

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**Maintenance des systèmes mécaniques automatisés
Option « Systèmes ferroviaires »**

Epreuve E2 – Epreuve technologique – Sous épreuve A2
Etude technologique des matériels roulants et des automatismes

Unité U 21**Durée : 2 heures****Coefficient : 1,5**

Cette épreuve permet de vérifier que le candidat a acquis les compétences en :

- technologie des matériels roulants.

L'épreuve a pour support un dossier technique relatif aux matériels roulants.

Ce sujet comporte :

- 23 pages (page de garde comprise) numérotées 1/23 à 23/23.

Thème :**Servomoteur de vitesse des locomotives CC 72000.****Composition du sujet :**

- 1 dossier technique → pages 2/23 à 15/23.
- 1 dossier questions – réponses → pages 16/23 à 23/23.

Calculatrice autorisée. Calculatrice de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans aucun moyen de transmission, à l'exclusion de tout autre élément matériel et documentaire (*circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 ; B.O.E.N. n° 42*).

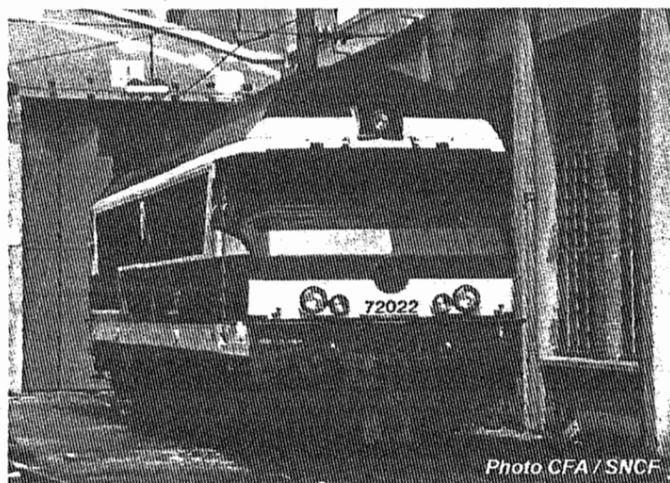
Aucun document autorisé.

Les réponses doivent être inscrites au stylo noir ou bleu.

L'ensemble du dossier questions - réponses est à rendre impérativement, même s'il n'a pas été complété par le candidat. Il ne devra pas porter d'indications susceptibles de reconnaître l'identité du candidat. Il sera agrafé à une copie d'examen par le surveillant de l'épreuve.

Présentation du matériel**1. Présentation de la locomotive CC 72000**

La locomotive CC 72000 est une locomotive dite « diesel électrique » destinée à assurer la remorque des trains de fret et de voyageurs.

