

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

**Maintenance des systèmes mécaniques automatisés
Option "Systèmes ferroviaires"**

Epreuve E 2 - Epreuve technologique - Sous épreuve A 2 :
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 et des automatismes

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

Ce sujet comporte :

- 24 documents numérotés de 1/ 24 à 24 / 24

THEME : Pantographe monophasé CX25 du TGV DUPLEX

Composition du dossier :

- Présentation des systèmes : pages 2 / 24 à 5 / 24
- Feuilles **QUESTION-REPONSE** à rendre impérativement par le candidat :
pages 6 / 24 à 13 / 24
- Documents ressource : pages 14 / 24 à 24 / 24

Calculatrice autorisée
Guide du dessinateur autorisé
Crayons de couleur autres que rouge
(ne pas utiliser de crayon papier)

Ces documents QUESTION – REPONSE sont à rendre impérativement, même s'ils n'ont pas été complétés par le candidat. Ils ne porteront pas l'identité du candidat. Ils seront agrafés à une copie d'examen par le surveillant.

ATTENTION : le système étudié dans ce dossier peut être différent de celui qui existe dans la réalité ; vous ne devez pas faire appel à vos connaissances propres.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RAME TGV DUPLEX

Généralités

Les rames TGV Duplex sont destinées à assurer la desserte voyageur sur :

- Les lignes électrifiées alimentées en courant monophasé 25 kV- 50 Hz (Lignes à Grande Vitesse ou Classiques)
- Les lignes électrifiées alimentées en courant continu 1500 V.

Une rame TGV Duplex comprend un ensemble de huit remorques encadrées par deux motrices. L'alimentation électrique de la rame est réalisée par un système de pantographes. Chaque motrice est équipée : d'un pantographe monophasé d'un pantographe continu.

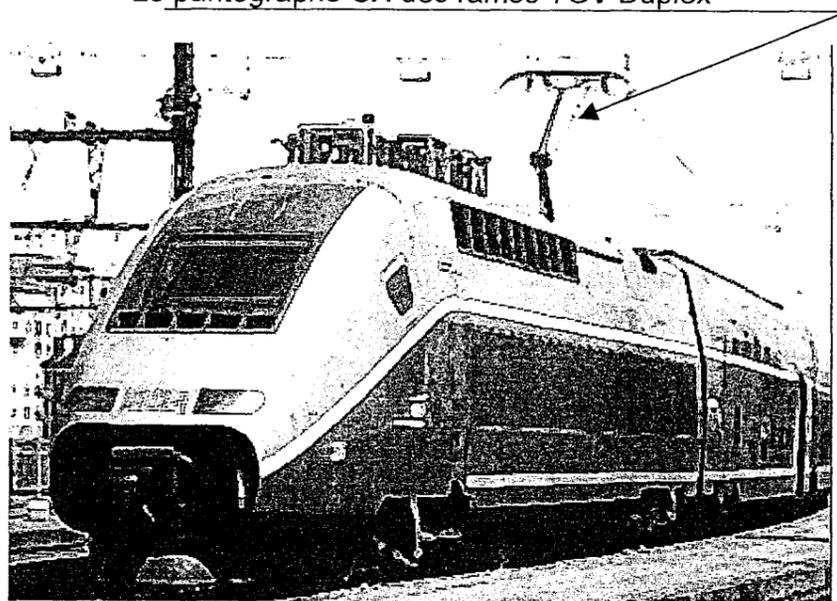
Les pantographes monophasés et continus sont identiques de type Cx. Seuls les archets et l'implantation sur la motrice sont différents. Lors de l'utilisation sur Ligne à Grande Vitesse (LGV), le pantographe monophasé est limité en développement par une butée.

