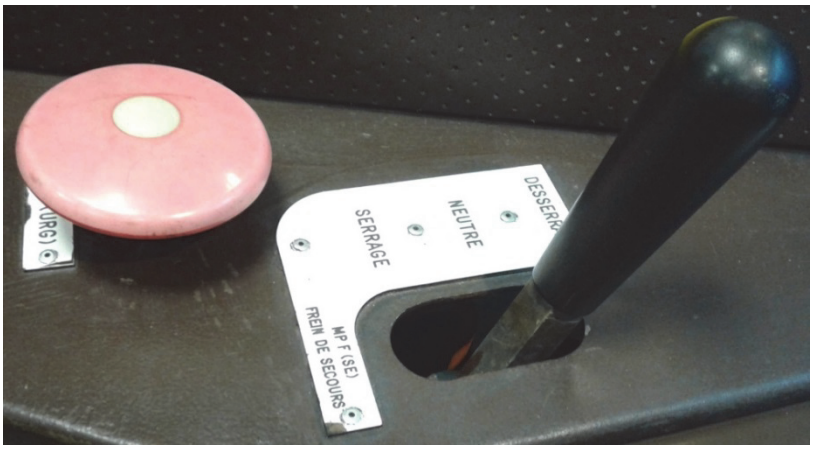
- VE.F(SE) : électrovalve de frein de secours. Lorsqu'elle est excitée, cette électrovalve permet l'alimentation du RE.

- RB(F)SE : robinet de secours du frein. Lorsqu'il est en position « Secours », ce robinet :
  * Permet l'alimentation du RE.
  * Interdit, par un de ses contacts, l'alimentation de VE-MD-RB-FA.
  * Permet, par un de ses contacts, l'alimentation de VE.F(SE).

- <u>MP F(SE)</u> : manipulateur de frein de secours : il peut occuper trois positions :
  * « Desserrage » : pour alimenter le RE à 5 bars.
  * « Serrage » : pour abaisser la pression du RE.
  * « Neutre » : pour interrompre les communications CP => RE et RE => atmosphère.

En commande de secours, le FEP continue à être assuré par la tête électrique du relais QP(CG).





MP F (SE) et le robinet d'arrêt d'urgence.

APPAREILS UTILISES POUR COMMANDER LE FREINAGE SUR LES AUTRES TYPES DE TGV :

Equipement de frein pneumatique des bogies moteurs :

Chaque bogie moteur est équipé :

- De quatre blocs de freinage (un par roue) munis de semelles en matériau fritté à haut coefficient de frottement.
- D'un frein immobilisation de stationnemnt à ressort intégré dans l'un des blocs de freinage.

L'équipement, réalisé sans distributeur comporte :

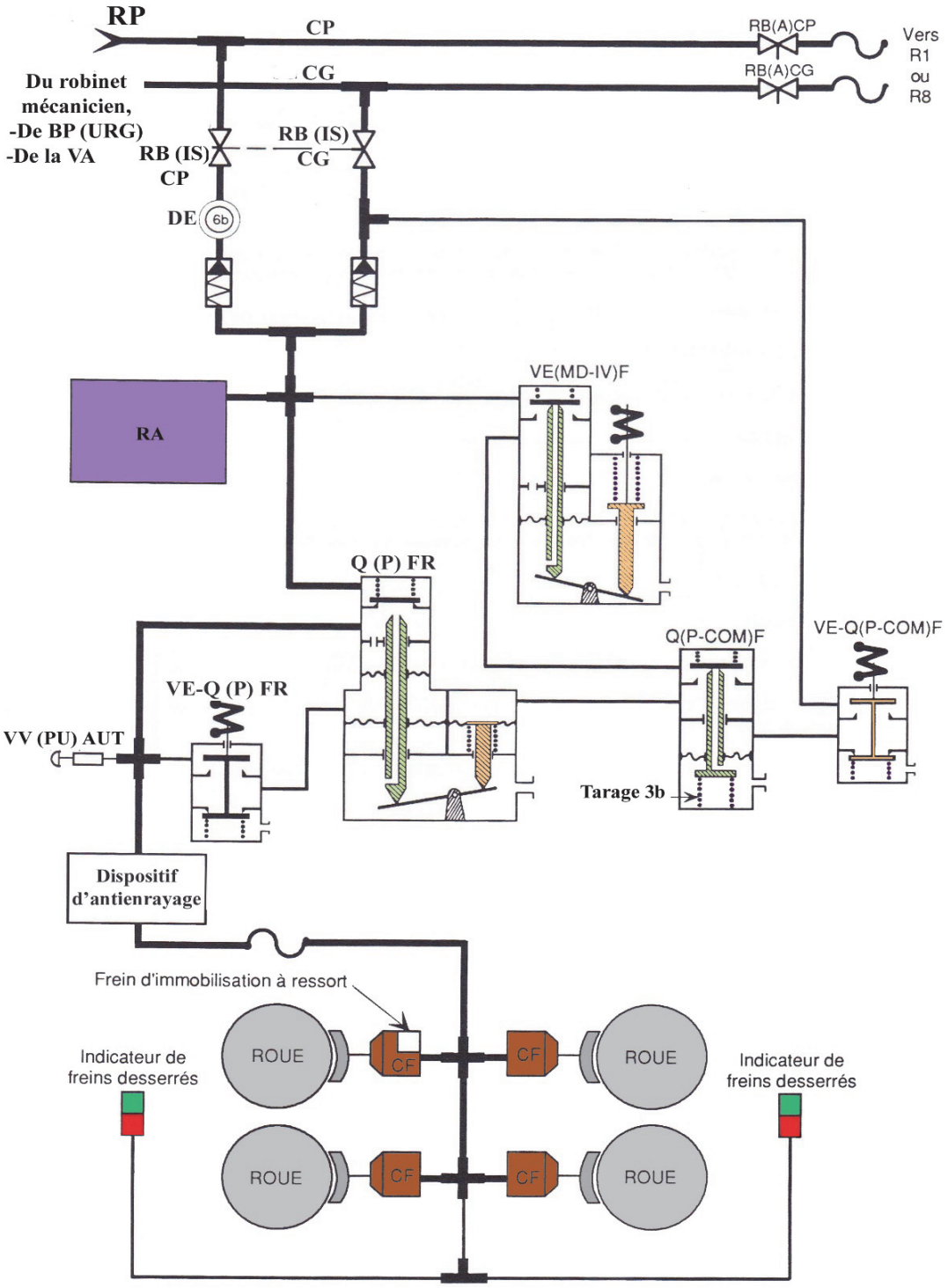
- Une électrovalve modérable inverse VE(MD-IV)F alimentée par la CP qui délivre une pression inversement proportionnelle au courant d'alimentation. Cette pression sert de référence au fonctionnement du relais Q(P)FR qui commande l'alimentation des CF à partir du RA ou de la CP.
- Ce relais Q(P)FR associé à une électrovalve VE-Q(P)FR qui permet d'obtenir deux niveaux de pression aux CF en fonction de la vitesse :
  * VE-Q(P)FR est excitée lorsque la vitesse est inférieure à 200 km/h (pression maximum aux CF de 3,6 bars).
  * VE-Q(P)FR est désexcitée lorsque la vitesse est supérieure à 200 km/h (pression maximum aux CF de 1,8 bar).
- Un relais de commutation Q(P-COM)F associé à une électrovalve VE-Q(P-COM)F qui permet de neutraliser l'alimentation des CF tant que la pression de la CG reste supérieure à 3 bars dans les cas suivants :
  * Isolement automatique du frein électrique.
  * Isolement du bloc moteur par Z(IS)M ou Q(IS)M.
  * Mise en véhicule.
  Lorsque la pression de la CG est abaissée à une pression inférieure à 3 bars , l'alimentation des CF est assurée à la pression maximale.

En marche normale, la VE-Q(P-COM)F est excitée, pour assurer la communication entre la VE(MD-IV)F et Q(P)FR.

Lorsque la conjugaison du freinage d'un bogie moteur est isolée, (VE-Q(P-COM)F désexcitée), le freinage pneumatique de service est rétabli à l'arrêt dans les conditions suivantes :

* S'il s'agit du BM1 de la motrice occupée :
  - Soit manette d'inversion sur «0 ».
  - Soit le FIEF en service.
* S'il s'agit d'un autre BM, manette d'inversion sur « 0 ».

- Un dispositif d'antienrayage.
- Deux robinets d'isolement RB(IS)CP et RB(IS)CG liés mécaniquement. Un contact électrique actionné par ces robinets provoque la coupure de l'alimentation de la VE(MD-IV)F entraînant le serrage des freins sur le bogie correspondant.
- Une valve de purge VV(PU)AUT permettant d'assurer la vidange complète des CF et RA (en cas d'isolement seulement) par action sur une tirette.



<u>Freinage conjugué</u> :

Lors de la commande d'un freinage, l'effort de retenue est obtenu sur les motrices par le seul frein électrique jusqu'à 70 km/h.

A partir de 70 km/h, l'effort retardateur engendré par le freinage rhéostatique (ou à récupération) diminue pour s'annuler aux environs de 10 Km/h. Pour compenser ce manque, un complément est assuré par le freinage pneumatique.

Pour ce faire, la VE(MD-IV)F est alimentée par un courant décroissant et délivre une pression au relai Q(P)FR permettant ainsi l'alimentation des CF (pression maximum de 3,8 bars).

En cas de détection d'enrayage, la pression est maintenue à un minimum de 0,4 bar.

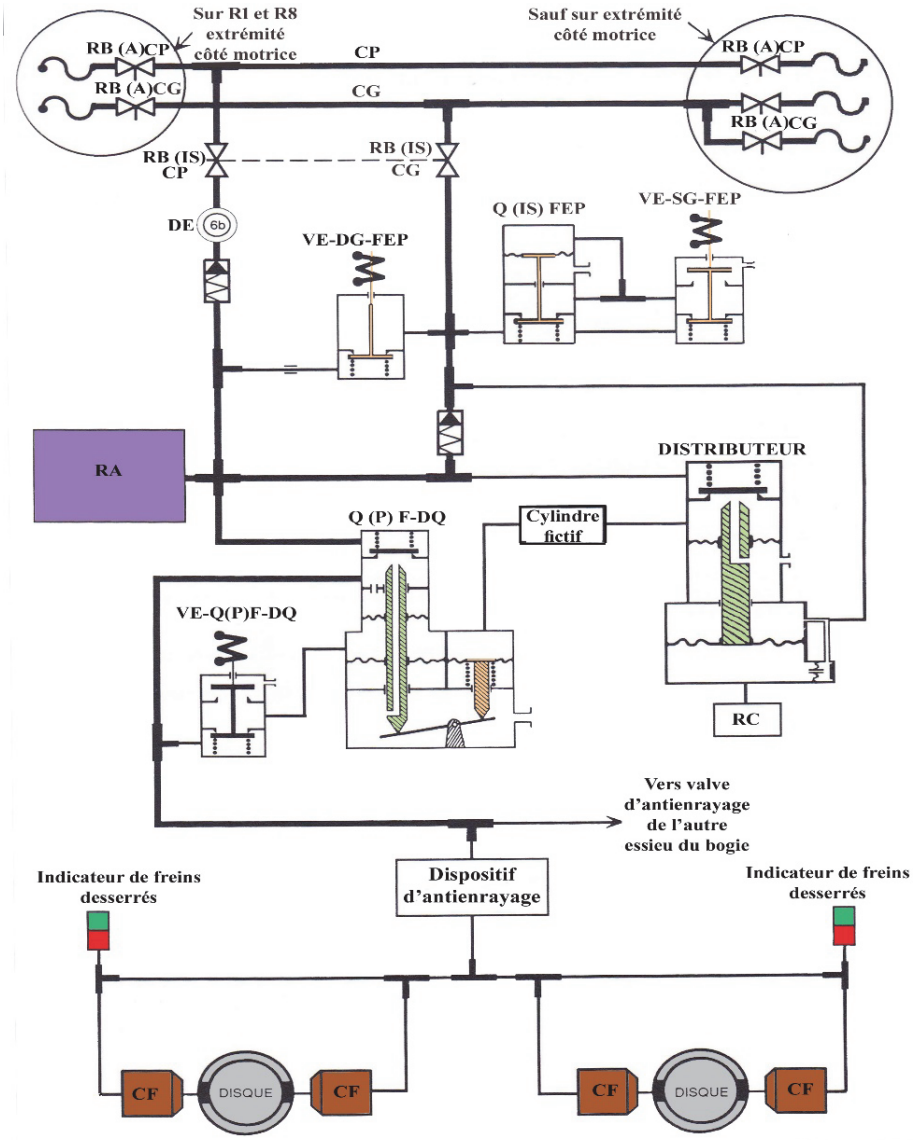
Equipement de frein pneumatique des bogies porteurs :

Chaque essieu comprend :

Deux doubles disques à haute puissance, non ventilés, en acier spécial sur lesquels agissent des garnitures en métal fritté commandées par deux CF.

Chaque bogie porteur comprend :

- Un distributeur.
- Un dispositif d'antienrayage commandé et contrôlé par l'ordinateur de la remorque.
- Un relais de débit Q(P)F-DQ associé à une électrovalve VE-Q(P)F-DQ qui permet d'obtenir deux étages de pression en fonction de la vitesse. Lorsque VE-Q(P)F-DQ est désexcitée, la pression dans les CF est maximale.
- Deux robinets d'isolement RB(IS)CP et RB(IS)CG liés mécaniquement (une seule commande).
- Un cylindre fictif.
- Un dispositif de commande FEP.
- Un détendeur d'alimentation du RA (6 bars).
- Quatre voyants indicateurs de frein desserré (deux de chaque côté).
- Particularité : la CG est équipée de deux robinets d'arrêt CG (conduite bifurquée) sauf aux extrémités des remorques R1 et R8 côté motrice.



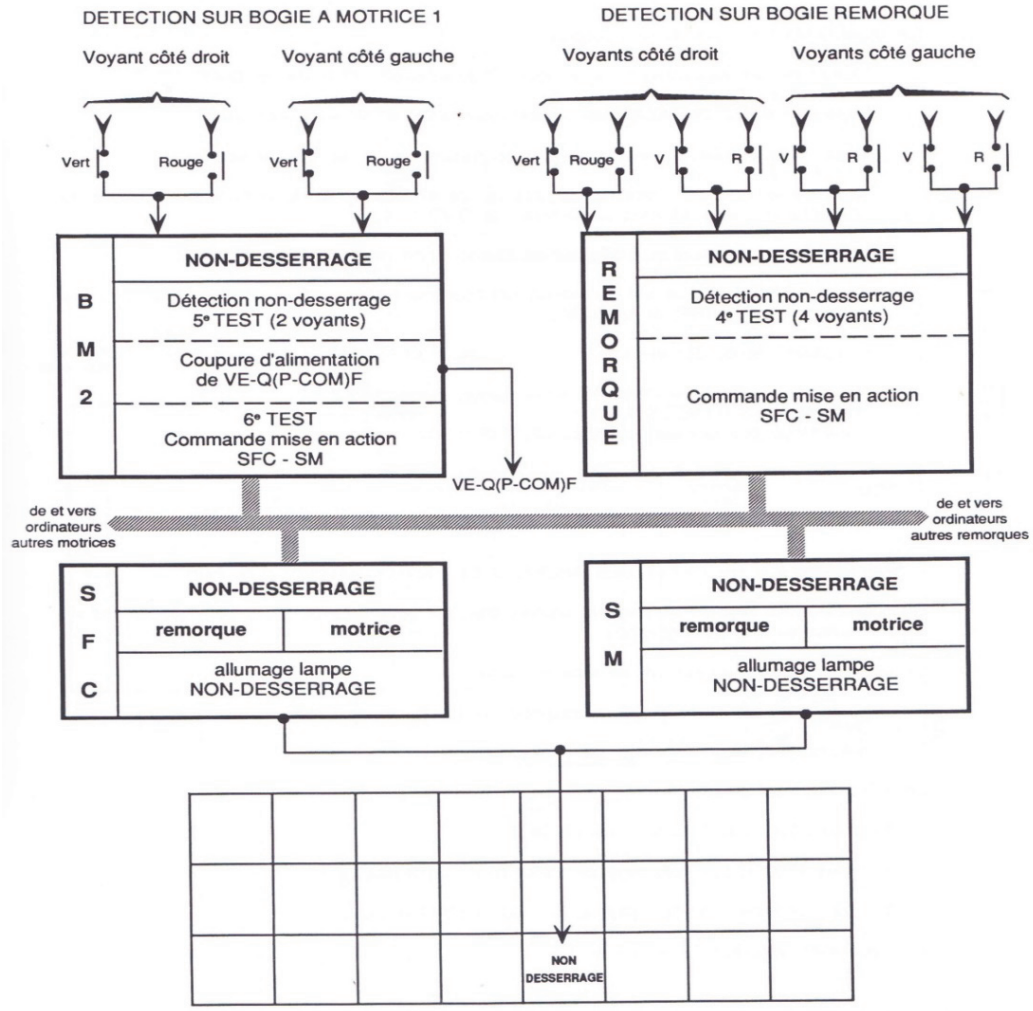
<u>Détection en ligne de non-desserrage</u> :

A titre préventif et afin de limiter les conséquences résultant d'un blocage, un contrôle du desserrage complet des freins en cours de circulation est effectué périodiquement. La détection est réalisée par les « indicateurs de frein desserrés ».

- <u>Sur les motrices</u> :
  Le contrôle du desserrage (test) est effectué toutes les dix secondes.
  La détection suppose trois conditions réalisées simultanément :
  * Le frein est réarmé.
  * V > 70 km/h, ou V > 10 km/h si le BM n'est pas dans une configuration de freinage demandé par le manipulateur MP(CO)I.
  * Les deux voyants d'un même bogie ne sont pas complètement sur « Desserré ».
  L'anomalie est traitée par l'ordinateur BM adjacent, le SFC et le BM :
  * Après un 5ème test « positif », la désexcitation d'une électrovalve de commutation pneumatique VE-Q(P-COM)F provoque la vidange des CF du bogie concerné.
  * Après un 6ème test « positif », une lampe de signalisation « Non Desserrage » LS(DF)ND s'allume au pupître.

- <u>Sur les remorques</u> :
  Le contrôle du desserrage est effectué toutes les quinze secondes.
  La détection suppose deux conditions réalisées simultanément :
  * Le frein est réarmé.
  * Les quatre voyants d'un même bogie ne sont pas tous complètement sur « Desserré ».