**1.1 Mise en service de la locomotive et description du principe « diesel électrique »**

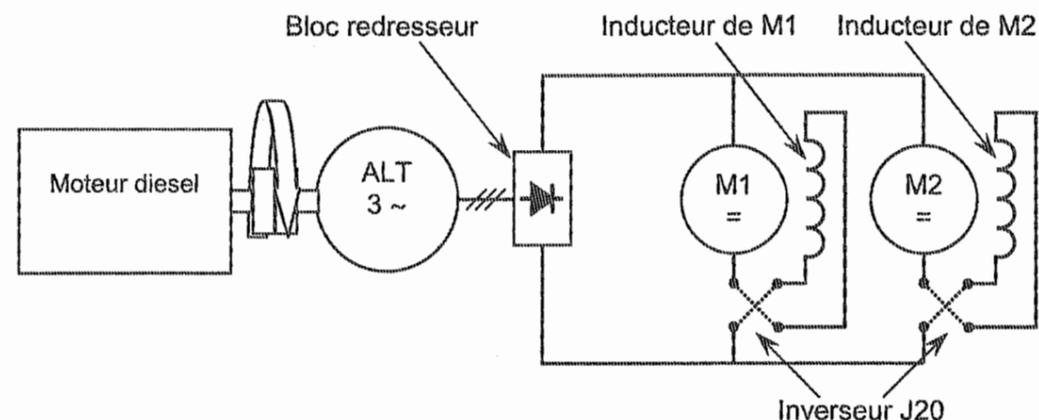
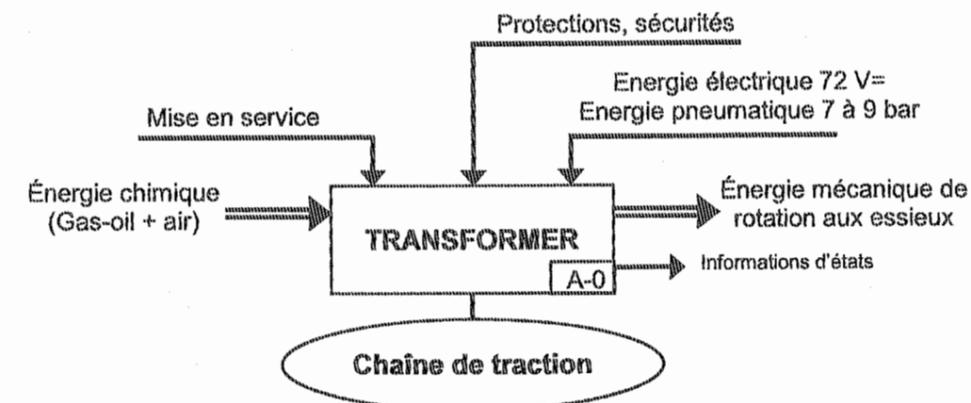
Pour la mise en service de la locomotive, l'agent de conduite (ADC) doit :

- effectuer la fermeture du sectionneur batterie **HBA**,
- effectuer la mise en service de la boîte à leviers **BL**,
- actionner le bouton poussoir **BP R QT**,
- constater l'extinction de la lampe **LS QT**.

→ Voir schéma électrique de commande page 15/23.

Un moteur « diesel » entraîne un **alternateur triphasé ALT**. Le courant fourni par le stator de l'alternateur est redressé par un **bloc redresseur** (ensemble de diodes) et alimente **2 moteurs de traction M1 et M2** du type « série continu », couplés en parallèle. Ceux-ci transmettent par l'intermédiaire d'une transmission l'effort moteur aux essieux.

Un **inverseur J20** permet d'inverser le sens du courant dans les inducteurs du moteur pour changer le sens de déplacement de la locomotive.

**1.2 Analyse fonctionnelle descendante de la chaîne de traction – AFD niveau A-0****2. Principe de mise en vitesse****2.1 Partie opérative**

Afin de permettre l'accélération de la locomotive et, par conséquent, conserver le couple moteur supérieur au couple résistant, il faut maintenir l'intensité dans les moteurs de traction à une certaine valeur. Or la valeur de l'intensité diminue au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse (influence de la force contre-électromotrice), il faut à nouveau augmenter cette intensité pour conserver le couple supérieur au couple résistant.

Cette **augmentation de l'intensité** dans les moteurs de traction est obtenue en **accroissant la tension aux bornes de l'alternateur ALT** (voir schéma de principe § 2.3) :

- soit par l'accélération de la vitesse de rotation du moteur « diesel » donc de celle de l'alternateur **ALT**,
- soit par la variation du courant d'excitation de l'alternateur en utilisant un coffret d'excitation **REG** qui modifie le débit de la statodyne **ST**,
- soit par shuntage des inducteurs.

2.2 Partie commande (voir schéma de principe § 2.3)

La mise en vitesse est commandée par l'agent de conduite qui agit sur un manipulateur **MP**.

Le manipulateur **MP** commande un servomoteur de vitesse **SMV** qui provoque, par l'intermédiaire de ses contacts, la fois l'**accélération du moteur « diesel »** et l'**excitation de l'alternateur ALT**, c'est-à-dire l'augmentation de la tension délivrée par l'alternateur. Cette plage de tension est répartie sur plusieurs positions appelées « **crans de traction** ».

Pour chaque cran de traction, le coffret d'excitation **REG** de l'alternateur va fonctionner en **régulateur** de manière à donner une tension **constante** aux bornes des moteurs de traction.