Schéma d'implantation des pantographes



PRÉSENTATION DU PANTOGRAPHE MONOPHASE CX25

Le pantographe CX des rames TGV Duplex



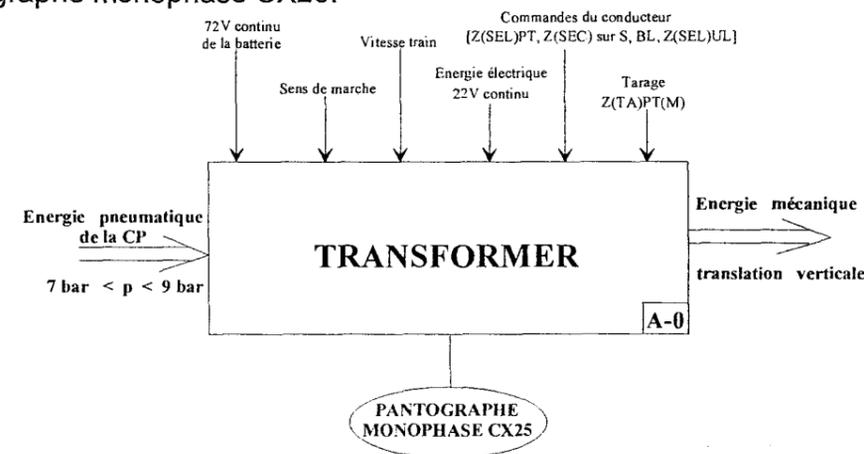
Fonction d'usage

Le pantographe monophasé CX25 permet de capter l'énergie 25kV monophasée disponible à la caténaire, aussi bien sur ligne classique que sur ligne à grande vitesse (LGV).

Sa technologie permet d'obtenir une force d'application constante de l'archet sur la caténaire quelle que soit la vitesse de la rame et son sens de déplacement.

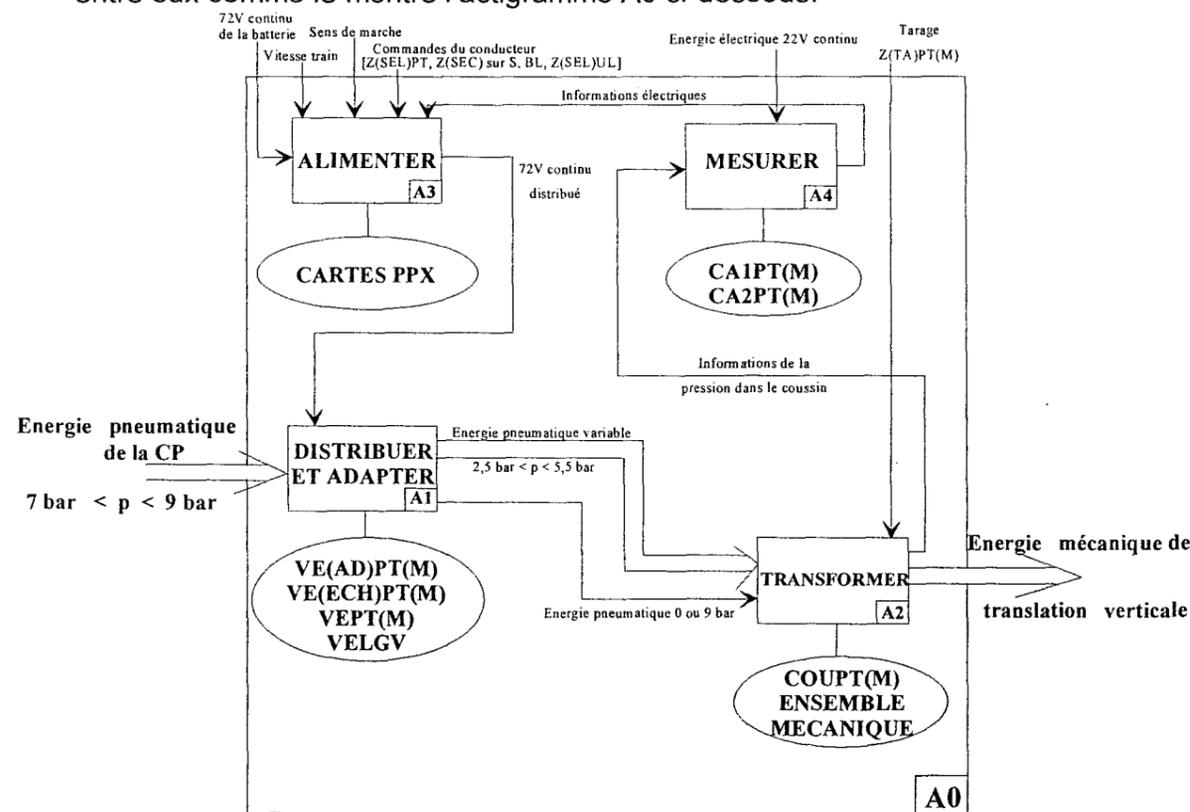
Fonction globale A-0

L'énergie pneumatique provenant de la conduite principale (CP de 7 à 9 bar) est transformée en une énergie mécanique de translation verticale : c'est le rôle du pantographe monophasé CX25.