  L'anomalie est traité par l'ordinateur de remorque, le SFC et le SM.
  Après un 4ème test « positif », la lampe LS(DF)ND s'allume au pupitre.



<u>Dispositifs utilisés pour commander le freinage</u> :

<u>Chaque cabine est équipée</u> :

- D'un robinet de mécanicien à commande électrique du type « élément automoteur » qui assure les fonctions :
  * Marche.
  * Surcharge.
  * Serrage.
  * Desserrage.
  * Neutre.
  * Serrage en Neutre.

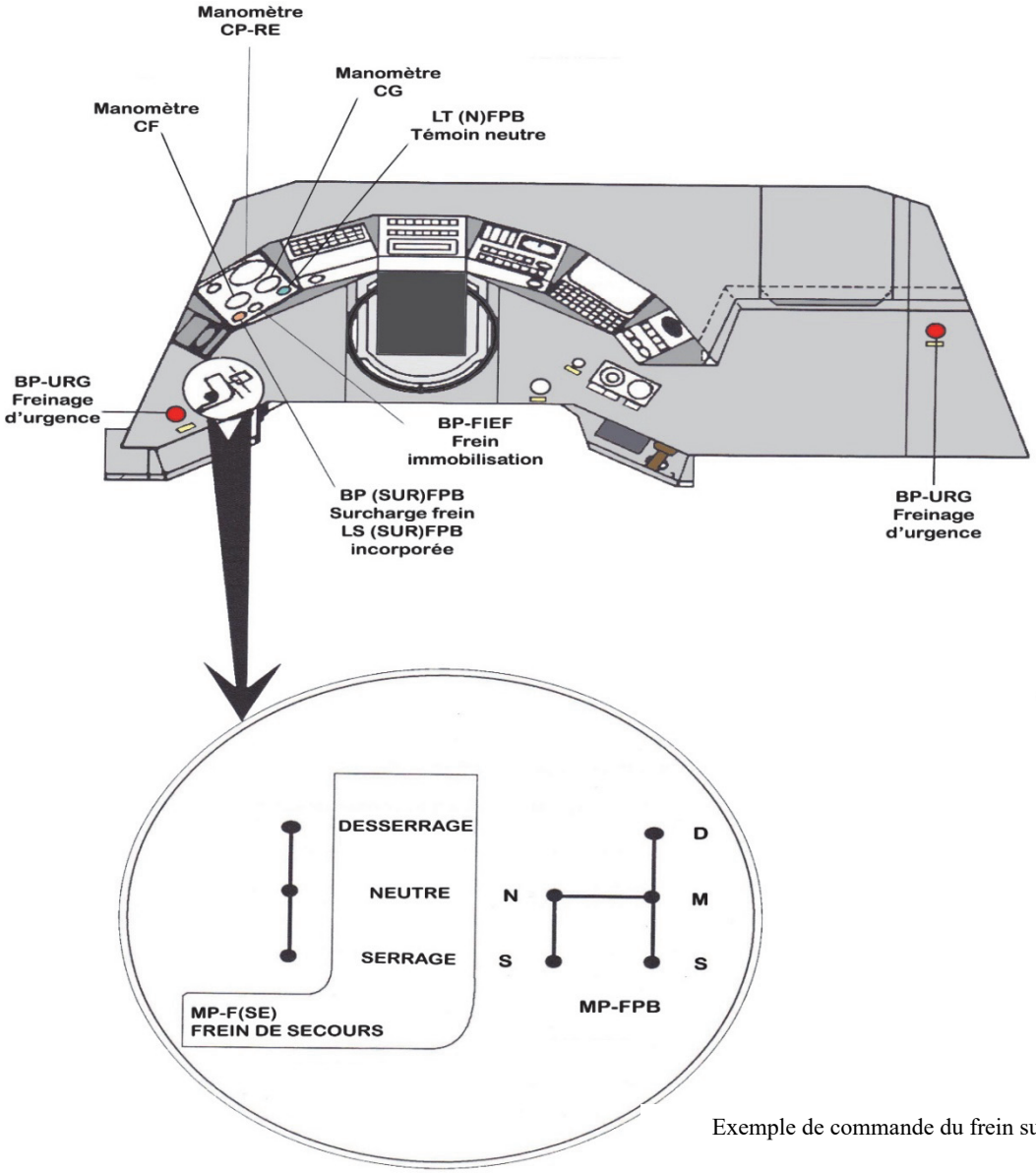
Il permet la commande FEP du frein.

* La commande de ce robinet est assurée par un manipulateur à impulsions MP-FPB qui comporte une position « Neutre » stable à gauche permettant un serrage (mais pas le desserrage), cette position est rappelée par l'allumage d'une lampe LT(N)FPB.

- Un bouton poussoir de « Surcharge » BP(SUR)FPB avec lampe témoin incorporée.

La mise en service et l'isolement sont assurés par la boîte à levier (ce robinet ne comporte pas de commutateur d'isolement).

- Deux valves d'urgence BP-URG de type « coup de poing » permettant la vidange rapide de la CG et l'isolement de la partie pneumatique (par excitation de VE-N).
- D'un dispositif de commande de secours du frein MP-F(SE).

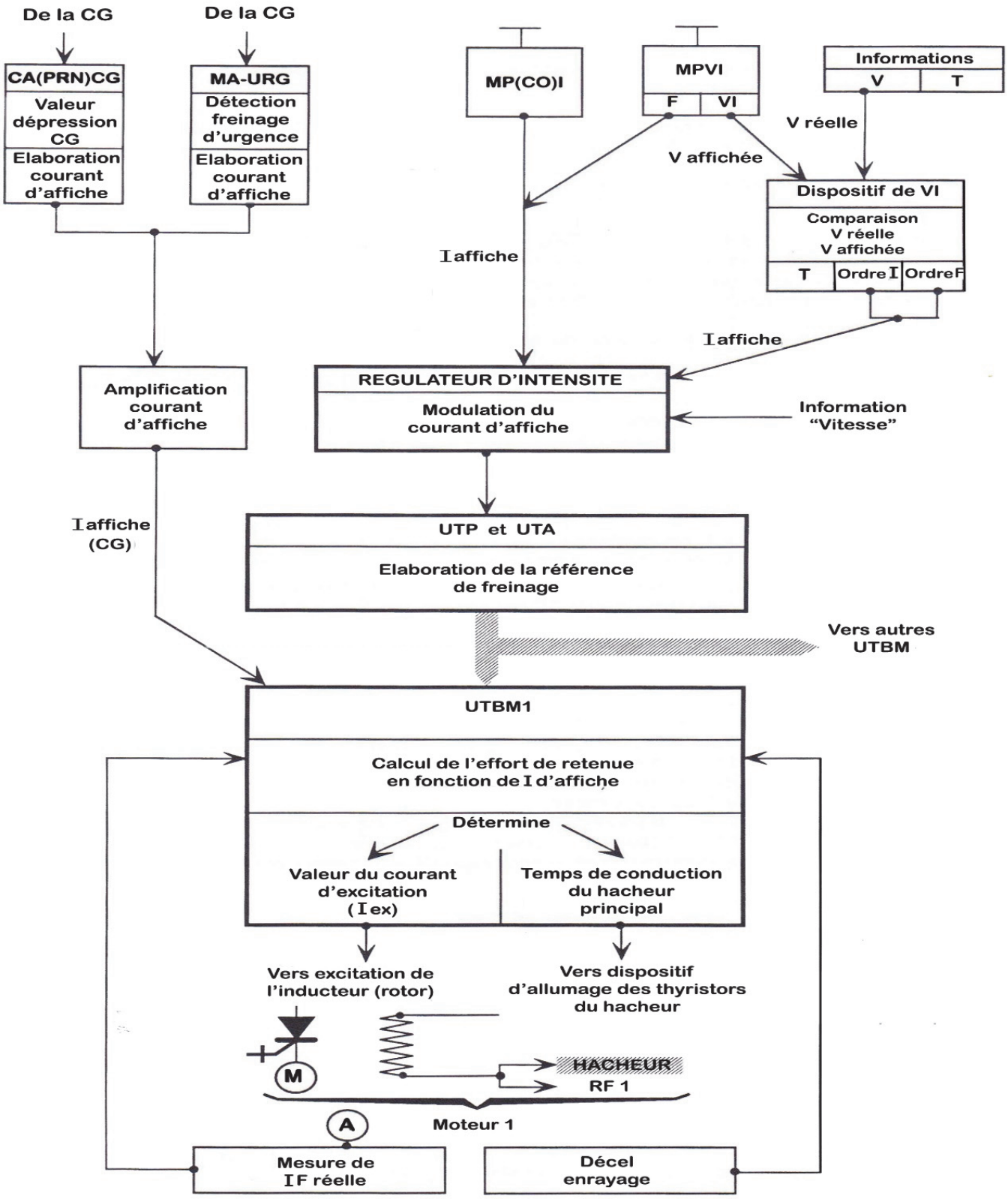


Exemple de commande du frein sur TGV R

Commande du freinage électrique sur les motrices :

Le freinage rhéostatique (ou à récupération) est mis en service :

- Soit automatiquement par une dépression dans la CG quelque soit le dispositif utilisé (robinet du mécanicien, BP-URG ou fonctionnement d'une sécurité…..)
- Soit par le dispositif de « Vitesse imposée »
- Soit manuellement, MP-VI est disposé sur « F » et le manipulateur de traction (MP(CO)I est disposé sur la plage d'effort maximal souhaité.



Commande du freinage pneumatique des motrices :

Les dispositifs de commande (dépression CG, MP(CO)I ou dispositif de VI) déterminent l'effort de retenue souhaité. L'effort de retenue par le freinage électrique est mesuré, s'il est insuffisant, l'UTBM (Unité de Traitement Bloc Moteur) délivre une information de commande de freinage pneumatique vers la VE(MD-IV)F. Cette information est corrigée en fonction de la vitesse (V >200 km/h) en agissant sur la VE-Q(P)FR

Lors d'un décel d'enrayage, le dispositif d'antienrayage réduit l'effort de frein pneumatique en provoquant une diminution de la pression dans les CF.

Conditions de mise en service du seul frein pneumatique sur les motrices :

La mise en service du seul frein pneumatique est effective lorsque les conditions suivantes sont réalisées simultanément :

- Dépression de la CG > 2 bars.
- Bloc moteur non en service.
- Elément en véhicule. La pression maximale obtenue aux CF est limitée à environ 1,8 bar, la VE-Q(P)FR étant désexcitée. Des règles particulières de conduite sont prévues.

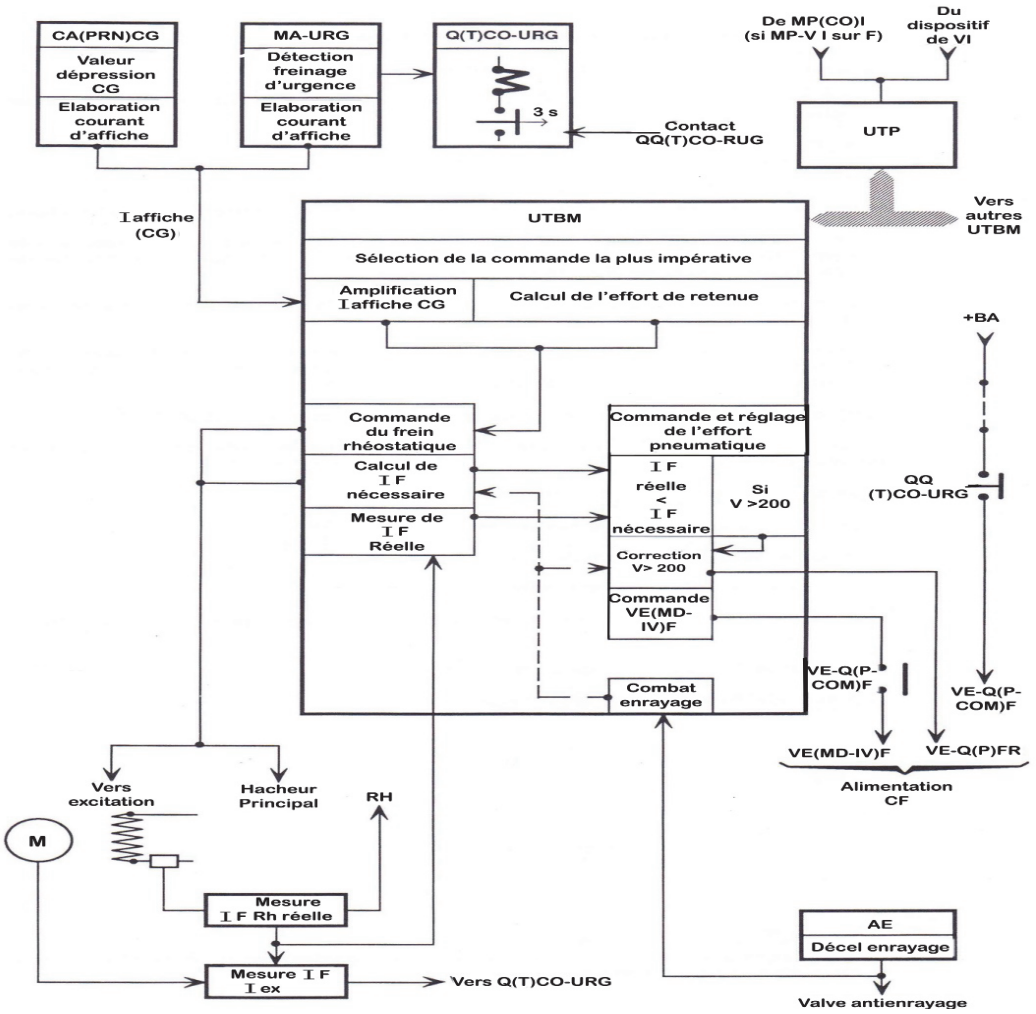
Freinage conjugué sur les motrices :

Le principe du freinage réside dans la conjugaison totale des freins électrique et pneumatique.

Un courant d'affiche est alors délivré à l'ordinateur BM qui assure :

- La sélection de la commande la plus impérative. Dans le cas d'une commande par la CG, le courant d'affiche est amplifié de façon à obtenir l'effort de retenue maximum du freinage électrique pour une dépression de 0,8 bar.
- La mise en service du freinage électrique par :
  * C-EX 1 et 2 si le courant d'excitation est fourni par les H-AUX, disjoncteurs fermés.
  * C-BA-EX si le courant d'excitation est fourni par les batteries BA-EX, disjoncteurs ouverts.
- L'élaboration de l'effort de retenue nécessaire.
- La commande de la mise en action du freinage électrique.
- Le calcul de l'intensité de freinage (If nécessaire).
- La comparaison entre If nécessaire et If réelle :
  * Dans le cas où If réelle < If nécessaire, l'UTBM commande la mise en service du complément pneumatique en envoyant une information vers VE(MD-IV)F, information corrigée si :
    * V > 200 km/h.
    * Décel d'enrayage.

Par ailleurs, lorsque le vitesse est inférieure à 70 km/h, l'insuffisance du freinage électrique est compensée par un complément de freinage pneumatique.



<u>Particularités de la fonction « Surcharge »</u> :

La fonction « Surcharge » ne peut être utilisée que :

- Lors de l'essai de frein, suite à test de non desserrage sur instructions données par l'écran de cabine (SIAC : Système Informatique d'Aide à la Conduite).
- En application du guide de dépannage.

La réalisation de cette fonction nécessite notamment :

- Une électrovalve de surcharge VE(SUR)FPB. Elle permet l'alimentation de la CG à 5,4 bars.
- Une valve d'élimination linéaire de la surcharge VV(ECH)SUR incorporée au robinet. Elle permet l'élimination progressive et régulière de la pression de 5,4 à 5 bars entre 180 et 210 secondes.

La mise en service est obtenue par appui par le conducteur sur BP(SUR)FPB (excitation de VE(SUR)FPB mais la surcharge n'est active que sur « autorisation » de l'UTP (Unité de Traitement Principal) ayant reçu l'information de MD(PD)REARM (allumage de LS(SUR)FPB).

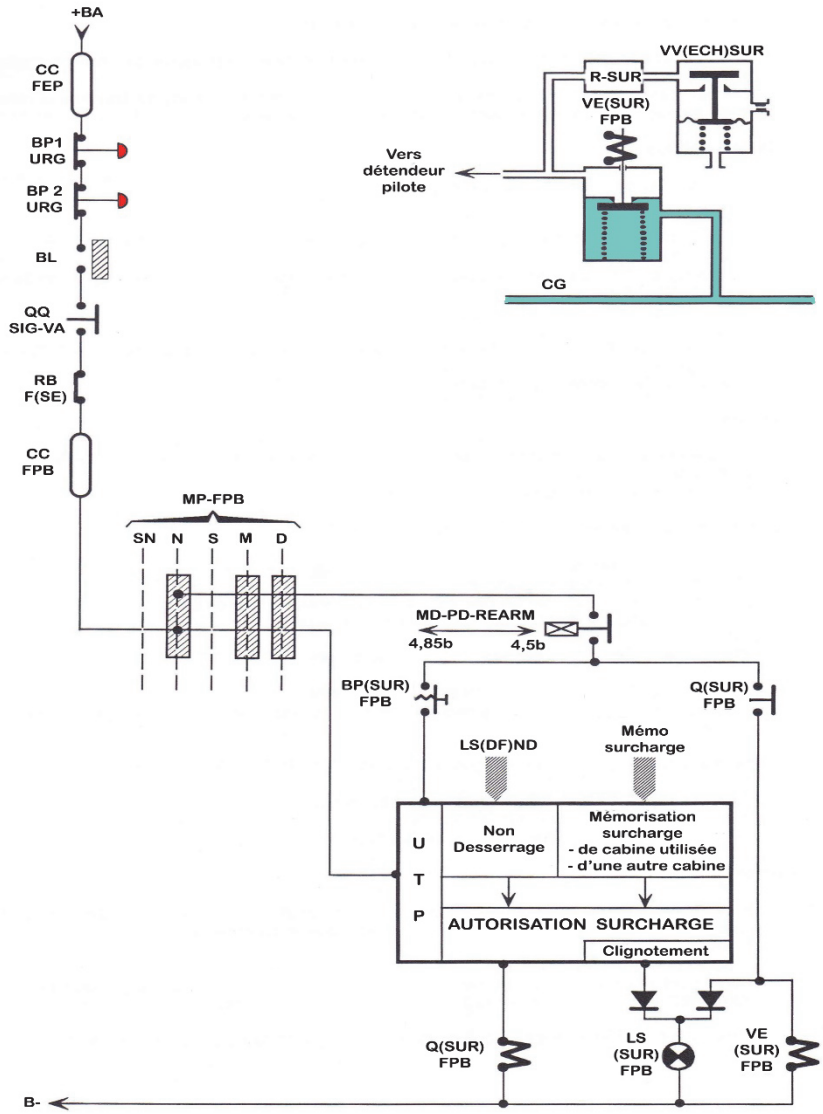
L'arrêt de la « Surcharge » est commandé par un nouvel appui sur BP(SUR)FPB.