Lorsqu'il n'est plus possible d'augmenter la tension aux bornes de l'alternateur, on peut encore accroître l'intensité en **shuntant les inducteurs** des moteurs de traction **M1** et **M2** par un servomoteur pneumatique de shuntage **SMSH**.

3.7 Correspondance technologique des composants du servomoteur pneumatique

Dans le schéma de principe du fonctionnement représenté page 7/23 :

- **P1 et P2** sont des **actionneurs** assimilables à deux **vérins double effet**.

L'ensemble tige plus piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant (tige sortant) est plus grand que l'effort en tirant (tige rentrant) car la pression n'agit pas sur des surfaces identiques (d'un coté, une partie de la surface est occupée par la tige).

- **VE1 SMV et VE2 SMV** correspondent à deux **distributeurs de type 3/2**.

La communication entre les différentes chambres est réalisée par le déplacement d'une tige à double clapet pilotée par électro-aimant.

3.8 Possibilité de réglage des actionneurs P1 et P2

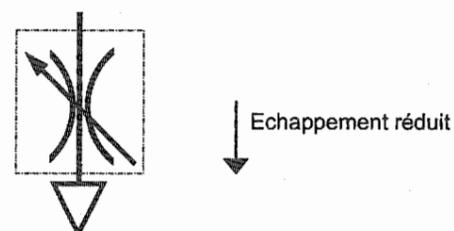
Afin de contrôler la vitesse de translation de P1 et P2, des dispositifs pneumatiques, visant à régler le débit du fluide entrant ou sortant des vérins, peuvent être mis en place.

Dans les circuits pneumatiques, deux types de régulateurs sont utilisés :

- **Les réducteurs d'échappement.**

Ils sont, généralement, implantés sur les orifices d'échappement des distributeurs. Ils permettent de limiter la mise à l'atmosphère du fluide contenu dans une ou les chambres d'un vérin pour lequel on souhaite régler la vitesse d'entrée ou/et de sortie de la tige.

→ **Symbole**



- **Les réducteurs de débit unidirectionnels.**

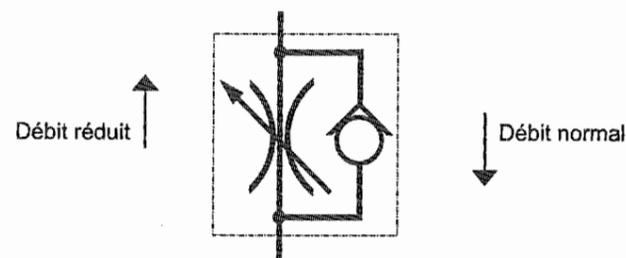
Les plus utilisés, ils sont placés entre les distributeurs et les vérins. Ils contrôlent le débit du fluide, c'est-à-dire la réduction, dans un seul sens de circulation et restent neutres dans l'autre sens.

Suivant le sens de montage, ils contrôlent :

- le débit entrant dans la chambre du vérin (**régulation à l'admission**) ou,
- le débit sortant de la chambre du vérin (**régulation à l'échappement**).

Ils sont implantés directement sur les orifices des vérins ou des distributeurs, ou encore, selon l'accessibilité, sur les conduits reliant les distributeurs aux vérins.

→ **Symbole**



4. Régulation de la puissance du moteur « diesel »

4.1 Problèmes

Le moteur « diesel » risque d'être surchargé pour 2 raisons :

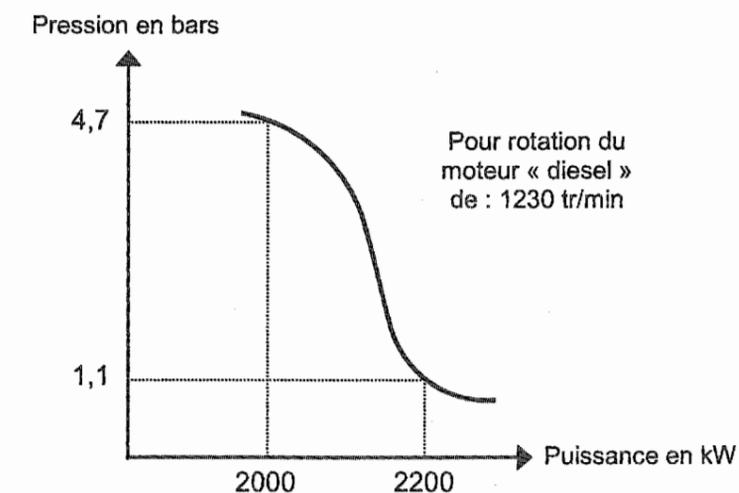
- A chaque cran de traction correspond une tension pratiquement constante aux bornes des moteurs de traction. Si la vitesse du train diminue, l'intensité aux moteurs de traction augmente et la puissance demandée au moteur « diesel » augmente.
- Si l'utilisation des crans n'est pas limitée, la puissance électrique demandée devient supérieure à la puissance mécanique offerte par le moteur « diesel ».