Fonction globale A0

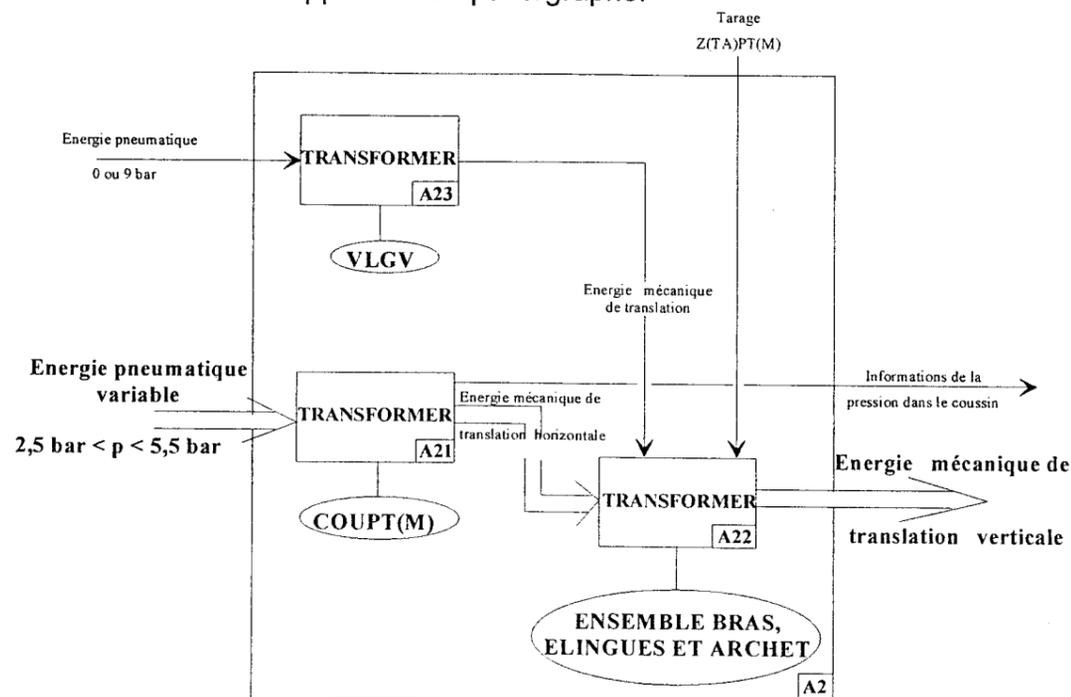
Le pantographe monophasé CX25 est constitué de quatre sous-systèmes organisés entre eux comme le montre l'actigramme A0 ci-dessous.



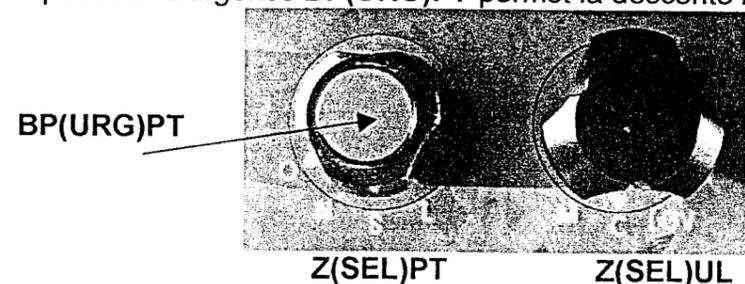
Fonction transformer A2

L'énergie pneumatique variable ($2,5 \text{ bar} < p < 5,5 \text{ bar}$) est transformée en énergie mécanique de translation verticale : le pantographe se déplie.