Si dans un délai inférieur à quatre minutes après avoir commandé l'arrêt de la surcharge, le conducteur effectue :

- Un serrage (dépression de la CG, isolement du poste de conduite).
- Une mise sur « Neutre » du manipulateur de frein MP-FPB.
- La coupe des deux élements en UM (Unité Multiple).
- La mise en UM avec un autre élément.

Dès que le frein est réarmé, la surcharge est visualisée par le clignotement de LS(SUR)FPB. Cette signalisation est mémorisée (mémoire sauvegardée) par l'UTP de chacune des cabines (2 en US ou 4 en UM). Il y a lieu de :

- Commander la mise en service de la surcharge.
- Commander l'élimination de la surcharge.



<u>Commande électropneumatique (FEP)</u> :

Cette commande, en service en permanence sur l'élément, n'est active que sur les bogies porteurs. Elle est réalisée par l'intermédiaire d'une ligne de train (circuits filaires) qui traverse la rame et les attelages automatiques lors d'une utilisation de deux éléments en UM.

<u>En cas d'anomalie</u> (coupure de la ligne de serrage, fusion de CC-FEP, CC-FPB), il y aura serrage et allumage de LS-FEP.

<u>En cas d'anomalie de fonctionnement</u>, le conducteur peut être conduit lors du dépannage à placer l'interrupteur Z(IS)FEP sur « Isolé ». Cette opération provoque :

- La vidange de la CG.
- L'allumage de la lampe LS-FEP.
- L'isolement automatique du FEP de chaque véhicule par fermeture des relais pneumatiques Q(IS)FEP après vidange complète de la CG.

Le frein peut alors être utilisé en commande normale sans FEP.

<u>Commande de secours du frein</u> :

Lors d'une anomalie de la commande électrique du robinet du mécanicien, le frein peut être utlisé grâce à un dispositif comprenant :

- Un manipilateur de frein de secours MP-F(SE) à trois positions :
  * Desserrage.
  * Neutre.
  * Serrage.

- Un robinet de commutation RB-F(SE) qui entraîne :
  * La liaison RE => MP-F(SE).
  * L'interruption de l'alimentation du MP-FPB.
  L'excitation permanente de Q(SG)FEP pour permettre lors d'un serrage par BP-URG la commande EP (la lampe LS-FEP est éteinte).
- Un interrupteur Z-N(SE) commandant sur la position « Secours » l'excitation de la VE-N. Il permet de vérifier l'étanchéité de la CG. La lampe LT(N)FPB s'allume lors de l'utilisation de cette fonction.

ESSAIS DES FREINS DES ENGINS MOTEURS :

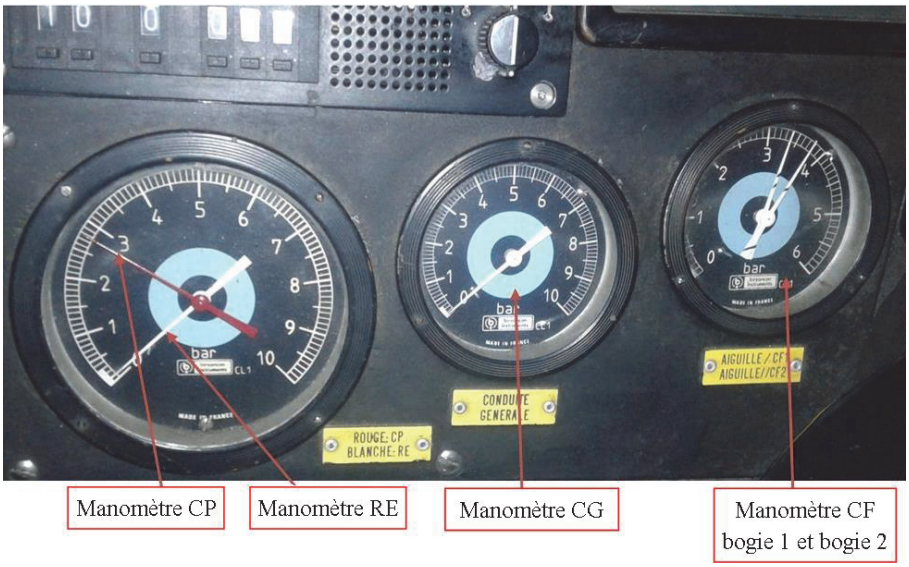
Les conducteurs doivent lors de la préparation (appelée PC pour « Préparation Courante ») de leur engin moteur avant de sortir d'un dépôt assurer la mise en service et les essais du frein de la locomotive.

Engins équipés du PBL 2 :

Pour disposer les organes de commande du frein sur la fonction « Marche », le conducteur :
- S'assure que la pression de la CG est à zéro.
- Commande la fonction « Marche » (mise en service du pupitre frein à l'aide de la clef amovible placée en position « Service »).
- Contrôle que les pressions RE et CG d'établissent aux environs de 3 bars.
- Appuie une seconde sur le bouton « Grand Débit ».
- S'assure que la pression de la CG s'établit à 5 bars.

Pour effectuer les essais et vérifications du frein, le conducteur :
- Vérifie l'étanchéité du RP et de la CG : la pression du RP étant stabilisée à la pression de régime, il commande la fonction « Neutre » et observe les manomètres CP et CG pendant une minute.
  Les fuites ne doivent pas excéder : RP : 0,150 bar/mn et CG : 0,3 bar/mn.
- Commande la fonction « Marche ».
- Contrôle le fonctionnement du frein automatique :
  * Effectue une dépression de 0,8 bar dans la CG et observe le manomètre CF (montée de pression).
  * Vérifie l'étanchéité du RE, les variations de pression (montée ou descente) ne doivent pas excéder 0,150 bar/mn.
  * Alimenter la CG à 5 bars et observe le manomètre CF (baisse de pression vers 0).
- Contrôle le fonctionnement du frein direct au serrage et desserrage par observation du manomètre CF.
- Contrôle le fonctionnement du bouton poussoir d'urgence en s'assurant de la vidange complète du RE et de la CG.
- Vérifie le fonctionnement du robinet d'urgence en observant les manomètres CG et CF.

Si le conducteur doit assurer un train avec l'utilisation du FEP (train V 160, V 200), il doit effectuer en plus les vérifications et essais nécessaires avant la remorque du train :
- Dispose l'interrupteur Z(IS)FEP sur la position « Service ».
- S'assure que cette manœuvre provoque :
  * L'allumage du pictogramme FEP au boîtier de signalisation.
  * La mise à l'atmosphère de la CG.
- Appuie sur le bouton « Réarmement »
- S'assure que cette manœuvre :
  * Eteint le pictogramme FEP au boîtier de signalisation.
  * Arrête la vidange de la CG.
- Réalimente si nécessaire la CG à 5 bars.
- L'essai est alors satisfaisant. Le conducteur place l'interrupteur Z(IS)FEP sur « Hors Service ».



<u>Autres engins équipés du H7A</u> :

Pour disposer les organes de commande du frein sur la position « Marche », le conducteur :

- Place la poignée du H7A sur la position III : « Marche ».
- S'assure que la pression de 5 bars s'établit dans la CG.
- Vérifie l'étanchéité du RP et de la CG, la pression RP étant stabilisée à la pression de régime, il place la poignée du robinet H7A sur « Neutre », position IV, et observe les manomètres CP et CG pendant une minute.
  Les fuites ne doivent pas excéder : RP : 0,150 bar/mn et CG : 0,3 bar/mn.
- Contrôle le fonctionnement du frein automatique :
  * Effectue une dépression de 0,8 bar dans la CG et observe le manomètre CF (montée de pression).
  * Alimente la CG à 5 bars et observe le manomètre CF, (baisse de pression vers 0).
- Contrôle le fonctionnement du frein direct au serrage et desserrage par observation du manomètre CF.
- Contrôle le fonctionnement du robinet d'urgence en observant les manomètres CG et CF.

<u>ESSAIS DES FREINS A LA MISE EN TETE SUR UN TRAIN :</u>

Avant le départ d'un train du lieu de formation (gare, triage, établissement particulier,…), il doit être procédé à un essai complet du frein continu.

Toutefois, s'il s'agit :

- De la réutilisation d'un train sur lequel le frein continu fonctionnait effectivement :
  * Moins de 8 heures auparavant pour les trains de voyageurs ou assimilés
  * Moins de 24 heures auparavant pour les autres trains.
  Il suffit de procéder, lors de la mise en tête de l'engin moteur de remorque, à un essai de continuité.

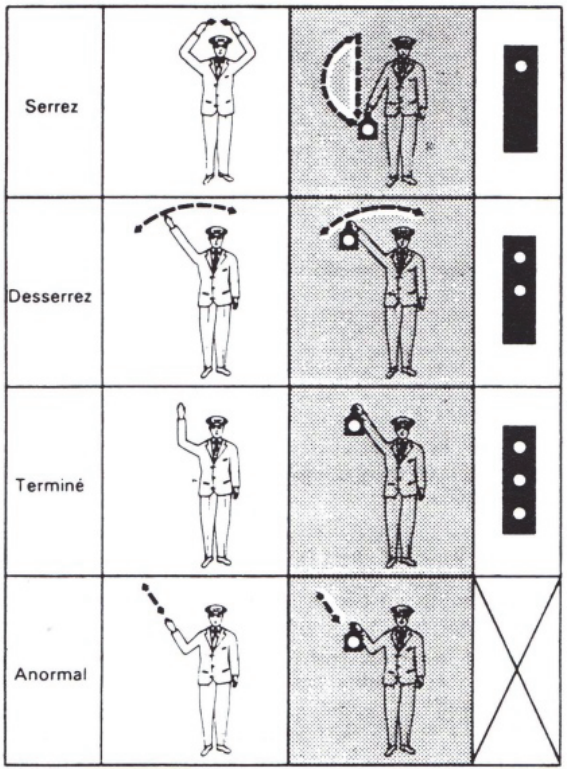
En cas de réutilisation, dans un délai n'excédant pas 2 heures, de la rame d'un train sur lequel le frein continu fonctionnait effectivement, il suffit de procéder à un essai de raccordement. Aucun essai n'est cependant nécessaire si la rame est utilisée avec son engin moteur, dans le même délai, sans modification ou seulement après retrait de véhicules en queue ; avisé par l'agent formation, le conduteur doit alors, avant le départ, s'assurer du fonctionnement de l'équipement de frein par l'observation des manomètres de la cabine qu'il occupe en effectuant un serrage suivi d'un desserrage.

Le conducteur est avisé de la nature de l'essai de frein par l'agent formation.

Il peut s'agir :

- D'un essai de « Raccordement ».
- D'un essai de « Continuité ».
- D'un essai « Partiel ».
- D'un essai « Complet ».

Lorsque les ordres ou avis échangés entre les différents agents qui participent à l'exécution d'un essai de frein ne peuvent être verbalement, les signaux conventionnels ou moyens de correspondance indiqués ci-dessous sont utilisés.



Le conducteur, dans tous les types d'essais, vérifie l'étanchéité de la CG. Cette vérification peut s'effectuer sans attendre l'élimination de la surcharge (avec un robinet à commande électrique, le conducteur attend au moins 10 secondes après l'ouverture de l'interrupteur de « Surcharge »).

L'étanchéité est satisfaisante lorsque la pression reste stable. En cas de doute, le conducteur observe le manomètre CG pendant une minute. Si la chute de pression n'excède pas 0,300 bar l'étanchéité est satisfaisante. Dans le cas contraire, le conducteur en informe l'agent formation.

Le conducteur effectue ensuite une dépression de 0,800 bar dans la CG, puis place le robinet de frein sur « Neutre » (position IV sur le robinet H7A).

Essai de « Raccordement » :

L'essai de « Raccordement » consiste à vérifier le rétablissement de la continuité de la CG, en s'assurant du bon fonctionnement au serrage, puis au desserrage, des freins du premier véhicule freiné situé en arrière du point de raccordement par rapport à la locomotive de remorque.

Modalités d'exécution :

- L'agent formation (qui se trouve à la hauteur du premier véhicule) donne l'ordre au conducteur sous la forme « Serrer » de provoquer, dès qu'il sera prêt, le serrage des freins.
- Le conducteur provoque le desserrage dès réception de l'ordre « Desserrez ».
- Le conducteur est informé que l'essai est terminé, sous la forme « Terminé ».

Essai de « Continuité » :

Il est procédé à un essai de « Continuité » en cas de :

- D'adjonction d'une machine de pousse attelée à la CG.
- De retrait à un train d'un ou plusieurs véhicules placés dans le corps du train, c'est-à-dire ni en tête, ni en queue.
- Toutes les fois que, au cours d'un arrêt dans une gare, il a été nécessaire d'interrompre la continuité de la CG.

Modalités d'exécution :

- L'agent formation vérifie le serrage des freins du dernier véhicule du train ; si cette vérification a été satisfaisante, il donne l'ordre au conducteur de « Desserrer » en provoquant la vidange complète de la CG.
- Le conducteur constate sur le manomètre CG que la pression CG tombe à zéro et provoque le desserrage des freins.
- L'agent formation vérifie le desserrage des freins du dernier véhicule et indique au conducteur, sous la forme « Terminé », que l'essai est terminé.

Essai « Partiel » :

Il doit être procédé à un essai « Partiel », portant sur le ou les véhicules ajoutés, en cas d'adjonction à un train de un ou plusieurs véhicules sur lesquels le frein continu est en action.

Afin de vérifier la continuité de la CG, l'essai partiel doit également porter sur le dernier véhicule du train.

Modalités d'exécution :

- L'agent formation se dirige vers la queue du train en vérifiant le serrage du ou des véhicules freinés ajoutés au train et du dernier véhicule freiné du train. Si cette vérification a été satisfaisante, l'agent formation donne au conducteur l'ordre de « Desserrer » en provoquant la vidange complète de la CG.
- Le conducteur constate sur le manomètre CG que la pression CG tombe à zéro et provoque le desserrage des freins.
- L'agent formation, dès qu'il constate le desserrage des freins du dernier véhicule freiné du train, se dirige vers la tête du train en vérifiant le desserrage du ou des véhicules ajoutés.
- Si cette vérification a été satisfaisante, il indique au conducteur, sous la forme « Terminé » que l'essai est terminé.

Essai « Complet » :

L'essai « Complet », consiste à vérifier le bon fonctionnement au serrage, puis au desserrage, des freins de tous les véhicules sur lesquels le frein continu est en action, ainsi que la continuité de la CG.

Modalités d'exécution :

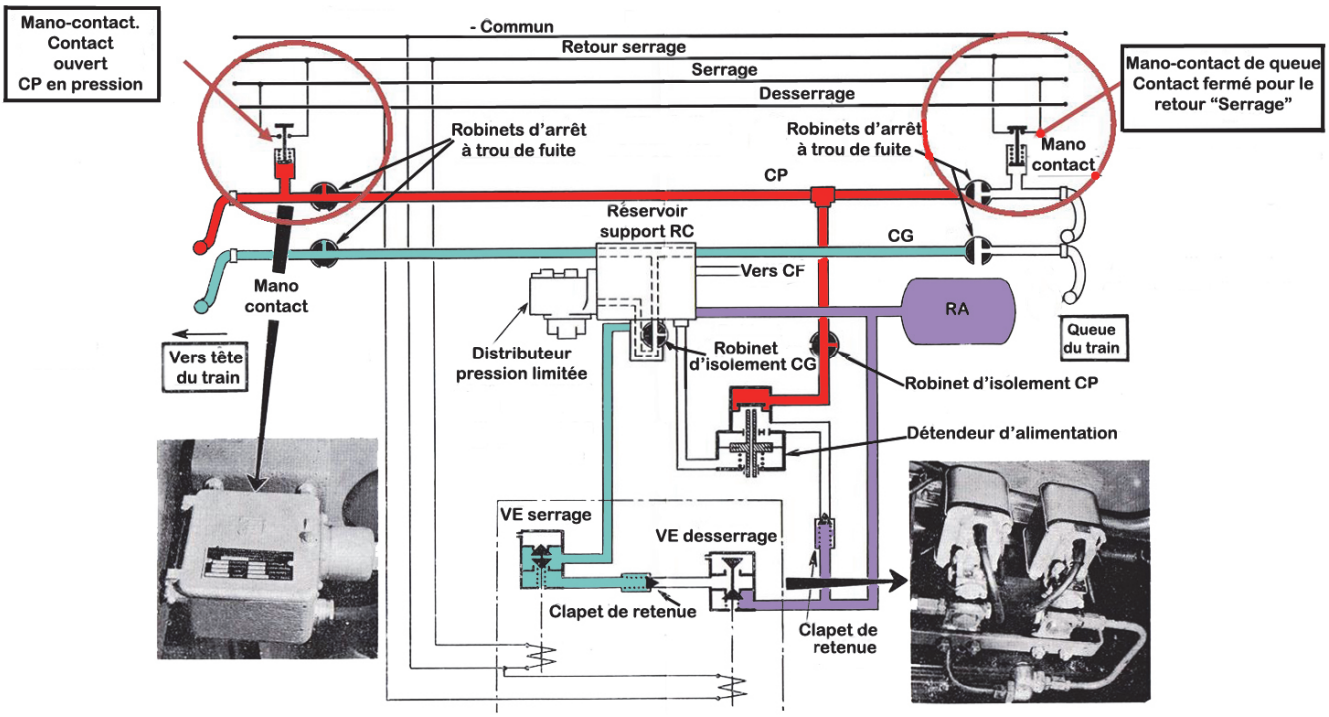
- L'agent formation se dirige vers la queue du train en vérifiant le serrage de tous les véhicules sur lesquels le frein continu est en action. Arrivé en queue et si cette vérification a été satisfaisante, l'agent formation donne au conducteur l'ordre de « Desserrer » en provoquant la vidange complète de la CG.
- Le conducteur constate sur le manomètre CG que la pression CG tombe à zéro et provoque le desserrage des freins.
- L'agent formation, dès qu'il constate le desserrage des freins du dernier véhicule freiné du train, se dirige vers la tête du train en vérifiant le desserrage de tous les véhicules.
- Si cette vérification a été satisfaisante, il indique au conducteur, sous la forme « Terminé » que l'essai est terminé.