4.2 But de la régulation

- Ne permettre la progression des crans que lorsque la puissance offerte par le moteur « diesel » le permet.
- Commander automatiquement la régression des crans si le moteur « diesel » risque d'être surchargé.

4.3 Principe

A fréquence de rotation stable du moteur « diesel », la pression d'huile dans le régulateur de la pompe d'injection du moteur diminue quand la puissance de celui-ci augmente (voir diagramme ci-dessous).



L'écart entre 2 puissances appelées WMIN (puissance minimum) et WMAX (puissance maximum) correspondant à l'écart de puissance électrique entre 2 crans successifs est contrôlé par 2 manostats **MIN** et **MAX** (voir schéma électrique de commande page 16/24).

4.4 Cas de la progression interdite

Lorsque l'on veut augmenter l'effort de traction et que la puissance demandée au moteur « diesel » atteint ou dépasse **W_{MIN}**, le manostat **MIN** (pression < à 4,7 bars), par l'intermédiaire de son relais **Q_{MIN}**, interdit la progression.

Une nouvelle progression ne sera possible que lorsque la puissance demandée sera de nouveau inférieure à **W_{MIN}**.

4.5 Cas de la régression automatique

Lorsque l'on maintient l'effort de traction maximum et que la puissance demandée au moteur « diesel » atteint **W_{MAX}**, le manostat **MAX** (pression < à 1,1 bar), par l'intermédiaire de son relais **Q_{MAX}**, commande la régression automatique des crans jusqu'à ce que la puissance offerte par le moteur « diesel » soit inférieure à **W_{MAX}**. (Pour des raisons de sécurité, le manostat **MAX** provoque la désexcitation de **Q_{MAX}**).