Lorsqu'une énergie pneumatique de 9 bar arrive au vérin de butée **VLGV**, celui-ci sort et limite le développement du pantographe.

**Mise en service du pantographe CX25**

L'ordre de montée du pantographe monophasé CX25, en provenance d'une seule cabine de conduite, est composé des actions suivantes : fermeture des sectionneurs batteries **HBA**, la mise en service de la boîte à leviers **BL**, sélection du type de tension ligne **Z(SEL)UL** (monophasé, continu ou LGV) et du mode de fonctionnement du pantographe **Z(SEL)PT** (zéro, normal, secours ou locale). Un bouton poussoir d'urgence **BP(URG)PT** permet la descente rapide du pantographe.

**Montée du pantographe CX25**

Cette configuration permet d'exciter l'électrovalve d'alimentation générale **VEPT(M)** de la platine électropneumatique et la carte électronique **PPX** qui sélectionne les paramètres adéquats en fonction de la position des sélecteurs choisie en cabine. La carte donne alors l'ordre d'ouverture de l'admission **VE(AD)PT(M)** et la fermeture de l'échappement **VE(ECH)PT(M)** du régulateur, ce qui provoque la montée en pression du coussin **COUPT(M)**.

Dans le même temps, le circuit de détection d'incident **MA(SU)PT(M)** monte en pression.

Après environ 8 secondes, le pantographe se déploie jusqu'à la caténaire puis la pression continue de croître jusqu'à ce que la valeur lue par les transmetteurs de pression **CA1PT(M)** et **CA2PT(M)** atteigne la pression de consigne calculée par la carte.

L'ordre de fermeture de l'admission est alors transmis. Le circuit pneumatique du coussin est fermé. À l'arrêt, la pression de consigne correspond à l'effort statique sur la caténaire.

La butée de limitation du développement du pantographe sur ligne LGV est actionnée par le vérin **VLGV** lorsque **Z(SEL)UL** est positionné sur **LGV**.

Le pantographe est prêt à fonctionner.

Régulation de la force d'application de l'archet sur la caténaire

Chaque pantographe du train est piloté par une carte électronique ; cette carte est située dans le tiroir **EMC** (émetteur de consigne) de l'armoire de cabine de la motrice correspondante au pantographe.

La commande électronique des pantographes permet d'adapter la valeur de la consigne de pression pneumatique de pilotage des pantographes à partir de la vitesse et de la configuration du train. Cette consigne conduit à la régulation de l'effort exercé par le pantographe sur la caténaire par l'intermédiaire d'une électrovalve d'admission **VE(AD)PT(M)** et d'une électrovalve d'échappement **VE(ECH)PT(M)**. Deux capteurs par pantographe **CA1PT(M)** et **CA2PT(M)** mesurent la pression dans le coussin **COUPT(M)**.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PANTOGAPHE CX

Masse	108 kg
Développement maximum	2,600 m
Maxi en captage	2,385 m
Mini en captage	0,485 m
Développement en LGV	1,439 m ±0,01
Effort statique à l'arrêt	70 N
Effort statique à 300 km/h	200 N
Temps de montée	4 s < Tm < 7s
Temps de descente	4 s < Td < 8s
Parc de TGV Duplex	33 rames

QUESTION 2 :

Étude du schéma électrique du pantographe monophasé CX25 :

Toujours lors des essais avant GVG (Grande Visite Générale), vous procédez à une commande de montée du pantographe monophasé sous caténaire 25kV (position ligne classique) en mode normal depuis la motrice M1, la conduite principale étant à 9 bar.

État des contacts associés aux commutateurs Z(SEL)UL et Z(SEL)PT :

		Position du Z(SEL)UL		
		Continu	Monophasé	LGV
Motrice 1	UL11	Non étudié	Fermé	Fermé
	UL12		Ouvert	Fermé
	UL13		Ouvert	Fermé
Motrice 2	UL21		Fermé	Fermé
	UL22		Ouvert	Fermé
	UL23		Ouvert	Fermé

		Position du Z(SEL)PT			
		O	N	L	S
Motrice 1	PT11	Ouvert	Fermé	Fermé	Fermé
	PT12	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert
	PT13	Ouvert	Ouvert	Fermé	Fermé
	PT14	Fermé	Fermé	Ouvert	Fermé
	PT15	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Fermé
Motrice 2	PT21	Ouvert	Fermé	Fermé	Fermé
	PT22	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert
	PT23	Ouvert	Ouvert	Fermé	Fermé
	PT24	Fermé	Fermé	Ouvert	Fermé
	PT25	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Fermé

On donne : Les documents présentation & ressources pages 4/24, 16/24, 17/24, 23/24, 24/24.