Essai des freins sur un train avec le FEP en service :

Il est effectué au minimum un essai de « Continuité », l'essai « Partiel » ne se fait pas lorsque le FEP est mis en service.

Modalités d'exécution :

L'agent formation doit, avant d'ouvrir le robinet CG en queue du train, ouvrir le robinet CP et vérifier que l'air s'échappe de façon nette et continue pour vérifier la continuité de la CP. En effet le retour de la ligne électrique « Serrage » passe par un mano-contact situé sur la CP du dernier véhicule, après le dernier robinet d'arrêt en position de fermeture.



- L'agent formation (après la vérification de la continuité de la CP) vérifie le serrage des freins du dernier véhicule du train ; si cette vérification a été satisfaisante, il donne l'ordre au conducteur de « Desserrer » en provoquant la vidange complète de la CG.

- Le conducteur :
  * Constate sur le manomètre CG que la pression CG tombe à zéro.
  * Dispose l'interrupteur Z(IS)FEP sur la position « Service » en appuyant en même temps sur le bouton « Réarmement ».
  * Alimente la CG à 4 bars, en « Desserrage gradué », à l'aide du manipulateur du frein automatique.
  * Effectue l'essai de la commande FEP en réalisant un « Serrage gradué » correspondant à une dépression de 0,800 bar.
  * Desserre les freins.

- L'agent formation vérifie le desserrage des freins du dernier véhicule et indique au conducteur, sous la forme « Terminé », que l'essai est terminé.

ESSAI DES FREINS SUR LES TGV :

Vérifications préalables :

Le conducteur vérifie :
- Le remplissage des RP à la pression de régime.
- Que la position des appareils de frein correspond à celle prévue pour l'isolement du poste de conduite.
- La pression à zéro dans la CG.

Mise en service :

Le conducteur :
- Commande la fonction « Marche ».
- Contrôle que les pressions RE et CG s'établissent aux environs de 3 bars.
- Vérifie l'extinction de la signalisation « Défaut FEP ».
- Assure l'immobilisation du train à l'aide du **F**rein d'**I**mmobilisation **P**neumatique (FIP) ou **F**rein d'**I**mmobilisation pour **E**ssai du **F**rein (FIEF).

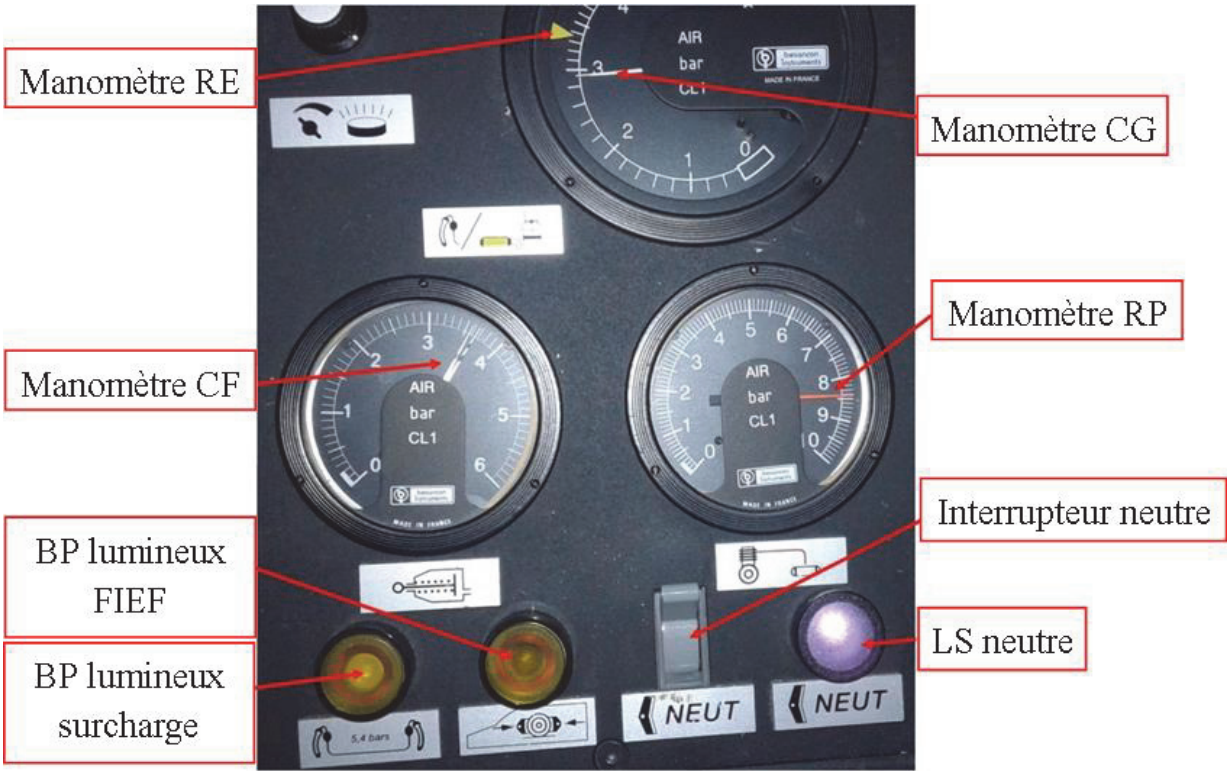
- Commande la position « Desserrage ».
- S'assure que les pressions RE et CG s'établissent à 5 bars.
-

Essais et vérifications du frein :

Chaque fois que le poste de conduite est utilisé pour la première fois, le conducteur effectue l'essai de fonctionnement du frein automatique.

Essais et vérifications suivis d'un « Essai journalier » (EJ) :

Le conducteur doit :
- Vérifier le fonctionnement du FIP ou du FIEF au serrage et desserrage par observation du manomètre CF.
- Vérifie l'étanchéité de la CG (les fuites ne doivent pas excéder 0,300 bar/mn).
- Effectue l'essai de fonctionnement du frein automatique :
  * Provoque, par le manipulateur de frein, une dépression d'un bar à la CG.
  * Supprime l'action du FIP ou FIEF.
  * Vérifie le serrage en contrôlant que le manomètre CF indique une pression.
  * Vérifie l'étanchéité du RE (les variations de pression ne doivent pas excéder 0,150 bar/mn).
  * Réalimente la CG à 5 bars.
  * Vérifie le desserrage des freins.
  * Remet le FIP ou FIEF.
  * Effectue l'essai de la ou des commandes de la fonction « Urgence » en enfonçant BP URG.
  * Vérifie la vidange du RE, de la CG et l'allumage de la signalisation « Défaut FEP ».
  * Réalimente la CG à 5 bars.
  * Vérifie l'extinction de la signalisation « Défaut FEP ».
  * Immobilise le train et supprime l'action du FIP ou FIEF.



Essai réglementaire des freins sur les TGV PSE ou sur TGV dont la touche « K » est inefficace :

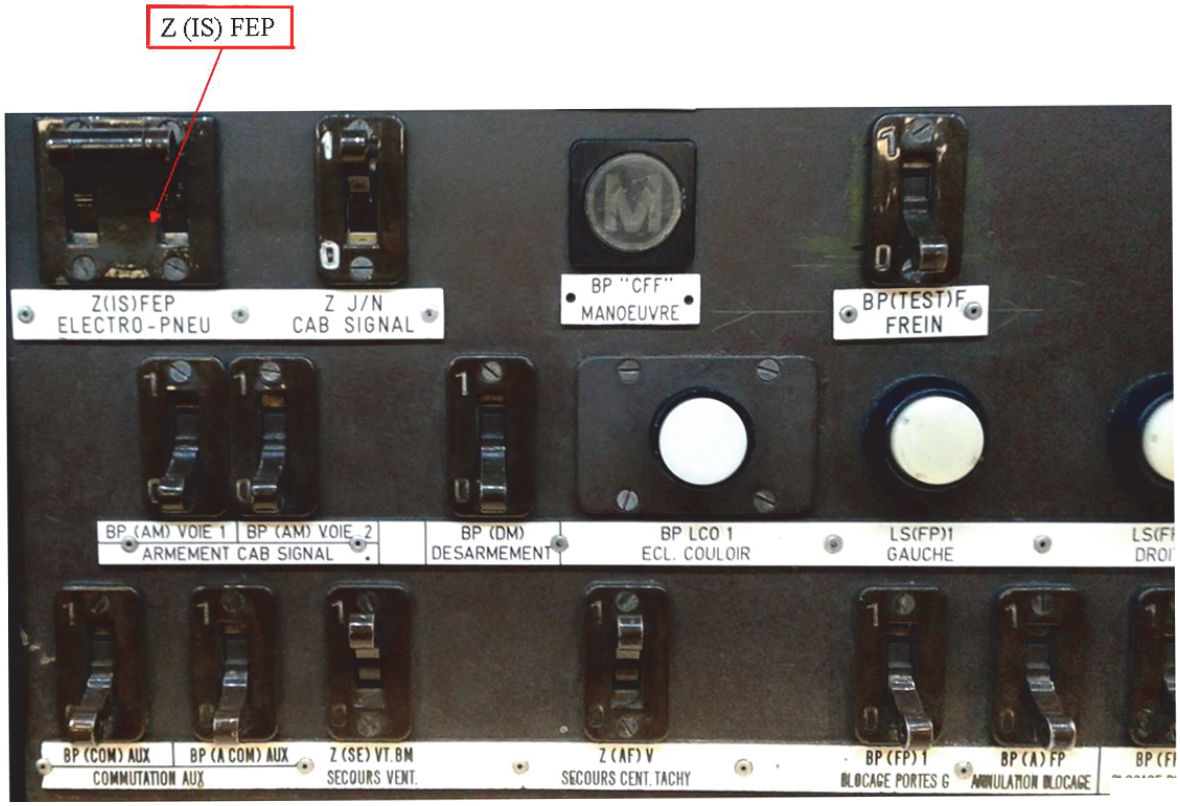
L'essai réglementaire des freins doit être effectué quand le conducteur en est avisé par son roulement (EJ, VF) ou un avis de l'agent formation.

Le conducteur doit avec l'aide d'un agent formation :

- Assurer l'immobilisation de la rame.
- Placer le manipulateur d'inversion sur « 0 ».
- Isoler la commande FEP du frein par Z(IS)FEP.
- Vidanger complètement la CG en commandant la fonction « Serrage d'Urgence ».
- Réalimenter la CG à 5 bars.
- Commander la fonction « Neutre ».
- Vérifier l'étanchéité de la CG (les fuites ne devant pas excéder 0,300 bar/mn).
- Enlever la fonction « Neutre ».
- Attendre l'ordre « Serrez » de l'agent formation.

Serrage :
- Effectuer une dépression d'un bar.
- Commander la fonction « Neutre ».
- L'agent formation vérifie le serrage des freins de tous les bogies. Arrivé en queue, il vidange complètement la CG en enfonçant le BP URG de droite de la dernière cabine.

Desserrage :
- Le conducteur desserre les freins après avoir constaté la vidange complète de la CG.
- L'agent formation vérifie le desserrage des freins de tous les bogies (sauf les deux bogies moteurs de la motrice en service équipés du FIEF) en remontant vers la cabine de tête.
- Le conducteur :
  * Reçoit le résultat de l'essai sous la forme « Terminé » de l'agent formation si l'essai est concluant. . . L'agent formation signale toute anomalie qu'il constate au cours de l'essai.
  * Remet en service la commande FEP.
  * Vérifie l'extinction de la signalisation « Défaut FEP ».



Z(IS)FEP sur les TGV PSE.

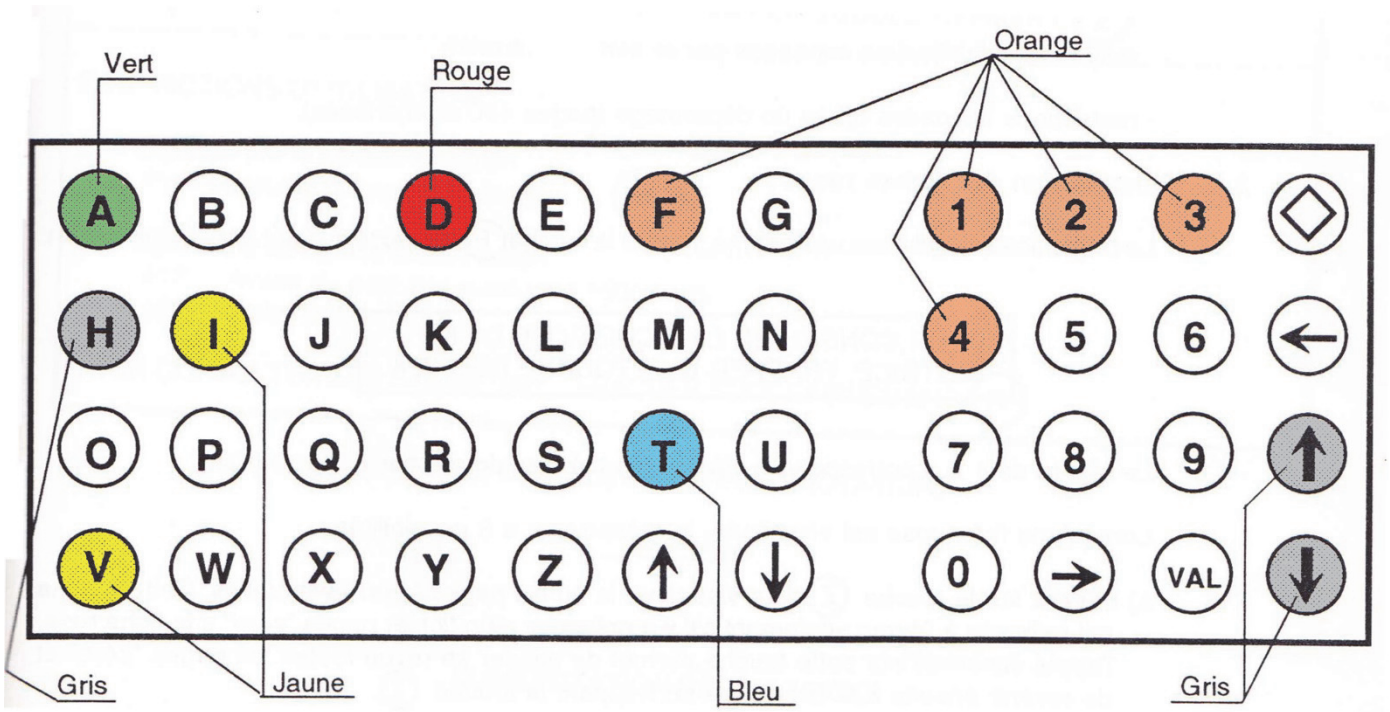
Essai réglementaire des freins sur les autres types de TGV :

TGV équipé du SIAC avec la touche « K » opérationnelle :
Le conducteur :
- Met le FIEF en service.
- Place le manipulateur d'inversion sur « 0 ».
- Commande la fonction « Desserrage ».
- Frappe la touche « K » du clavier du SIAC.
- Se conforme aux instructions affichées à l'écran.

Dans la phase de serrage :
- Vérifie que la mention « SER » est affichée en face de chaque bogie, sauf pour celui ou ceux portant la mention « FIEF ».

Dans la phase de desserrage :
- Vérifie que la mention « DES » est affichée en face de chaque bogie, sauf pour celui ou ceux portant la mention « FIEF ».

En fin d'essai des freins :
- Frappe la touche « E ».
- Supprime l'action du FIEF.
- Vérifie la vidange des CF.
- Assure l'immobilisation du train.
- En cas d'anomalie, il doit quitter la fonction essai des freins en frappant la touche « E » et appliquer le guide de dépannage informatique.