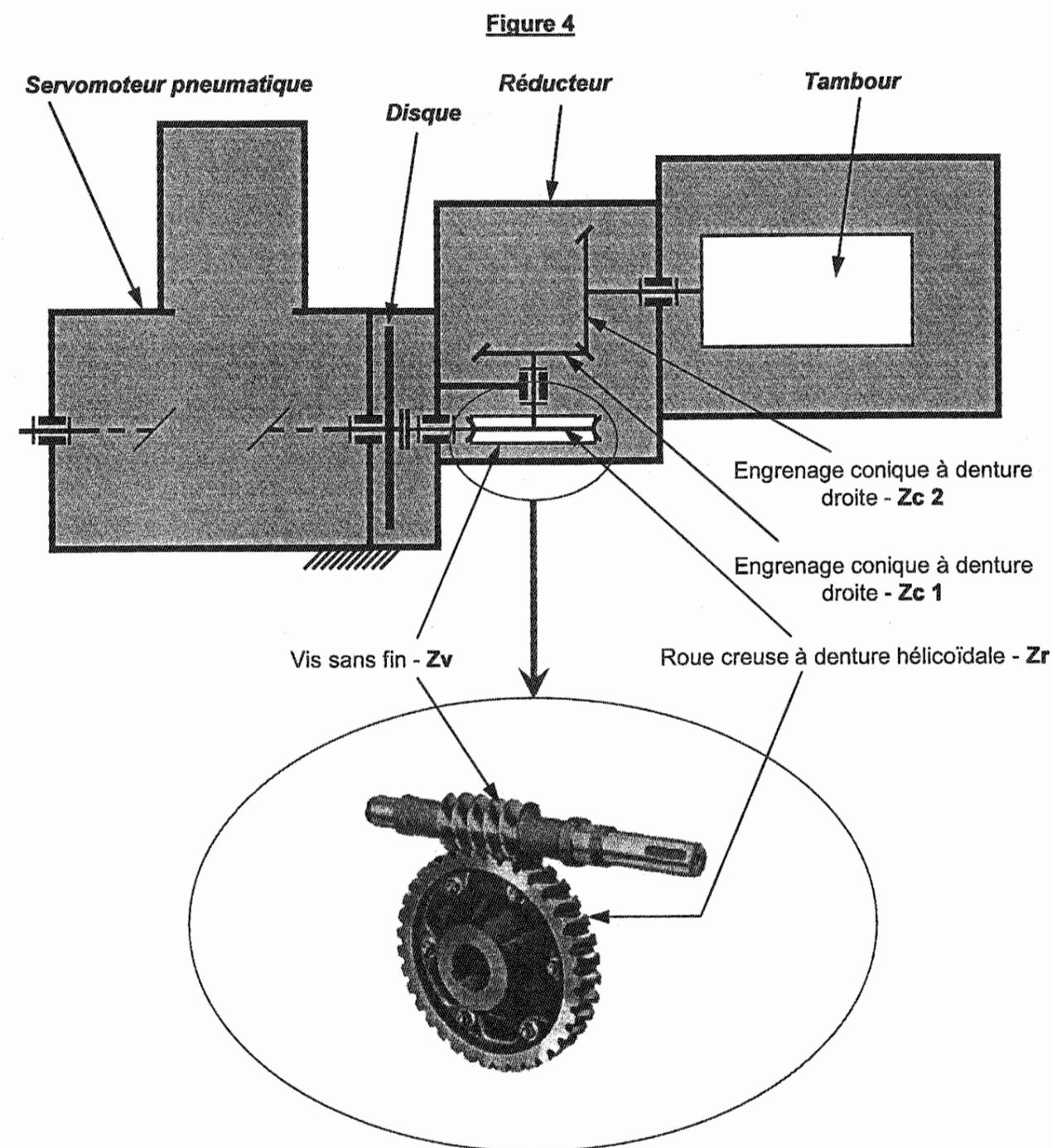
4.6 Etat des manostats

Sur le schéma électrique de commande (page 15/23), les manostats sont représentés au repos. Le changement de position de **MIN** s'effectue lorsque la pression est > à 4,7 bars et le changement de **MAX** quand la pression est > à 1,1 bar.

5. Le réducteur du servomoteur SMV

Le réducteur du servomoteur SMV assure l'entraînement du tambour d'une fraction de tour pour un tour complet du servomoteur pneumatique.

Le réducteur du servomoteur **SMV** est constitué d'une vis sans fin, montée sur l'axe de sortie du servomoteur pneumatique (après le disque), entraînant une roue creuse à denture hélicoïdale associée mécaniquement à un train d'engrenages coniques à denture droite permettant la rotation du tambour (figure 4).