On demande : colorier, sur le schéma de la page 13/24, les circuits et composants sous tension qui permettent d'établir cette configuration.

QUESTION 3 :

Mise en œuvre du pantographe monophasé CX25 :

Toujours lors des essais avant GVG (Grande Visite Générale), vous procédez à une commande de montée du pantographe monophasé sous caténaire 25kV (position ligne LGV) en mode secours depuis la motrice M1, la conduite principale étant à 9 bar.

On donne : Les documents présentation & ressources pages 17/24.

On demande : compléter le tableau ci dessous en dessinant la position des pantographes qui composent votre rame.

Motrice 1		Motrice 2	
PT1(C)	PT1(M)	PT2(M)	PT2(C)

< ou > pantographe levé _ pantographe baissé

Page notée sur : / 50 points

QUESTION 4 :

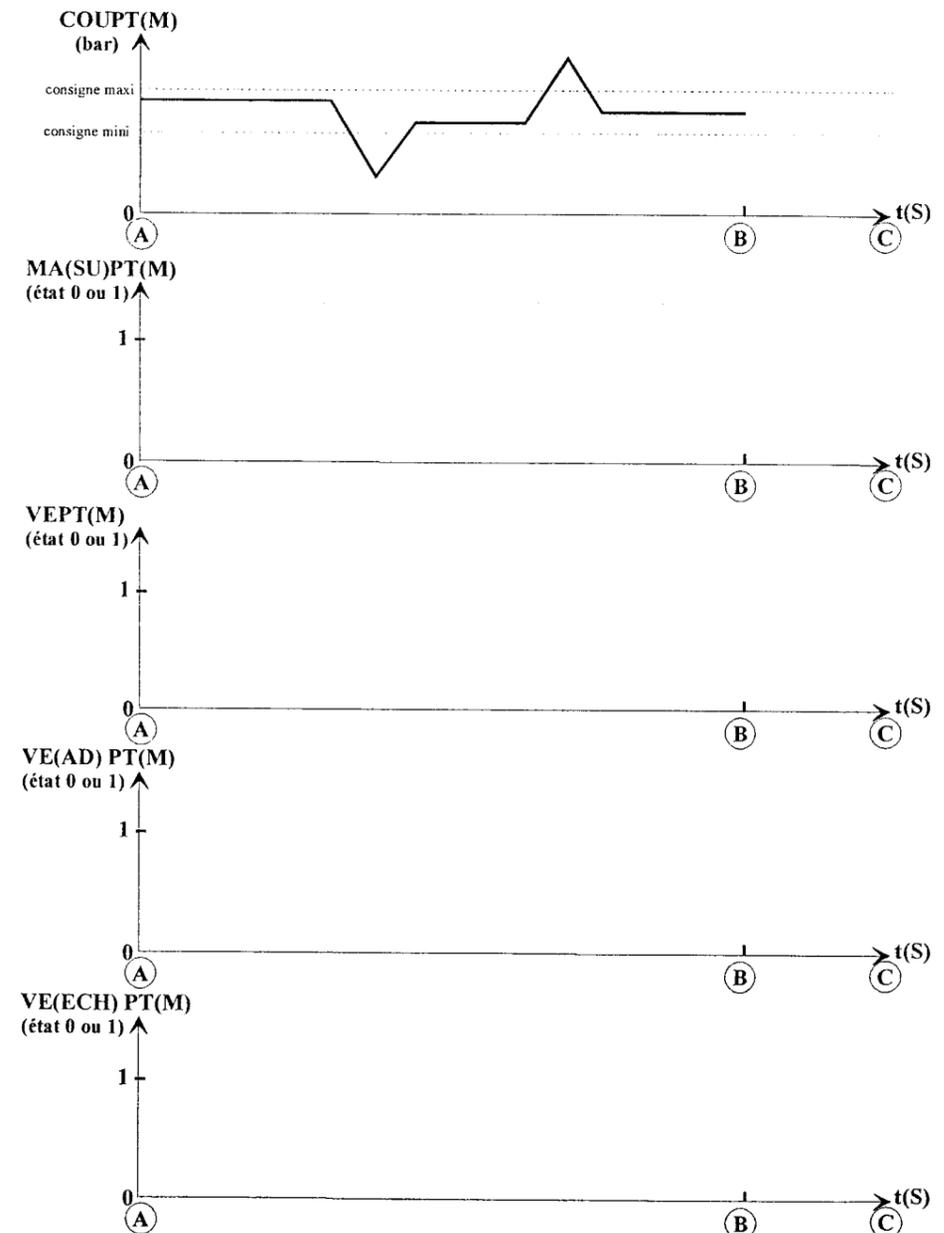
Étude du circuit de contrôle d'usure d'archet du pantographe monophasé CX 25 :