Clavier du pupitre

ESSAI DES FREINS

- S'ASSURER DE L'IMMOBILISATION DE LA RAME
- PLACER LA MANETTE D'INVERSION SUR " 0"

COMPOSITION DU TRAIN — CIRCULATION EN US FRAPPER Touche... S

— CIRCULATION EN UM FRAPPER Touche... M

VIDEO INVERSE

ESSAI DES FREINS

S → UNITE SIMPLE

POUR VALIDER LA COMPSITION ..... FRAPPER Touche....VAL

(EN CAS D'ERREUR, POUR ANNULER FRAPPER Touche.... A)

VIDEO INVERSE

ESSAI DES FREINS

EFFECTUER UNE DEPRESSION DE 1 BAR

VIDEO INVERSE

ESSAI DES FREINS

DESSERRAGE EN COURS

CLIGNOTEMENT

ESSAI DES FREINS

DESSERRAGE

BOGIE A FIEF
BOGIE B DES
BOGIE 1 DES
BOGIE 2 DES
BOGIE 3 DES
BOGIE 4 DES
BOGIE 5 DES
BOGIE 6 DES
BOGIE 7 DES
BOGIE 8 DES
BOGIE 9 DES
BOGIE C DES
BOGIE D DES

– Aucune anomalie n 'est constatée Essai des freins terminé

– Une anomalie est constatée Voir guide

VIDEO INVERSE

ESSAI DES FREINS

SERRAGE EN COURS

CLIGNOTEMENT

ESSAI DES FREINS

SERRAGE

BOGIE A FIEF
BOGIE B SER
BOGIE 1 SER
BOGIE 2 SER
BOGIE 3 SER
BOGIE 4 SER
BOGIE 5 SER
BOGIE 6 SER
BOGIE 7 SER
BOGIE 8 SER
BOGIE 9 SER
BOGIE C SER
BOGIE D SER

— Aucune anomalie n'est constatée Effectuer un desserrage complet des freins

— Une anomalie est constatée Voir guide

VIDEO INVERSE

ESSAI DES FREINS

ESSAI REGLEMENTAIRE DES FREINS IMPOSSIBLE AVEC LE SYSTEME D'AIDE A LA CONDUITE

Voir guide

VIDEO INVERSE

VIDEO INVERSE AVEC CLIGNOTEMENT

Exemple 2:

ESSAI DES FREINS

RAME MENEE

SERRAGE

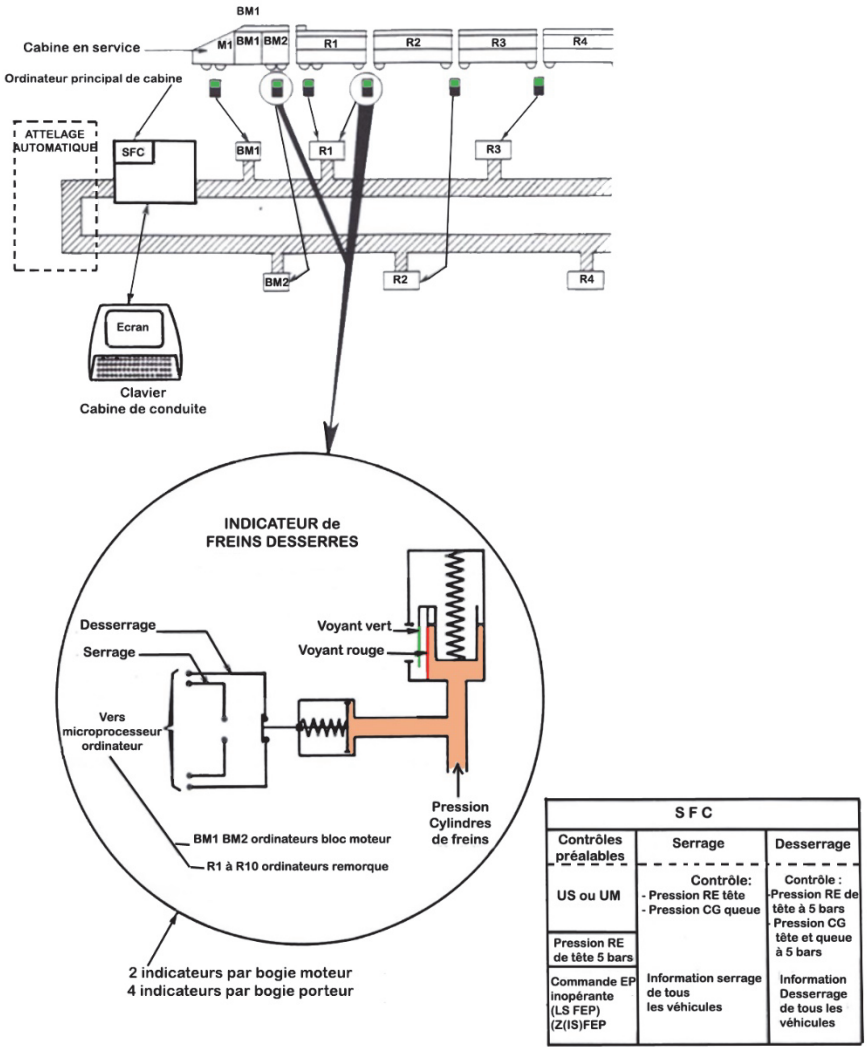
RAME MENANTE

BOGIE A	FIEF		BOGIE A	SER
BOGIE B	SER		BOGIE B	SER
BOGIE 1	SER		BOGIE 1	SER
BOGIE 2	SER		BOGIE 2	SER
BOGIE 3	???	???	BOGIE 3	SER
BOGIE 4	SER		BOGIE 4	SER
BOGIE 5	SER		BOGIE 5	DES
BOGIE 6	SER		BOGIE 6	SER
BOGIE 7	SER		BOGIE 7	SER
BOGIE 8	SER		BOGIE 8	SER
BOGIE 9	SER	DES	BOGIE 9	SER
BOGIE C	SER		BOGIE C	
BOGIE D	SER		BOGIE D	SER

— Aucune anomalie n'est constatée Effectuer un desserrage complet des freins

— Une anomalie est constatée Voir guide

Exemple de déroulement de l'essai des freins sur l'écran SIAC.



Principe essai freins sur TGV A

ESSAI DES FREINS LORS DE LA MISE EN UNITE MULTIPLE DE DEUX TGV PSE :

Chaque motrice est équipée d'un attelage automatique Scharfenberg qui réalise les accouplements mécaniques, pneumatiques et électriques.

Si chaque élément est équipé d'un conducteur :

Le conducteur de l'élément en attente de raccordement :

- Effectue une dépression d'un bar dans la CG.
- Place le commutateur d'isolement du frein Z(IS)F ou l'interrupteur Z(N)F sur « Neutre » (motrice équipée).
- Met en action le frein d'immobilisation :
  * FIP en plaçant le commutateur MP-FIP sur « F » (motrice équipée).
  * FIEF en appuyant sur le bouton poussoir BP-FIEF (motrice équipée).
- Attend l'accostage par l'autre élément.
- Contrôle l'extinction de la lampe « autre cabine utilisée ».
- Attend deux minutes après le contrôle de la vidange de la CG.
- Effectue la vérification de la continuité de la CG « VF », pour cela :
  * Procède au remplissage de la CG et vérifie son étanchéité.
  * Informe par interphonie le conducteur du deuxième élément.
  * Contrôle la vidange complète de la CG.

* Attend l'appel par interphonie du conducteur du deuxième élément.
* ¨Procède au remplissage de la CG.

- Rend compte du résultat de l'essai au chef de service.

Le conducteur de l'élément effectuant le raccordement :

- Procède à l'accostage à une vitesse de 2 km/h environ.
- Appuie pendant deux secondes sur le bouton poussoir d'annulation du blocage des portes.
- Enfonce le bouton poussoir d'urgence BP-URG côté conducteur.
- Isole le poste de conduite.
- Relève le bouton poussoir d'urgence BP-URG.
- Attend l'appel par interphonie du conducteur du premier élément.
- Enfonce le bouton poussoir d'urgence BP-URG côté conducteur.
- Relève le bouton poussoir d'urgence BP-URG lorsque le manomètre CG indique « 0 ».
- Informe par interphonie le conducteur du premier élément.
- Vérifie depuis le sol la réalisation correcte de l'attelage et signale toute anomalie.

ESSAI DES FREINS LORS DE LA MISE EN UNITE MULTIPLE DE DEUX TGV AUTRES QUE TGV PSE :

Chaque motrice est équipée d'un attelage automatique Scharfenberg qui réalise les accouplements mécaniques, pneumatiques et électriques.

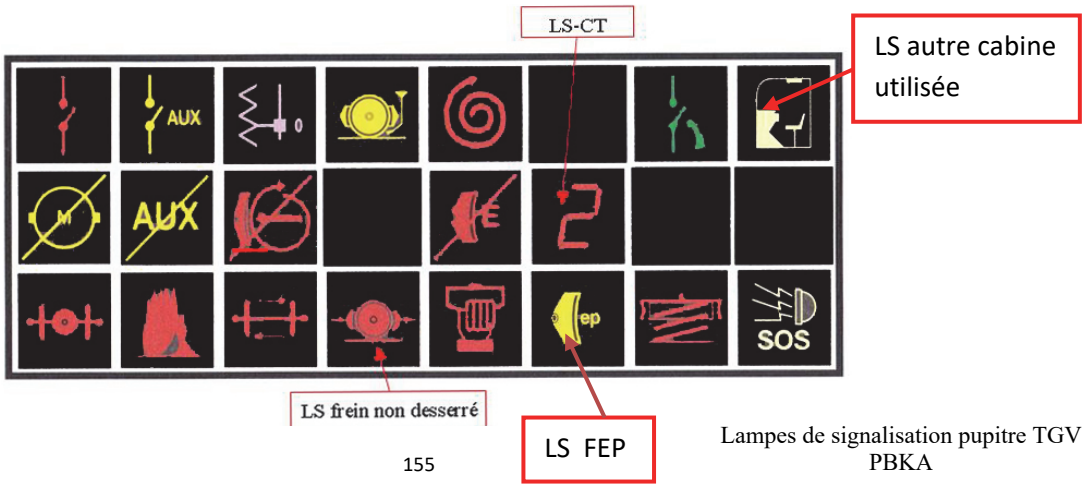
Si chaque élément est équipé d'un conducteur :

Le conducteur de l'élément en attente de raccordement :

- Effectue une dépression d'un bar dans la CG.
- Commande la fonction « Neutre » du frein automatique.
- Appuie sur le bouton poussoir lumineux de frein d'immobilisation pour essai de frein BP-FIEF.
- Attend l'accostage par l'autre élément.
- A l'extinction de la lampe « Autre cabine utilisée ».
  * Consulte les fiches roses de l'élément ajouté.
  * Ferme les disjoncteurs.
- Effectue l'essai des freins en frappant la touche « K » du clavier du SIAC.

Le conducteur de l'élément effectuant le raccordement :

- S'assure de l'extinction de l'écran.
- Place le manipulateur « Traction-Freinage-VI-CD » sur « CD ».
- Procède à l'accostage.
- Appuie pendant deux secondes sur le bouton poussoir d'annulation du blocage des portes BP(A)FP.
- Isole le poste de conduite.
- Vérifie depuis le sol la réalisation correcte de l'attelage et signale toute anomalie au conducteur de l'élément menant, à défaut, au Régulateur.



Lampes de signalisation pupitre TGV PBKA

FREINAGE AGV :

REFUS D'ALSTOM POUR LA PUBLICATION DE CE PARAGRAPHE.

PERFORMANCE DE FREINAGE DU MATERIEL ROULANT SUR LIGNE EQUIPEE DE LA TRANSMISSION-VOIE-MACHINE (TVM):

Performances minimales à satisfaire en freinage maximal de service :

Plage de vitesse en km/h	Décélération en freinage établi (m/s²)
320-300	0,70
300-230	Décélérations identiques à celles du freinage d'urgence.
230-170	
170-0	

Performances minimales à satisfaire en freinage d'urgence :

Plage de vitesse en km/h	Décélération en freinage établi (m/s²)
320-300	0,675
300-230	0,65
230-170	0,79
170-0	0,86

BAREME DE VITESSE LIMITE A OBSERVER EN CAS D'ANOMALIE DANS LES EQUIPEMENTS DE FREINAGE ELECTRIQUE ET PNEUMATIQUE SUR LES TGV :

En situation normale tous les bogies des TGV doivent être freinés. Le freinage de maintien en pente de 35 ‰ doit pouvoir être assuré avec le seul frein dynamique.

En cas d'anomalie, barême utilisable sur les lignes à grande vitesse :

2 éléments en UM (20 véhicules)													
Nombre de bogies avec frein pneumatique isolé	Nombre de Blocs Moteurs isolés ou inactis en freinage rhéostatique												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	A	A	A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	C
1	A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
2	A	B	B	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D
3	B	C	C	C	C	D	D	D	D	Z	Z	Z	Z
4	C	D	D	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
5 à 26	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

A	**Vitesse signalisation de cabine**
B	**270 km/h maximum**
C	**160 km/h maximum**
D	**80 km/h maximum**
Z	l'élément incriminé peut **participer à la traction**
	SECOURS

Elémént en US (10 véhicules)							
Nombre de bogies avec frein pneumatique isolé	Nombre de Blocs Moteurs isolés ou inactis en freinage rhéostatique						
	0	1	2	3	4	5	6
0	A	A	A	B	C	C	C
1	A	B	C	C	C	D	D
2	C	D	Z	Z	Z	Z	Z
3 à 13	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

A	**Vitesse signalisation de cabine**
B	**270 km/h maximum**
C	**160 km/h maximum**
D	**80 km/h maximum**
Z	l'élément incriminé peut **participer à la traction**
	SECOURS

Avec FEP en « Service ».

2 éléments en UM (20 véhicules)													
Nombre de bogies avec frein pneumatique isolé	Nombre de Blocs Moteurs isolés ou inactis en freinage rhéostatique												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	A	A	A	B	B	C	C	C	C	Z	Z	Z	Z
1	B	C	C	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
2 à 26	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

A	**Vitesse signalisation de cabine**
B	**160 km/h maximum**
C	**80 km/h maximum**
Z	l'élément incriminé peut **participer à la traction**
	SECOURS

Elémént en US (10 véhicules)							
Nombre de bogies avec frein pneumatique isolé	Nombre de Blocs Moteurs isolés ou inactis en freinage rhéostatique						
	0	1	2	3	4	5	6
0	A	A	A	B	C	C	C
1	A	B	C	C	D	D	Z
2	D	Z	Z	Z	Z	Z	Z
3 à 13	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

A	**Vitesse signalisation de cabine**
B	**270 km/h maximum**
C	**160 km/h maximum**
D	**80 km/h maximum**
Z	l'élément incriminé peut **participer à la traction**
	SECOURS

<u>Avec FEP « Hors Service ».</u>

<u>REGLES GENERALES RELATIVES AU FREINAGE DES TRAINS</u> :

Les trains sont répartis selon les classes suivantes :
- Trains de voyageurs.
- Trains de messagerie.
- Trains de marchandises.
- Machines haut le pied (HLP) et trains de machines.

Le conducteur est renseigné sur :
- L'indice ou le code de composition.
- La composition.
- La masse remorquée.
- La masse freinée

Ces informations lui sont données au moyen d'un bulletin de freinage. Le bulletin de freinage comporte, d'une part la signature de l'agent formation et, d'autre part, celle du conducteur à la fin de son étape ou à l'arrivée à la gare terminus du train.

Il n'est pas établi de bulletin de freinage dans les cas ci-après :

- Trains « AUTOR » ne remorquant pas de véhicules du parc ordinaire.
- Trains « AUTOM ».
- Trains « BIMA » (transitoirement « AGC »).
- Trains composés de voitures spécialisées en composition normée, si la machine est de la série désignée.
- Machines « HLP » ne remorquant pas de véhicules autres qu'engins moteurs, sauf si présence de locotracteurs.

Indice (ou code) de composition	Train	Date	Destination	Type convoi Trafic

Observations – Cas exceptionnels - Incidents

Composition - Freinage				
Au départ de :				
NOMBRE	Véhicules autres que machine			
	Machine de remorque (sauf pousse)			
	Machine en véhicule			
	Machine de pousse			
	Total			
LONGUEUR	Véhicules autres que machine			
	Machine de remorque (sauf pousse)			
	Machine en véhicule			
	Machine de pousse			
	Total			
MASSE	Véhicules autres que machine			
	Machine de remorque (sauf pousse)			
	Machine en véhicule			
	Machine de pousse			
	Total			
MASSE FREINÉE – NÉCESSAIRE	Freinage forfaitaire			
	Freinage d'arrêt			
	Freinage de dérive (FD)			
	FD de la 2ème moitié du train			
MASSE FREINÉE – RÉALISÉE	Véhicules autres que machine			
	Machine de remorque (sauf pousse)			
	Machine en véhicule			
	Machine de pousse			
	FD de la 2ème moitié du train			
	Total			

SIGNATURES	Agents Formation			Conducteurs	

Exemple de bulletin de freinage.

<u>Principe de détermination de la masse freinée d'un véhicule</u> :

La masse freinée d'un véhicule freiné au frein continu, exprimée en tonnes, caractérise sa puissance de freinage. Cette masse freinée entre dans la détermination de la puissance de freinage du train dans lequel le véhicule est incorporé.

Le pourcentage de masse freinée d'un véhicule est donné par le quotient de la masse freinée du véhicule à sa masse sur rail (tare + chargement), multiplié par 100.

La masse freinée donnée par les équipements de frein de la catégorie Ⓡ est comprise entre 150 et 170 % de la tare du véhicule, ces limites comprises.

Masse freinée des véhicules du parc « Voyageurs » :

Caractéristiques de l'équipement de frein :		La masse freinée est égale :
Véhicules équipés d'un dispositif de freinage autovariable et progressif en fonction de la charge.	Freinés au frein continu « Voyageurs Ordinaire ».	A la masse sur rails avec comme maximum et, le cas échéant, comme minimum, le nombre inscrit sur le châssis, à la suite de l'inscription définissant le type de frein.
	Freinés au frein continu « Voyageurs à Haute Puissance » de la catégorie Ⓡ.	A 1,5 fois leur masse sur rails avec comme maximum le nombre inscrit sur le châssis, à la suite de l'inscription définissant le type de frein.
Véhicules comportant un dispositif de changement de régime de freinage ou un dispositif « Vide-Chargé ».		Au nombre indiqué sur la plaque devant laquelle se déplace le levier de changement de régime, en regard de la position qu'occupe ce levier en fonction : - Soit du régime de freinage applicable au train d'acheminement. - Soit de la masse sur rails du véhicule.
Autres véhicules		Au nombre inscrit sur le châssis à la suite de l'inscription définissant le type de frein.
Particularités concernant les véhicules équipés du frein à haute puissance : - Il ne doit pas être tenu compte de la masse freinée inscrite en rouge (utilisation d'un accélérateur de vidange de conduite). - Lorsque le régime haute puissance ne fonctionne pas : . Sur un véhicule sans autre régime de freinage : le frein doit être isolé, la masse freinée est égale à « 0t ». . Sur un véhicule équipé de plusieurs régimes de freinage : le dispositif de changement de régime doit être positionné sur le régime ordinaire, la masse freinée est égale à la masse freinée inscrite pour ce régime.		

Masse freinée des wagons :

Caractéristiques de l'équipement de frein :		La masse freinée est égale :
Véhicules équipés d'un dispositif de freinage autovariable et progressif en fonction de la charge.		A la masse sur rails avec comme maximum le nombre inscrit sur le châssis, à la suite de l'inscription définissant le type de frein. Toutefois, la masse freinée d'un véhicule apte à entrer dans la composition des trains de messageri MVGV et MV 160 est déterminée forfaitairement à 1,3 fois la masse sur rails (tare + chargement). En conséquence, il n'est pas tenu compte de la masse freinée inscrite sur le véhicule.
Véhicules comportant un dispositif de changement de régime de freinage ou un dispositif « Vide-Chargé ».	Comportant le dispositif « Vide-Chargé » (à 2 ou 3 positions).	Au nombre inscrit en regard de l'indication « Vide » ou de l'indication (ou l'une des indications) « Chargé », selon la position du levier correspondant.
	Comportant le dispositif « Vide-Chargé » automatique.	Selon la masse sur rails du wagon, au nombre inscrit à gauche ou à droite de l'indication de la masse à partir de laquelle s'effectue automatiquement le changement de régime.
	Ne comportant pas le dispositif « Vide-Chargé ».	Au nombre inscrit sur le châssis, s'il existe une telle inscription, ou en regard de l'indication « March » ou « I » ou « G », ou de l'inscription « Voyag » ou « V » ou « P », pour les véhicules comportant le dispositif « Marchandises-Voyageurs ».
	Comportant un dispositif « Plaine-Montagne ».	La poignée de manœuvre de ce dispositif doit être placée dans la position « P » sur l'ensemble des lignes du RFN. Sur les lignes à fortes pentes, leur masse freinée est considérée comme égale à « 0 ».