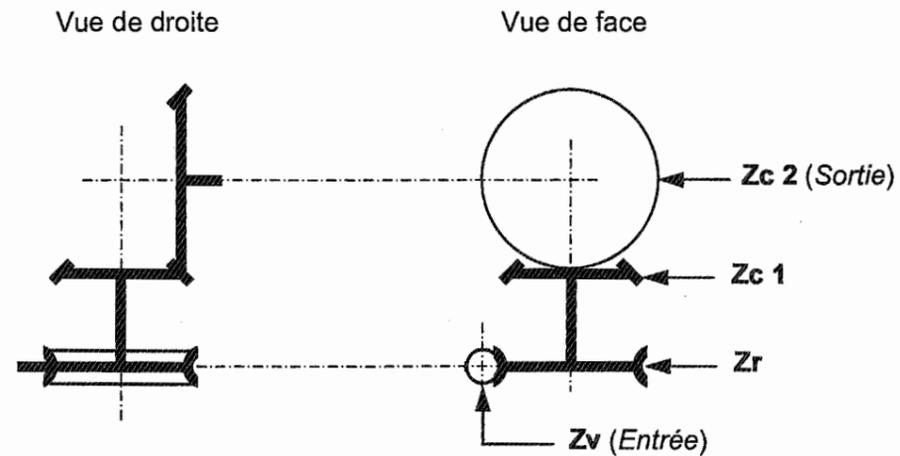


E2 - A2	DOSSIER TECHNIQUE	Page 12 / 23
---------	--------------------------	--------------

5.1 Caractéristiques du réducteur du servomoteur de vitesse SMV

Figure 4 - Figure 5	Zv	Zr	Zc 1	Zc 2
Nombre de filets ou de dents	3 filets	38 dents	38 dents	108 dents
Angle d'inclinaison de l'hélice	$\beta_V = 86^\circ$	$\beta_R = 4^\circ$	-	-

Figure 5



5.2 Rapport de transmission $R_{S/E}$

$$\text{Le rapport de transmission} = \frac{\text{Produit du nombre de dents des roues menantes}}{\text{Produit du nombre de dents des roues menées}}$$

Dans les calculs du rapport de transmission, le nombre de filets de la vis remplace le nombre de dents d'une roue.

Sur les figures 4 et 5, la vis sans fin, repérée **Zv**, est menante (*Entrée*), la roue conique, repérée **Zc 2**, est menée (*Sortie*).

E2 - A2	DOSSIER TECHNIQUE	Page 13 / 23
---------	--------------------------	--------------

Maintenance

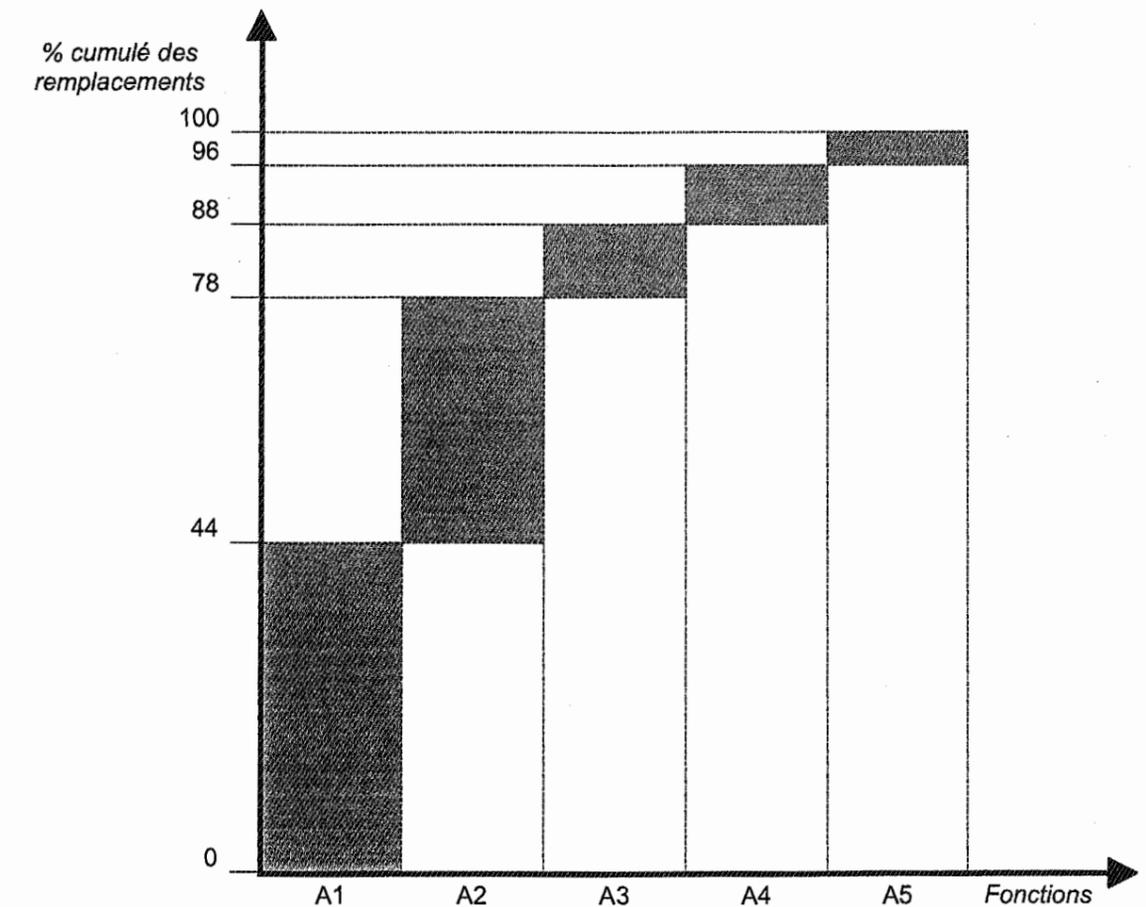
6. Intervention de maintenance corrective