Masse freinée des locomotives :

La masse freinée des engins moteurs, exprimée en tonnes, est indiquée sur la caisse des engins moteurs dans les conditions suivantes :

Elle porte normalement deux nombres :

- En regard de la lettre « V » : masse freinée en régime « Voyageurs ».
- En regard de la lettre « M » : masse freinée en régime « Marchandises ».

Certaines locomotives portent un troisième nombre en regard des lettres « V + E » : masse freinée en régime « Voyageurs », frein rhéostatique d'urgence en service.

La masse freinée de la ou des machines de remorque à prendre en compte est celle figurant en regard :

- De l'inscription « V + E », à défaut « V », pour les trains de voyageurs.
- De l'inscription « V + E », à défaut « V », si la masse remorquée est inférieure ou égale à 1200 tonnes pour les MVGV, MV160, ME 140, 800 tonnes pour les ME 120 et ME 100.
- De l'inscription « M », pour les trains de marchandises et pour les trains de messagerie si la masse remorquée est supérieure à 1200 tonnes pour les MVGV, MV 160 et ME 140, 800 tonnes pour les ME 120 et ME 100.

Série	Engin		Tare (Tonnes)	MF en régime voyageurs		FEP sur engin moteur	Longueur arrondie (en mètres)
	Début N° dans la série	Fin N° dans la série		V	V + E		
Locomotives électriques polycourants							
22200	22201	22405	90	66	107	oui	18
25500	25588	25694	80	34	56	non	16
26000	26001	26234	90	111	111	oui	18
27000	27001	27180	90	94	94	non	20
27000	27301	27367	90	94	94	oui	20
36000	36001	36030	90	112	112	oui	20
37000	37001	37060	89	94	94	non	20

Exemple de masse freinée de locomotives.

Freinage normal d'un train :

La masse freinée remorquée est égale à la somme des masses freinées de l'ensemble des véhicules remorqués.

La masse freinée totale est égale à la somme de la masse freinée remorquée et de la masse freinée du ou des engins moteurs de remorque.

Le freinage normal d'un train est réalisé lorsque :

- La masse freinée totale est au moins égale à la **M**asse **F**reinée **T**otale **N**écessaire « MFTN » (cette masse nécessaire se trouve dans les tableaux de freinage, elle est déterminée à partir des pourcentages de freinage fixés par le RCA-B7a n°1).
- Le frein continu fonctionne sur le premier et le dernier véhicule.

Particularités de freinage :

- Machines non équipées du FAMAD :

  Sur les lignes à fortes pentes, la masse freinée des machines non équipées du FAMAD n'est pas prise en compte dans la détermination de la masse freinée totale.

- Freinage suivant le principe de la « Locomotive Longue » :

  Afin d'augmenter leur tonnage et dans certains cas leur longueur, les trains de messagerie peuvent être freinés selon le principe de la « Locomotive Longue ». Dans ce cadre, le ou les engins moteurs de remorque ainsi que les cinq premiers véhicules remorqués sont freinés au régime « Marchandises » ; si l'un ou plusieurs de ces cinq véhicules ne peuvent être freinés au régime « Marchandises », leur frein est isolé.

  Dans un train de messagerie (ME 100, ME 120, ME 140) freiné selon le principe de la « Locomotive Longue », la masse freinée d'un véhicule non isolé, freiné au régime « Marchandises », est égale :

  * Pour les locomotives (de remorque ou remorquées), à la masse freinée inscrite au regard de l'inscription « M ».

  * Pour les autres véhicules, à la masse freinée inscrite pour le régime « Voyageurs » multipliée par un coefficient égal à 0,75.

- Les trains de marchandises freinés au frein continu « Voyageurs » peuvent être freinés de la même manière.
- Le bulletin de freinage reçoit la mention : « Train freiné selon le principe de la Locomotive longue ».

FREINAGE D'UN TRAIN DE VOYAGEURS : :

Le freinage d'un train de voyageurs est realisé :
- Le frein continu fonctionne sur tous les véhicules.
- Le pourcentage de masse freinée totale est au moins égal aux valeurs indiquées dans les tableaux ci-dessous.
- La CP est alimentée. Le FEP doit être en service pour les trains V 200, R 200, V 160 et R 160.

Train V 200, R 200, V 160 et R 160 avec FEP dont les véhicules remorqués autres qu'engin moteur ne nécessitent pas l'essai spécial du FEP ou l'ont satisfait s'ils le nécessitent :

Catégorie De train	Pourcentage de MFTN		
	2 ou 3 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule	4 ou 5 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule	6 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule, ou plus
V 200 – R 200 (1)		135 % (3)	135 %
V 160 – R 160 (1)	97 % (2)	125 % (4)	125 % (5)

(1) En cas d'acheminement d'une locomotive en véhicule dans un train V 200 ou V 160, les règles de freinage des V 140 s'appliquent.
(2) Les trains V 160 et R 160 d'une composition à 2 ou 3 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule ont leur vitesse limitée à celle des V 140. Les règles de freinage des V 140 sont applicables.
(3) Voitures avec marquage 200+.
(4) Voitures avec équipement de frein combiné (disques et semelles) ou avec patins magnétiques. Le pourcentage de masse freinée peut être réduit à 119 % si tous les freins sont en service sur le train.
(5) Le pourcentage de masse freinée peut être réduit si tous les freins sont en service sur le train :
. A 116 % lorsque le train est composé de 6 ou 7 véhicules autres qu'engin moteur en véhicule.
. A 112 % lorsque le train est composé d'au moins 8 véhicules autres qu'engin moteur en véhicule.

<u>Train V 200 ou R 200</u> :

Non fonctionnement du FEP ou essai du FEP non satisfaisant ou non réalisé sur un véhicule le nécessitant.

Si la longueur totale du train est inférieure ou égale à 470 m, le pourcentage de masse freinée totale doit être au moins égal aux valeurs indiquées ci-après :

Catégorie de train	**Pourcentage de MFTN**		
	4 ou 5 véhicules remorqués autres qu'engin en véhicule ou plus	6 véhicules remorqués autres qu'engin en véhicule ou plus	
		Longueur du train	
		Inférieure ou égale à 450 m	Supérieure à 450 m sans dépasser 470 m
V 200	125 % (1)	125 % (2)	136 %
R 200	125 % (1)	125 % (2)	

(1) Voitures avec freinage combiné (disques et semelles) ou avec patins magnétiques.
Le pourcentage de masse freinée nécessaire peut être réduit à 119 % si tous les types de frein requis sont en service sur le train et tous les véhicules sont freinés.

(2) Le pourcentage de masse freinée nécessaire peut être réduit à 122 % lorsque le train est composé de 6 ou 7 véhicules remorqués si tous les types de frein requis sont en service sur le train et tous les véhicules sont freinés.
Le bulletin de freinage est complété en conséquence.

<u>Train V 160 ou R 160 dont l'essai spécial FEP n'a pas été réalisé sur un ou plusieurs véhicules remorqués autres qu'engin moteur nécessitant cet essai</u> :

Catégorie de train	**Pourcentage de MFTN**				
	2 ou 3 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule	4 ou 5 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule	6 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule, ou plus		
			Longueur du train		
			Inférieure ou égale à 450 m	Supérieure à 450 m sans dépasser 470 m	Supérieure à 470 m
V 160 (1)	97 % (2)	125 % (3)	125 % (4)	136 %	(5)
R 160	97 % (2)	125 % (3)	125 % (4)		

(1) En cas d'acheminement d'une locomotive en véhicule dans un train V 160, les règles de freinage des V 140 s'appliquent.

(2) Les trains V 160 et R 160 d'une composition à 2 ou 3 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule ont leur vitesse limitée à celle des V 140. Les règles de freinage des V 140 sont applicables.

(3) Voitures avec équipement de frein combiné (disques et semelles) ou avec patins magnétiques. Le pourcentage de masse freinée peut être réduit à 119 % si tous les freins sont en service sur le train.

(4) Le poucentage de masse freinée nécessaire peut être réduit à 122 % lorsque le train est composé de 6 ou 7 véhicules remorqués autres qu'engin moteur en véhicule si tous les freins sont en service sur le train.

(5) Règles des V 140 : les trains V 160 d'une longueur supérieure à 470 m, dont l'essai du FEP n'a pas été réalisé sur un ou plusieurs véhicules remorqués autres qu'engin moteur nécessitant cet essai, ont leur vitesse limitée à celle des V 140, les règles de feinage des V 140 sont applicables. Le bulletin de freinage est complété en conséquence.

Train V 140 ou V 120 :

Catégorie de train	Pourcentage de MFTN			
	2 véhicules remorqués ou plus, autres qu'engin moteur en véhicule			
	Longueur du train			
	Inférieure ou égale à 450 m	Supérieure à 450 m sans dépasser 550 m	Supérieure à 550 m sans dépasser 650 m	Supérieure à 650 m
V 140	97 %	105 %	117 %	135 %
V 120	91 %	99 %	110 %	126 %

6 véhicules ou + MFTN 135 %	
Masse totale du Train	MFTN
600	810
610	824
620	837
630	851
640	864
650	878
660	891
670	905
680	918
690	932
700	945
710	959
720	972
730	986
740	999
750	1013
760	1026
770	1040
780	1053
790	1067
800	1080
810	1094
820	1107
830	1121
840	1134
850	1148
860	1161
870	1175

Extrait du tableau de freinage des V 200 avec FEP.

8 véhicules ou + et longueur inférieure ou égale à 450 m MFTN 125 %	
Masse totale du Train	MFTN
470	588
480	600
490	613
500	625
510	638
520	650
530	663
540	675
550	688
560	700
570	713
580	725
590	738
600	750
610	763
620	775
630	788
640	800
650	813
660	825
670	838
680	850
690	863
700	875
710	888
720	900
730	913
740	925
750	938

Extrait du tableau de freinage des V 160.

Incident de pleine voie :

Le dernier véhicule transportant des voyageurs doit être freiné ou suivi d'au moins un véhicule freiné. A défaut, les voyageurs doivent être transbordés dans les voitures restant freinées. L'accès au véhicule non freiné doit être interdit.

FREINAGE D'UN TRAIN DE MESSAGERIE :

Le freinage normal d'un train de messagerie est réalisé lorsque :

- Le frein continu fonctionne sur le premier et le dernier véhicule remorqué du train.
- La CP est alimentée et le frein continu « Voyageurs » de la catégorie « R » fonctionne sur tous les véhicules s'il s'agit d'un train « MVGV » ou « MV 160 ».
- Le pourcentage de masse freinée totale est, en fonction de la longueur du train, au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Indice de composition	**Pourcentage de MFTN pour une longueur du train**			
	Inférieure ou égale à 550 m	Supérieure à 550 m sans dépasser 650 m	Supérieure à 650 m sans dépasser 750 m	Supérieure à 750 m
MVGV – MV 160	125 %			
ME 140	97 %	102 %	108 %	
ME 120	77 %	81 %	86 %	94 %
ME 100	60 % (1)	63 %	66 %	73 %

(1) 63 % sur des lignes à déclivités supérieures à 35 ‰.

Masse totale du train	MFTN 60 % *Inférieure ou égale à 550 m*	MFTN 63 % *Supérieure à 550 m*
1100	660	693
1110	666	700
1120	672	706
1130	678	712
1140	684	719
1150	690	725
1160	696	731
1170	702	738
1180	708	744
1190	714	750
1200	720	756
1210	726	763
1220	732	769
1230	738	775
1240	744	782
1250	750	788
1260	756	794
1270	762	801
1280	768	807
1290	774	813
1300	780	819
1310	786	826
1320	792	832
1330	798	838
1340	804	845

Extrait du tableau de freinage des ME 100.

FREINAGE D'UN TRAIN DE MARCHANDISES :

Les trains de marchandises sont répartis selon les trois classes suivantes :

- Les trains MA 100.
- Les trains MA 90.
- Les trains MA 80.

Le freinage normal d'un train de marchandises :

Lignes à freinage forfaitaire « FF » (désignées comme telles aux « Renseignements Techniques ou à la Consigne Locale d'Exploitation ») :

- Le frein continu fonctionne sur le premier et le dernier véhicule remorqué du train.
- Le nombre de véhicules successifs non freinés :
  * Ne dépasse pas dix s'il s'agit d'un train ne dépassant pas 750 m.
  * Ne dépasse pas cinq s'il s'agit d'un train autorisé à dépasser 750 m.
- Le pourcentage de masse freinée totale est au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Indice de composition	**Pourcentage de MFTN pour une longueur du train (FF)**		
	Inférieure ou égale à 800 m	Supérieure à 800 m sans dépasser 900 m	Supérieure à 900 m sans dépasser 1000 m
MA 100	57 %	64 %	69 %
MA 90	50 %	57 %	61 %
MA 80	47 %	55 %	59

Lignes à freinage d'arrêt « FA » et de dérive « FD » :

Sur les lignes à freinage d'arrêt et de dérive, les trains de marchandises sont freinés pour l'arrêt et la dérive.
Sur ces lignes, le freinage normal d'un train de marchandises est réalisé lorsque :

- Le frein continu fonctionne sur le premier et le dernier véhicule remorqué du train.
- Le nombre de véhicules successifs non freinés :
  * Ne dépasse pas dix s'il s'agit d'un train ne dépassant pas 750 m.
  * Ne dépasse pas cinq s'il s'agit d'un train autorisé à dépasser 750 m.
- La masse freinée totale est au moins égale à la plus élevée des masses freinées d'arrêt et de dérive définies ci-après.
- La moitié au moins de la masse freinée de dérive nécessaire se trouve dans la deuxième moitié du train en comptant les véhicules.

Masse freinée totale d'arrêt :

Trains MA 100, MA 90 et MA 80 :
Le pourcentage de la masse freinée totale d'arrêt nécessaire des trains de marchandises MA 100 et MA 90 est identique à celui nécessaire sur les lignes à freinage forfaitaire (% FA = % FF).
Le pourcentage de la masse freinée totale d'arrêt nécessaire des trains de marchandises MA 80 est au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Longueur du train inférieure ou égale à 800 m						
Pentes caractéristiques en mm/m	**Pourcentage de MFTN pour une vitesse de :**					
	80 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	30 km/h
0 à 8	45 %	39 %	27 %	19 %	17 %	16 %
9 à 10	47 %	42 %	30 %	22 %	18 %	17 %
11 à 13		45 %	34 %	25 %	20 %	18 %
14 à 15		47 %	37 %	28 %	22 %	20 %
16 à 18			43 %	32 %	26 %	24 %
19 à 20			47 %	35 %	29 %	27 %
21 à 22				38 %	31 %	29 %
23 à 25				42 %	35 %	32 %
26 à 28					38 %	35 %
29 à 30					41 %	38 %
31 à 34					46 %	44 %
35					48 %	46 %
36 à 40					53 %	50 %

Longueur du train inférieure ou égale à 900 m et supérieure à 800 m						
Pentes caractéristiques en mm/m	**Pourcentage de MFTN pour une vitesse de :**					
	80 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	30 km/h
0 à 8	50 %	43 %	30 %	21 %	19 %	18 %
9 à 10	52 %	46 %	33 %	24 %	20 %	19 %
11 à 13		50 %	37 %	28 %	22 %	20 %
14 à 15		52 %	41 %	31 %	24 %	22 %
16 à 18			47 %	35 %	29 %	26 %
19 à 20			52 %	39 %	32 %	30 %
21 à 22				42 %	34 %	32 %
23 à 25				46 %	39 %	35 %
26 à 28					42 %	39 %
29 à 30					45 %	42 %
31 à 34					51 %	48 %
35					53 %	51 %
36 à 40					58 %	55 %

Longueur du train inférieure ou égale à 1000 m et supérieure à 900 m						
Pentes caractéristiques en mm/m	**Pourcentage de MFTN pour une vitesse de :**					
	80 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	30 km/h
0 à 8	54 %	47 %	33 %	23 %	21 %	19 %
9 à 10	57 %	51 %	36 %	27 %	22 %	21 %
11 à 13		54 %	41 %	30 %	24 %	22 %
14 à 15		57 %	45 %	34 %	27 %	24 %
16 à 18			52 %	39 %	31 %	29 %
19 à 20			57 %	42 %	35 %	33 %
21 à 22				46 %	38 %	35 %
23 à 25				51 %	42 %	39 %
26 à 28					46 %	42 %
29 à 30					50 %	46 %
31 à 34					56 %	53 %
35					58 %	56 %
36 à 40					64 %	60 %

Masse Freinée totale de Dérive (FD) :

Le pourcentage de masse freinée totale de dérive nécessaire par rapport à la masse du train dépend de la rampe caractéristique indiquée aux « Renseignements Techniques ou à la Consigne Locale d'Exploitation » pour la section de ligne considérée.

Le pourcentage de la masse freinée totale de dérive des trains de marchandises MA 100, MA 90 et MA 80 est au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Rampes caractéristiques en mm/m	**Trains MA 100 – MA 90 – MA 80 (FD) Pourcentage de masse freinée totale de dérive nécessaire**
0 à 5	13 %
6 à 8	17 %
9 à 10	20 %
11 à 13	25 %
14 et 15	27 %
16 à 18	32 %
19 à 22	38 %
23 à 25	42 %
26 à 28	46 %
29 et 30	49 %
31 à 34	55 %
35	56 %
36 à 40	63 %

<u>Cas exceptionnels et incidents applicables aux trains de marchandises</u> :

Un véhicule (autre qu'engin moteur) équipé d'un attelage à vis et ne comportant pas la CG peut être ajouté en queue d'un train de marchandises. Dans ce cas, son attelage doit être serré à refus et sa présence mentionnée par l'agent formation sur le bulletin de freinage.

<u>Incident en pleine voie</u> :

Lorsqu'un incident se produit en pleine voie, le conducteur s'efforce de rétablir le fonctionnement normal du frein. Il applique ensuite les mêmes dispositions qu'au départ du lieu de formation et annote le bulletin de freinage.

Si le freinage du dernier véhicule normalement freiné n'est plus réalisé ou que la CG n'est plus reliée, le conducteur peut reprendre sa marche dans les conditions ci-dessous, jusqu'au premier point le plus proche de l'incident où l'infrastructure permet le remaniement du train, la conduite doit être réalisée sans à-coup de traction et avec des transitions d'effort progressives.

Si le pourcentage de masse freinée restante, en fonction de la déclivité caractéristique, est au moins égal au freinage de dérive sur la section de ligne à parcourir, sans tenir compte de la répartition, le conducteur peut se remettre en marche jusqu'à la première gare en observant les plus grandes précautions dans la conduite du train et sans dépasser la vitesse de 20 km/h.

Si le pourcentage de masse freinée restante est inférieur au freinage de dérive sur la section de ligne à parcourir, le conducteur demande le secours en indiquant les conditions de freinage restantes (masse totale et masse réalisée) compte tenu de la nature de l'incident et du profil de ligne jusqu'à la première gare. Le secours ainsi fourni doit permettre de repartir en assurant les conditions minimales de freinage.

Dans le cas où le conducteur est amené à modifier les conditions de freinage de son train, à la suite d'un incident en pleine voie ou dans un établissement ne comportant pas d'agent habilité à exercer la fonction d'agent formation, il annote et rectifie lui-même le bulletin de freinage et/ou le document défini par les exploitants ferroviaires, ou à défaut, le document relatif à la composition du train.

<u>REPERAGE DES AVARIES OU ANOMALIES DE FREIN RELATIVES AUX VEHICULES REMORQUES</u> :

L'entreprise ferroviaire ou le gestionnaire de l'infrastructure formant des convois, qui détecte une avarie ou une anomalie de frein sur un véhicule remorqué, prend les mesures visant à informer les autres personnels intéressés.

Ces informations sont transmises, notamment au moyen d'étiquettes collées sur les véhicules (un emplacement est prévu sur les véhicules sous la forme d'un cadre peint en noir situé à proximité des robinets d'isolement ou à proximité du marquage de la masse freinée).

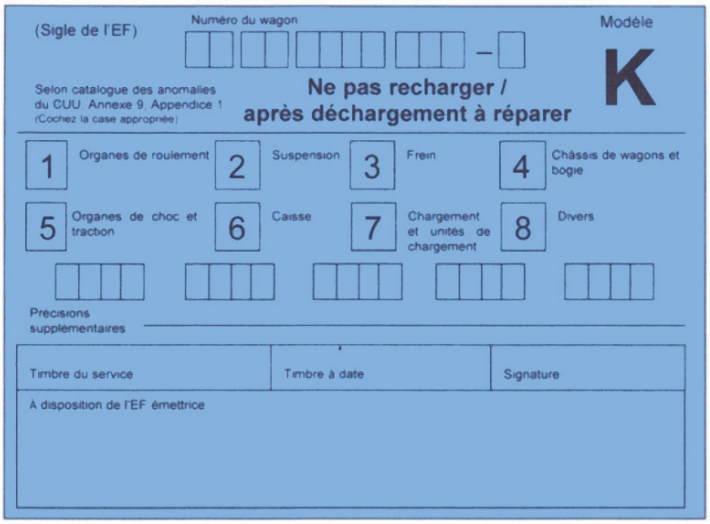
<u>L'étiquette modèle « R1 »</u> sert à identifier les véhicules remorqués dont les freins sont défectueux ou, pour des raisons particulières, ne peuvent pas être utilisés. Cette étiquette est présentée avec deux volets détachables :

* S'il s'agit du frein à main, manœuvrable de la plate-forme ou du sol, qui est inutilisable, détacher de l'étiquette la partie droite.
* S'il s'agit d'un frein pneumatique inutilisable, détacher la partie gauche de l'étiquette.

Etiquette modèle « R1 ».

L'étiquette est à apposer de manière bien visible sur les deux côtés du véhicule. Elle est complétée par une étiquette modèle « K ».

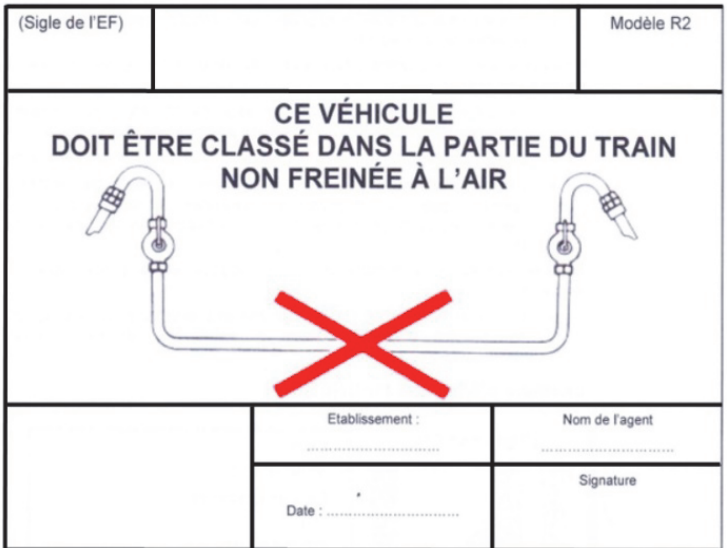
<u>L'étiquette modèle « K »</u> sert à signaler la présence d'anomalies sur des véhicules remorqués (autre qu'engin moteur) qui peuvent continuer de circuler afin d'être acheminés jusqu'à leur destination. Ces anomalies doivent cependant être éliminées avant un rechargement. L'étiquette est à apposer de manière bien visible sur les deux côtés du véhicule.



Etiquette modèle « K ».

<u>L'étiquette modèle « R2 »</u> sert à identifier un véhicule remorqué (autre qu'engin moteur) vide ou chargé porteur d'une avarie à la CG (ou organe branché sur cette dernière et ne pouvant être isolé).

L'étiquette est à apposer de manière bien visible sur les deux côtés du véhicule. Elle implique obligatoirement le classement du véhicule remorqué dans la partie du train non freinée à l'air.

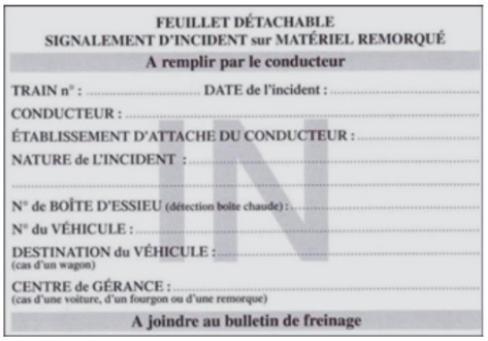


Etiquette modèle « R2 ».

<u>Etiquette « IN »</u> sert à signaler un incident sur du matériel remorqué, elle est établie par les conducteurs et apposée d'un seul côté du véhicule :

* En présence d'une anomalie sur les divers organes d'un véhicule ou sur un chargement.
* En présence d'une anomalie de frein n'entraînant pas l'isolement de l'équipement de frein du véhicule mais ayant provoqué des avaries à ce véhicule.
* En cas de détection de boîte chaude confirmée ou non, en plus de l'étiquette « IN », une étiquette plastifiée « IN » est fixée par le collier auto serrant à proximité de la boîte d'essieu détectée.

Etiquette « IN ».



Feuillet détachable à joindre au bulletin de freinage.

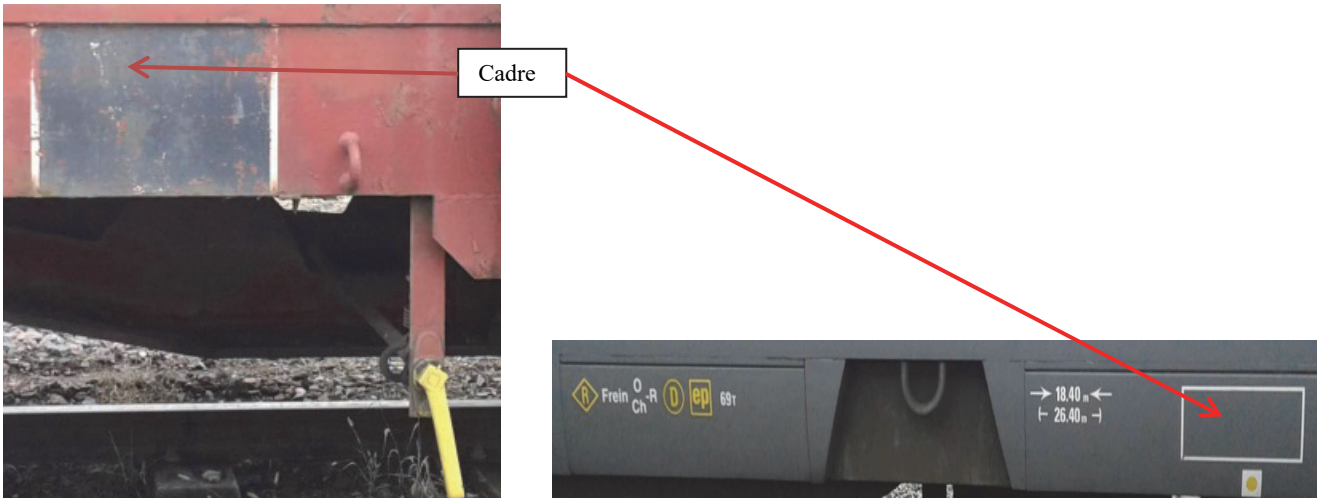
<u>Etiquette « IS »</u> sert à signaler toute anomalie du frein, réelle ou supposée, ayant entraîné l'isolement du frein d'un véhicule remorqué. Il est nécessaire que les services de maintenance vérifient le fonctionnement des appareils de frein de ce véhicule, même si cette anomalie n'a pas donné lieu à perte de temps. Chaque fois que l'anomalie se produit en dehors de la présence d'un agent du Matériel, le conducteur remplit une étiquette « IS » et la colle d'un seul côté du véhicule.

Dans tous les autres cas d'incident de frein, le conducteur appose une étiquette « IN » sauf si l'incident a pour origine un défaut de fonctionnement des appareils de frein de l'engin moteur, une fausse manœuvre du conducteur (surcharge de la CG, par exemple) ou un frein à main non desserré, auquel cas il ne pose aucune étiquette.

Etiquette « IS ».

Feuillet détachable à remettre à l'agent circulation (ou chef de service) au 1er arrêt dans une gare.

<u>Cadre prévu pour coller les étiquettes</u> :



ANOMALIES DE FREIN EN PLEINE VOIE :

Le conducteur présume une mise en action intempestive du frein :

Le conducteur :

- Commande la fonction « Neutre ».

- Observe le manomètre CG :
  * S'il ne constate pas de chute de pression CG : il commande la fonction « Marche », puis surveille le train afin de découvrir l'anomalie. Eventuellement, il provoque l'arrêt pour effectuer la visite de son train.

- S'il constate une chute de pression CG, FEP en service, avec ou sans allumage de LS FEP :
  * Place l'interrupteur FEP sur « Hors Service ».
  * Si la CG peut être réalimentée, applique les mesures de circulation sans FEP.
  * Si la CG ne peut pas être réalimentée, il continue comme ci-dessous.
  * Avise le Régulateur ou à défaut l'agent circulation de la première gare d'arrêt.

- S'il constate une chute de pression CG dans les autres cas :
  * Provoque l'arrêt.
  * Applique les mesures de sécurité réglementaires.

En cas de déraillement de son train en pleine voie avec engagement d'une voie voisine, le conducteur assure par priorité la protection de l'obstacle sur cette voie.

Il opère de même en cas de présomption de déraillement, lorsque, du fait des circonstances il ne peut s'assurer rapidement qu'une voie voisine n'est pas engagée.

Le conducteur considère notamment que le train est déraillé lorsqu'il constate dans la CG une dépression qu'il n'a pas provoquée et qui se produit :

- Dans un tunnel ou à ses abords.
- Sur une zone de limitation temporaire de vitesse ou sur une zone de limitation permanente de vitesse signalisée par un tableau indicateur de vitesse, d'un taux inférieur ou égal à 50 Km/h ou juste après l'avoir franchie.
- En même temps qu'une mise hors tension de la caténaire.

Le conducteur observe le manomètre RP :

Le manomètre RP indique la pression de régime ou remonte à la pression de régime, selon le type de robinet :

- **H7A :**
  * Prend les mesures nécessaires à l'immobilisation du train (frein direct, frein à main de l'engin moteur, freins d'immobilisation des véhicules, cales).
  * Place le robinet H7A sur « Marche » et recherche la fuite CG à partir du robinet de frein.

- **Autres robinets :**
  * Supprime la fonction « Neutre ».
  * Observe le RE :
    * RE remonte à 3 bars : prend les mesures nécessaires à l'immobilisation du train (frein direct, frein à main de l'engin moteur, freins d'immobilisation des véhicules, cales), recherche la fuite CG à partir du robinet de frein.
    * RE ne remonte pas à 3 bars : applique le guide de dépannage.

- **Le manomètre RP ne remonte pas à la pression de régime :**
  * La CP n'est pas accouplée au train : le conducteur applique le guide de dépannage.
  * La CP est accouplée au train : le conducteur ferme les deux robinets d'arrêt CP entre l'engin moteur et le premier véhicule et observe de nouveau le manomètre CP :

* Le manomètre RP ne remonte pas à la pression de régime : le conducteur applique le guide de dépannage.

* Le manomètre RP remonte à la pression de régime : lorsque la fermeture des deux robinets d'arrêt CP situés entre l'engin moteur et le premier véhicule n'a pas de conséquence sur la vitesse du train, le confort des voyageurs ou si la perte de temps entraînée par la recherche des fuites risque d'être supérieure à celle occasionnée par la réduction de vitesse, le conducteur :

* Maintient fermé les deux robinets d'arrêt CP.
* Place l'interrupteur FEP sur « Hors Service ».
* Avise, s'il y a lieu, les agents du train (cas des voitures ou de remorques à fermeture pneumatique des portes).
* Tient compte de la présence éventuelle de voitures à suspension pneumatique.

* Sinon le conducteur :

* Prend les mesures nécessaires pour immobiliser le train.
* Ouvre les robinets d'arrêt CP entre l'engin moteur et le premier véhicule.
* Recherche la fuite.
* Détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.

<u>Le conducteur a conclu à une fuite CG</u> :

Après avoir assuré l'immobilisation du train, le conducteur visite le train jusqu'au véhicule porteur de la signalisation d'arrière, dont il vérifie la présence, pour s'assurer que le train est complet.

- <u>Le conducteur découvre un signal d'alarme ou un robinet d'urgence ouvert</u> :
  * A la demande des agents du train ou en leur absence, le conducteur réenclenche le signal d'alarme ou referme le robinet d'urgence.
  * De retour sur l'engin moteur, le conducteur effectue si elle n'y est déjà, une dépression de 0,800 bar, desserre les freins et remet le FEP s'il y a lieu.

- <u>Le conducteur découvre un désaccouplement ou l'éclatement d'un accouplement de frein</u> :
  Le conducteur doit :
  * Fermer le robinet d'arrêt situé immédiatement avant la fuite.
  * Remédier aux anomalies constatées.
  * Ouvrir le robinet d'arrêt.
  * Apposer une étiquette « IN » sur le (ou les) véhicule (sauf locomotives et éléments automoteurs où il annote le carnet de bord) et remplir le coupon détachable.
  * Procéder à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.

  Lorsque le véhicule possède une CG bifurquée, le conducteur peut utiliser le second accouplement de frein en disposant convenablement les robinets d'arrêt.

- <u>Le conducteur découvre la fermeture intempestive d'un robinet d'arrêt CG</u> :
  L'attention du conducteur peut être attirée par un échappement d'air au trou de fuite d'un robinet d'arrêt de la CG.
  Le conducteur doit :
  * Ouvrir ce robinet après avoir, le cas échéant, remédié aux causes ayant pu en provoquer la fermeture.
  * Apposer une étiquette « IN » sur le véhicule (sauf locomotives et éléments automoteurs où il annote le carnet de bord) et remplir le coupon détachable.
  * Procéder à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.

- Le conducteur découvre une fuite à la CG après le robinet d'isolement :
  Le conducteur isole l'équipement de frein du véhicule, il doit :
  * Fermer le robinet d'isolement situé sur la conduite dérivée de la CP si le véhicule en est équipé.
  * Fermer le robinet d'isolement situé sur la conduite dérivée de la CG.
  * Actionner la commande de la valve de purge jusqu'à cessation du bruit d'échappement d'air.
  * S'assurer que le frein est desserré ; la timonerie ne doit être démontée qu'en dernier lieu.
  * Apposer une étiquette « IS » et remplir le coupon détachable.
  L'isolement d'un véhicule doit être partiel chaque fois que l'équipement le permet.
  De retour sur l'engin moteur, le conducteur :
  * Effectue si elle n'y est déjà une dépression de 0,800 bar.
  * Desserre les freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.
  * Détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.

- Le conducteur découvre une fuite à la CG avant le robinet d'isolement :
  Le conducteur doit :
  * Fermer le robinet d'arrêt de la CG, et celui de la CP lorsque cette conduite est accouplée à l'arrière du véhicule qui précède immédiatement celui qui est avarié.
  * Sauf si cette partie du train doit rester en pleine voie, actionner la tringle de commande de la valve de purge, jusqu'à cessation du bruit d'échappement d'air de tous les véhicules sur lesquels l'action du frein continu a été supprimée.
  * Apposer une étiquette « IN » sur le véhicule incriminé et remplir le coupon détachable.

  De retour sur l'engin moteur, le conducteur :
  * Effectue si elle n'y est déjà une dépression de 0,800 bar.
  * Desserre les freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.
  * Détermine les conditions de remise en marche de son train et la vitesse limite en fonction du freinage réalisé.

- Le conducteur ne trouve aucune fuite :
  Après avoir vérifié l'étanchéité de l'engin moteur seul, le conducteur :
  * Ferme le robinet d'arrêt de la CG à l'arrière d'un véhicule situé vers le milieu du train.
  * Contrôle l'étanchéité de la CG de la demi-rame.
  * Si l'anomalie persiste, l'anomalie se situe dans la première demi-rame.
  * Si l'étanchéité est satisfaisante, l'anomalie se situe dans la deuxième demi-rame.

  Dans l'un et l'autre cas, la localisation du véhicule avarié s'effectue dans la demi-rame en cause en disposant les robinets d'arrêt CG convenablement pour tester les véhicules un par un en partant de la source d'air jusqu'à découverte de l'anomalie.
  * Isole le véhicule incriminé, appose une étiquette « IS » et remplit le coupon détachable.
  * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.
  * Détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.