Au cours d'une intervention de maintenance corrective, réalisée sur les équipements de traction du parc de locomotives CC 72000 durant une période de 12 mois, il a été procédé aux remplacements de certains organes et groupes d'organes.

6.1 Organes et groupes d'organes remplacés

Organes remplacés	Nombre	Fonctions	% des remplacements	% cumulé des remplacements	Coûts en €
SMV partie mécanique	22	A1	44 %	44 %	2 775
SMV partie électrique	17	A2	34 %	78 %	6 475
Manostats MIN - MAX	5	A3	10 %	88 %	370
Bloc redresseur	4	A4	8 %	96 %	1 480
Coffret d'excitation REG	2	A5	4 %	100 %	7 400
<i>Total</i>	50		100 %		18 500

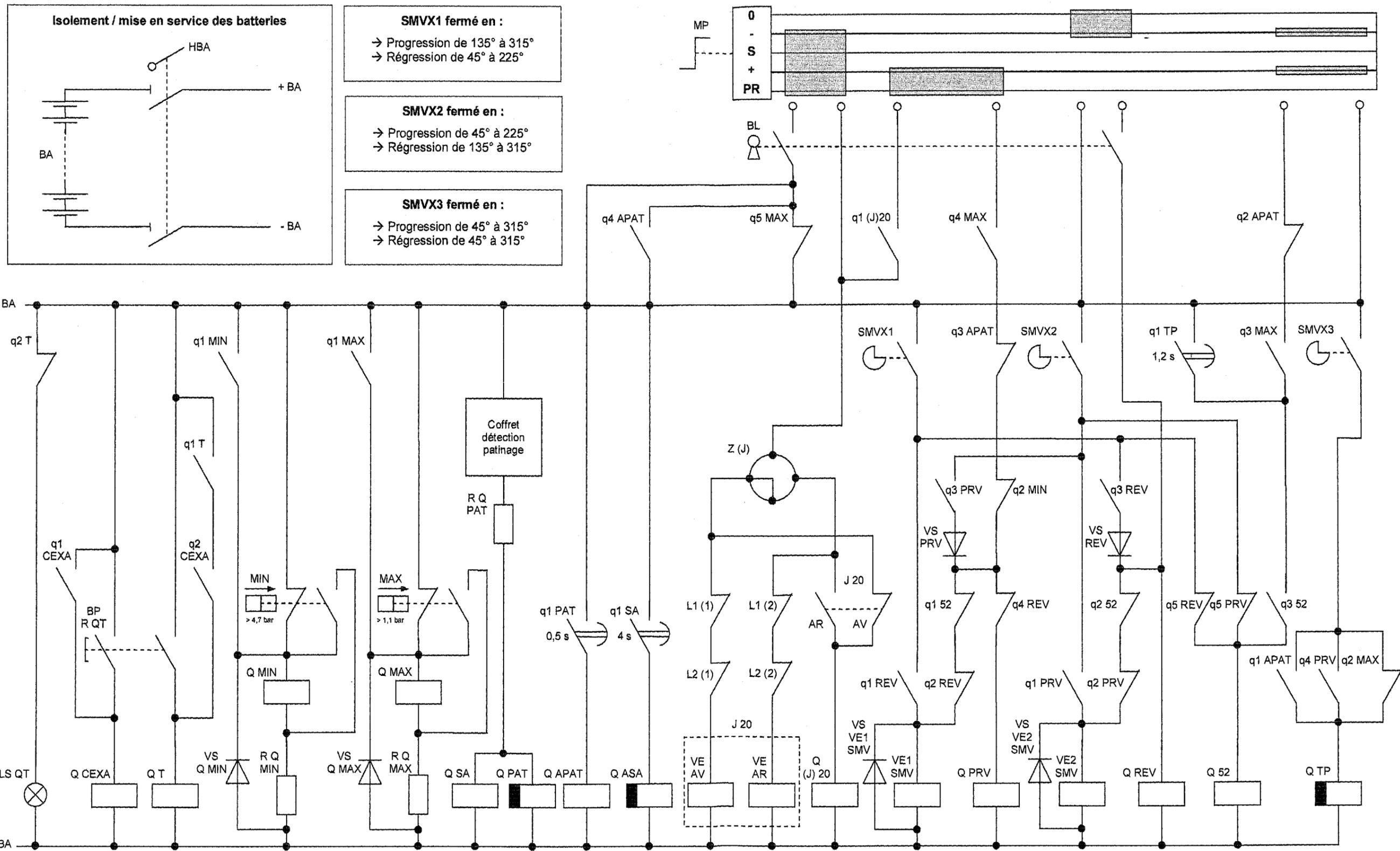
6.2 Diagramme de Pareto des remplacements cumulés d'organes