- Le conducteur découvre un déraillement :
  Le conducteur applique les prescriptions règlementaires de protection des obstacles inopinés sur la ou les voies intéressées.

Le conducteur constate ou est avisé du blocage d'un ou plusieurs véhicules :

Le conducteur doit :
* Prendre les mesures nécessaires pour immobiliser le train.
* Placer le FEP sur « Hors service ».

* Alimenter la CG en utilisant la « Surcharge ».
* Vérifier que le blocage n'a produit aucun incendie.
* Apposer une étiquette « IN » s'il en résulte une avarie aux roues et remplir le coupon détachable.
* Visiter son train jusqu'au véhicule porteur de la signalisation d'arrière pour déterminer s'il s'agit du blocage d'un ou plusieurs véhicules. Son attention est appelée sur le fait qu'il peut s'agir d'une boîte chaude ou toutes autres causes nécessitant la visite du ou des véhicules.
* Vérifier que le blocage n'est pas la conséquence de freins à main serrés, d'un robinet d'arrêt CG fermé situé avant le véhicule ou la partie de train bloqué, ou d'un robinet d'isolement fermé sur le ou les véhicules bloqués.

- Aucun robinet d'arrêt CG n'est fermé :
  Un seul véhicule est bloqué ou présente des traces de blocage, alors que ses équipements de frein sont en service, le conducteur :
  * Isole le frein de ce véhicule, appose une étiquette « IS » et remplit le coupon détachable.
  * Vérifie que le blocage n'a pas provoqué d'avaries aux roues.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.
  * Détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.

  Plusieurs véhicules sont bloqués alors que leurs équipements de frein sont en service, le conducteur :
  * Vérifie sur chaque véhicule bloqué qu'il n'y a pas d'avarie aux roues et actionne la commande de la valve de purge juste le temps suffisant pour provoquer le desserrage.
  * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.

- Un ou des robinets d'arrêt CG sont fermés :
  Le dernier véhicule normalement freiné est bloqué ou plusieurs véhicules sont bloqués, le conducteur doit :
  * Ouvrir le ou les robinets d'arrêt CG.
  * Vérifier que le blocage n'a pas provoqué d'avaries aux roues.
  * Apposer une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplir le coupon détachable.
  * Procéder à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.

- Un ou des robinets d'isolement ont été trouvés fermés sans cause apparente :
  Le conducteur doit :
  * Ouvrir ce ou ces robinets.
  * Vérifier que le blocage n'a pas provoqué d'avaries aux roues.
  * Apposer une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplir le coupon détachable.
  * Procéder à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remettre s'il y a lieu le FEP.

Le conducteur constate une absence ou une insuffisance de freinage :

Le conducteur :
- Effectue immédiatement un serrage d'urgence qu'il maintient jusqu'à l'arrêt.
- S'assure que la traction est coupée.
- Utilise, s'il en dispose, le frein électrique.
- Prend les mesures nécessaires pour immobiliser le train.
- Place l'interrupteur FEP sur « Hors Service ».
- S'assure que l'absence de freinage n'est pas due à une avarie au robinet du mécanicien.
- Procède à la visite de son train, frein automatique serré, en maintenant le robinet d'urgence ouvert ou le bouton poussoir d'urgence enfoncé.

Le conducteur découvre :

- Un ou des robinets d'arrêt CG fermés :
  * Ouvre ce ou ces robinets.
  * Appose une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplit le coupon détachable.
  * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.
  * Retire les mesures d'immobilisation.

- Le non serrage d'un ou plusieurs véhicules :
  Le conducteur s'assure de la mise en service du frein :
  * Le frein est en service :
    * Isole l'équipement de frein.
    * Appose une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplit le coupon détachable.
    * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
    * Remet s'il y a lieu le FEP.
    * Détermine la vitesse en fonction du freinage réalisé.
    * Retire les mesures d'immobilisation.

- Le frein est isolé non étiqueté :
    * Remet en service ces équipements de frein.
    * Commande la fonction « Desserrage ».
    * Attend le remplissage du ou des RC (de l'ordre de 5 minutes).
    * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
    * Remet s'il y a lieu le FEP.
    * Retire les mesures d'immobilisation.

- Des dispositifs « Marchandises-Voyageurs », « Vide-Chargé », en mauvaise position :
  * Remet ces dispositifs en bonne position.
  * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.
  * Retire les mesures d'immobilisation.

- Des anomalies mécaniques aux organes de frein (usure excessive des semelles de frein, timoneries à régler, ….) :
  * Isole les véhicules concernés.
  * Appose une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplit le coupon détachable.
  * Procède à la vérification du fonctionnement des freins.
  * Détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.
  * Remet s'il y a lieu le FEP.
  * Retire les mesures d'immobilisation.

- Le conducteur ne découvre aucune anomalie :
  Il procède à la vérification du fonctionnement des freins :
  * Au cours de cette vérification, le conducteur découvre un ou des véhicules, normalement freinés, desserrés :
    * Le conducteur isole ce ou ces véhicules.
    * Appose une étiquette « IN » sur le ou les véhicules incriminés et remplit le coupon détachable.
    * Il détermine la vitesse limite de son train en fonction du freinage réalisé.
    * Retire les mesures d'immobilisation.

  * Si l'essai est concluant :
    * Le conducteur se met en rapport avec l'agent circulation ou le régulateur.
    * Sollicite des instructions.
    * Retire les mesures d'immobilisation.
    * Reprend sa marche en prenant, en plus du respect des règles habituelles, les plus grandes précautions jusqu'au point désigné.

Vérification du fonctionnement des freins après un incident :

Après tout incident dans lequel une intervention a été effectuée sur la continuité de la CG et sur les équipements de frein, il est nécessaire d'obtenir la double assurance que les freins fonctionnent au serrage et que la continuité CG est toujours réalisée.

Le conducteur :
- Alimente la CG en utilisant le « Grand Débit » (laisse la « Surcharge » si elle est en service).
- Attend la fin du remplissage des équipements de frein.
- Effectue une dépression de 0,800 bar par le robinet du mécanicien.
- Commande la fonction « Neutre ».
- Vérifie en se dirigeant vers la queue du train le serrage des freins de tous les véhicules normalement freinés.
- Ouvre le robinet d'arrêt CG du dernier véhicule relié à la CG et attend la vidange complète.
- Referme le robinet d'arrêt CG.
- De retour en cabine de conduite, s'assure de la vidange de la CG par observation du manomètre.
- Alimente la CG en utilisant le « Grand Débit » (avec la « Surcharge » si elle a été utilisée).

ANOMALIES DE FREIN SUR LES TGV :

L'engin n'est pas équipé du SIAC ou il ne fonctionne pas :

Les opérations de sondage et d'action sont quasiment identiques à celles des autres trains.
Dans tous les cas d'incident de frein, le conducteur détermine la vitesse limite en fonction des conditions de freinage avec l'aide de ses documents et annote le carnet de bord.

Pour la vérification du fonctionnement des freins, le conducteur :
- Effectue une dépression d'un bar dans la CG.
- Commande la fonction « Neutre ».
- Supprime l'action du FIP ou du FIEF.
- Vérifie le serrage de tous les bogies.
- Enfonce le BP URG dans la cabine arrière du train et attend la vidange complète de la CG.
- Relève le BP URG.
- Au retour dans la cabine en service, s'assure de la vidange complète de la CG par observation du manomètre.
-

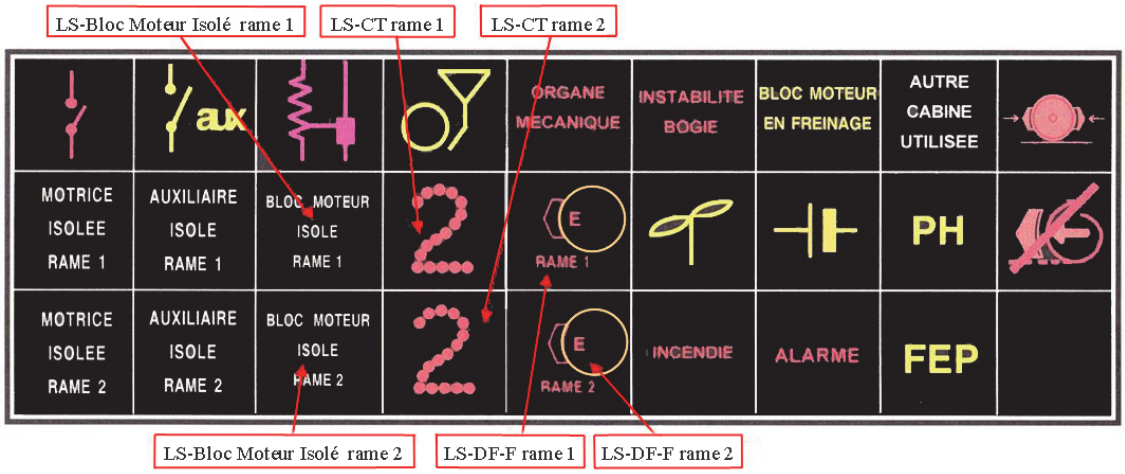
Actions supplémentaires sur les TGV PSE :

L'allumage d'une lampe « Bloc Moteur isolé » et une lampe « Défaut Freinage LS-DF-F » s'allument avec une lampe comptage « LS-CT » au cours d'un freinage de maintien ou d'un freinage combiné, le conducteur :
- Tient compte, au cours du freinage, du non fonctionnement du freinage rhéostatique sur le nombre de blocs moteurs isolés.
- Ramène, s'il y a lieu, avant la reprise de la traction le manipulateur de traction à « 0 ».
- Appuie deux secondes sur l'interrupteur à rappel de « Remise en Service ».
- Si les lampes se rallument au cours d'un freinage :
  * Avec un comptage inférieur ou égal à « 3 » en US (ou « 6 » en UM), sans autre anomalie de frein => voir le guide de dépannage à la première occasion favorable.
  * Dans tous les autres cas => arrêt immédiat et application du guide de dépannage.

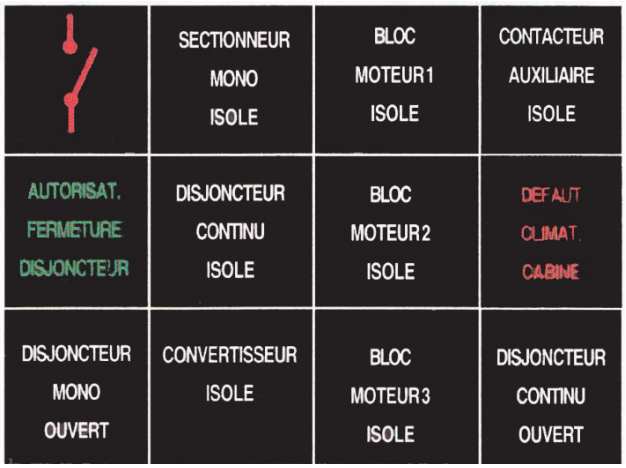
L'allumage d'une lampe « Défaut Freinage LS-DF-F » et une lampe de comptage « Blocs Moteurs LS-CT », le conducteur :
- Avec un comptage inférieur ou égal à « 3 » en US (ou « 6 » en UM), sans autre anomalie de frein => voir le guide de dépannage à la première occasion favorable.
- Dans tous les autres cas => arrêt immédiat et application du guide de dépannage.

L'allumage d'une lampe « Bloc Moteur en Freinage » en traction, la CG étant alimentée à 5 bars, le conducteur :

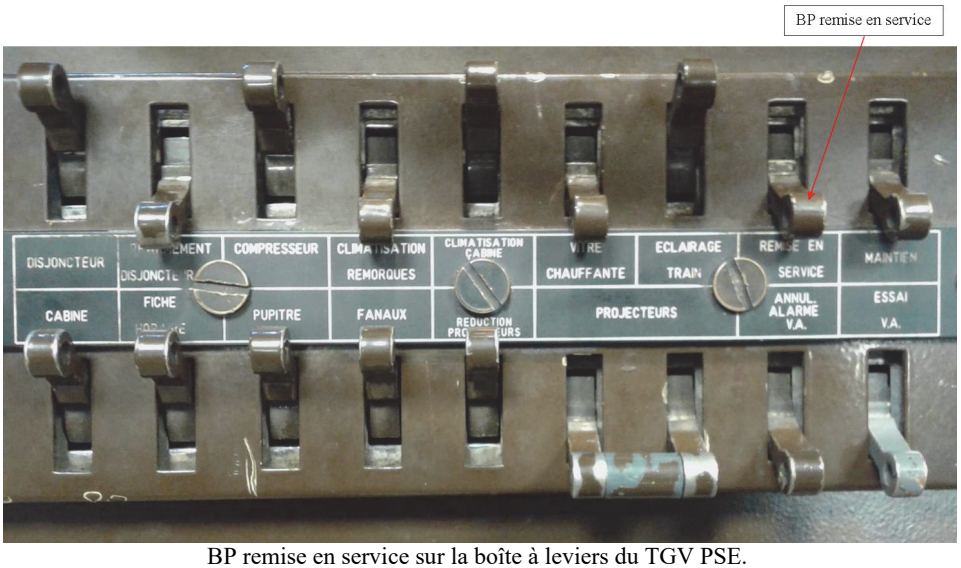
- Ramène le manipulateur de traction à « 0 ».
- Déplace le manipulateur de traction sur le secteur « Intensité ».
- Si la lampe « Bloc Moteur en Freinage » se rallume :
  * Ramène le manipulateur de traction à « 0 ».
  * Application du guide de dépannage à la première occasion favorable.



Lampes de signalisation pupitre TGV PSE.



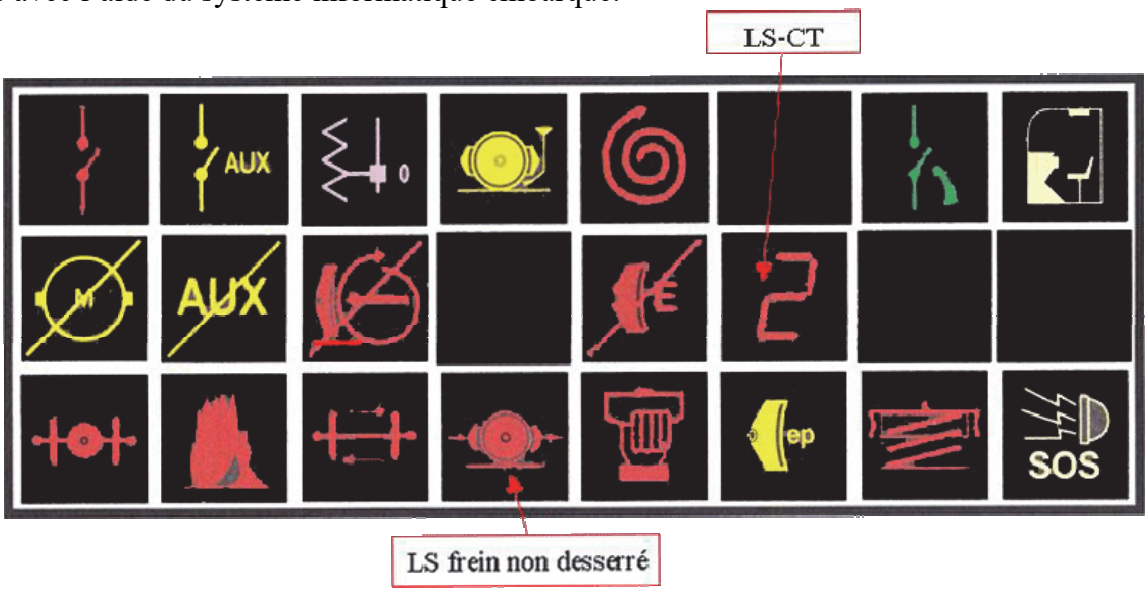
Lampes locales de signalisation bloc cabine TGV PSE.



BP remise en service sur la boîte à leviers du TGV PSE.

L'engin est équipé du SIAC :

Le conducteur utilise le système informatique en frappant la touche « A » du clavier et poursuit le dépannage avec l'aide du système informatique embarqué.



Lampes de signalisation pupitre TGV PBKA.

CONCLUSION

Le freinage des trains est un système complexe où beaucoup d'éléments sont à prendre en considération : charge à l'essieu, diamètre des roues, état du rail, vitesse, composition du train, conditions météorologiques. Il est difficile, voire impossible, par le calcul d'avoir une formule, un algorithme unique et exact tant les trains sont différents les uns des autres. Beaucoup d'améliorations ont été apportées grâce à l'électronique et à l'informatique embarquées qui gèrent notamment le glissement de la roue sur le rail. Lors d'essais, un TGV à 300 km/h s'arrête sur 2800 m sur rail sec et 3000 m en situation dégradée (rail mouillé avec de l'eau savonneuse projetée devant les roues). L'amélioration tant recherchée du coefficient de traînée, le fameux Cx, contribue à économiser de l'énergie en traction, mais augmente les distances de freinage, il y a moins de résistance à l'avancement. Un TGV roule bien mieux qu'un train composé de wagons porte autos où l'air s'engouffre dans tous les véhicules. Les nouveaux et futurs matériaux composant les disques et semelles de frein amélioreront encore le freinage des trains dans les années à venir mais il semble inconcevable d'arrêter un TGV en pleine vitesse sur 1000 m d'autant que les voyageurs ne sont pas attachés à leur siège, se promènent dans les couloirs, peuvent être à la voiture bar et supporteraient difficilement la décélération importante pour la plupart.

Bibliographie :

Documents de formation du personnel de conduite SNCF.
Documents de formation du personnel de conduite SNCF TGV.
Documents personnels.
Documents de perfectionnement des attachés des groupes I et II.
Documents EPSF.
Livre sur l'excellence ferroviaire française (record du monde à 574,8 Km/h).

Remerciements :

Au Musée du Cheminot d'Ambérieu en Bugey pour les photos que nous avons pu faire.
A Messieurs Claude MARO, Dominique REPIQUET et Yves ROBERT pour la relecture.
SNCF Mobilités, Direction du Matériel, Communication pour leur accord de publication.

Siège social

ACTGV

9, Square du Cini

77240 CESSON

Site : http://actgv.fr

Imprimerie : Mail-Edit, 172 rue de Charonne Paris 75011

Réalisé par Michel Durochat, Gilbert Desplanques Réalisé en Août 2018