Nomenclature du schéma électrique de commande de la page 15/23

Désignation	Fonctions	N° repère
BA	Batterie	1
BL	Boîte à leviers	9 - 13
BP R QT	Bouton poussoir d'armement des circuits de traction	2
HBA	Sectionneur Batterie	3
J 20	Electrovalve bistable (VE AV : avant, VE AR : arrière) de commande de l'inverseur de sens de marche	9
L1 (1), L1 (2)	Contact du contacteur électropneumatique d'alimentation des circuits du moteur de traction M1	9
L2 (1), L2 (2)	Contact du contacteur électropneumatique d'alimentation des circuits du moteur de traction M2	9
LS QT	Lampe de signalisation d'armement des circuits de traction	1
MAX	Manostat de régulation de puissance du moteur Diesel	5
MIN	Manostat de régulation de puissance du moteur Diesel	4
MP	Manipulateur de traction à 5 positions	8 - 9
Q (J) 20	Relais de commande de l'inverseur de sens de marche	10
Q 52	Relais de progression ou de régression cran par cran du servomoteur SMV	14 - 15
Q APAT	Relais d'antipatinage	7
Q ASA	Relais de sablage automatique	8
Q CEXA	Relais de commande de l'électrovalve du CEXA	2
Q MAX	Relais de régulation de puissance du moteur Diesel	5 - 6
Q MIN	Relais de régulation de puissance du moteur Diesel	4
Q PAT	Relais temporisé de détection de patinage	7
Q PRV	Relais de commande de progression du servomoteur SMV	12
Q REV	Relais de commande de régression du servomoteur SMV	13 - 14
Q SA	Relais temporisé de sablage	6
Q TP	Relais temporisé entre chaque cran en progression du SMV	15 - 16
QT	Relais d'armement des circuits de traction	3
R Q MAX	Résistance	5
R Q MIN	Résistance	4
R Q PAT	Résistance	6
SMVX1	Capteur de position du tambour du servomoteur SMV	11
SMVX2	Capteur de position du tambour du servomoteur SMV	12 - 13
SMVX3	Capteur de position du tambour du servomoteur SMV	15 - 16
VE1 SMV	Electrovalve de commande du servomoteur	11
VE2 SMV	Electrovalve de commande du servomoteur	13
VS PRV	Diode	11
VS Q MAX	Diode	5
VS Q MIN	Diode	3 - 4
VS REV	Diode	13
VS VE1 SMV	Diode	10 - 11
VS VE2 SMV	Diode	12
Z (J)	Manipulateur d'inversion de sens de marche	9 - 10

Schéma électrique de commande



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Signalisation	Excitation alternateur	Traction	Régulation du moteur « diesel »			Antipatinage / Sablage		Inversion du sens de marche			Servomoteur de vitesse				