Le T.G.V. Duplex effectue un trajet sur ligne à grande vitesse du point A au point C. La pression dans le coussin pneumatique évolue entre les points A et B comme le montre le chronogramme COU PT(M) en fonction du temps.

Au point B un corps étranger percute l'archet et provoque son arrachement. Cet incident entraîne la perforation du conduit d'usure d'archet monophasé CUAM qui est mis à l'atmosphère.

On donne : Les documents présentation & ressources pages 22/24, 23/24, 24/24.

On demande : compléter les cinq chronogrammes ci-dessous pour la totalité du trajet entre les points A et C.



Page notée sur : / 30 points

QUESTION 5 :**Étude de la centrale tachymétrique :**

Vous devez contrôler les informations données par la centrale tachymétrique du TGV duplex.

On donne : Les documents présentation & ressources pages 20/24.

On demande : **calculer** la fréquence émise par la centrale tachymétrique lorsque le train roule à la vitesse de 300 km/h.

.....

QUESTION 6 :**Tarage du pantographe monophasé CX 25 :**

Lors de la GVG, vous êtes amené à effectuer le tarage du pantographe. Les essais effectués sur une voie sans caténaire montrent une modification de la pression statique du pantographe entraînant un nouveau marquage sur la deuxième ligne de la plaque du châssis comme ci-dessous :

POSITION COMMUTATEUR SCHAKELAAR STAND SCHALTERSTELLUNG											
- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5	
		X									
							X				

On donne : Les documents présentation & ressources pages 18/24, 19/24, 20/24.

On demande : **calculer** la consigne de pression **V CONS P** sur ligne à grande vitesse à 300 km/h. La consigne est-elle compatible avec la tolérance ?

Justifiez votre réponse.

Calcul de la consigne d'effort de montée **CONS EM** à 300 km/h

paramètre	vitesse	paramètre	paramètre	paramètre
A_0	v	B_0	C_0	K

V CONS EM =

Calcul de la consigne d'effort de captage **CONS EC** à 300 km/h

paramètre	vitesse	paramètre	paramètre	paramètre
A_1	v	B_1	C_1	K

V CONS EC =

Page notée sur : / 30 points

Calcul de la consigne de pression **V CONS P** à 300 km/h

Pression d'équilibre du pantographe	Correction de pression du commutateur de tarage (en bar)	Paramètre	Consigne d'effort global
P_0	V COM	S.P	V CONS E

V CONS P =

QUESTION 7 :**Étude du circuit pneumatique du pantographe CX25 :**

On donne : les documents présentation & ressources pages 14/24, 22/24.

On demande : **donner** la désignation normalisée des organes ci dessous.

CLAPT(M)	Clapet de non-retour avec ressort
VLGV	
VE(ECH)PT(M)	
CA1PT(M)	
MA(SU)PT(M)	

QUESTION 8 :**Maintenance améliorative du pantographe monophasé CX25 :**

Lors des examens préventifs, les agents de maintenance ont constaté l'apparition de fissures sur les goujons des flasques de coussin. Ils proposent, par un dossier innovation, d'ajouter une entretoise afin de limiter la traction sur les goujons

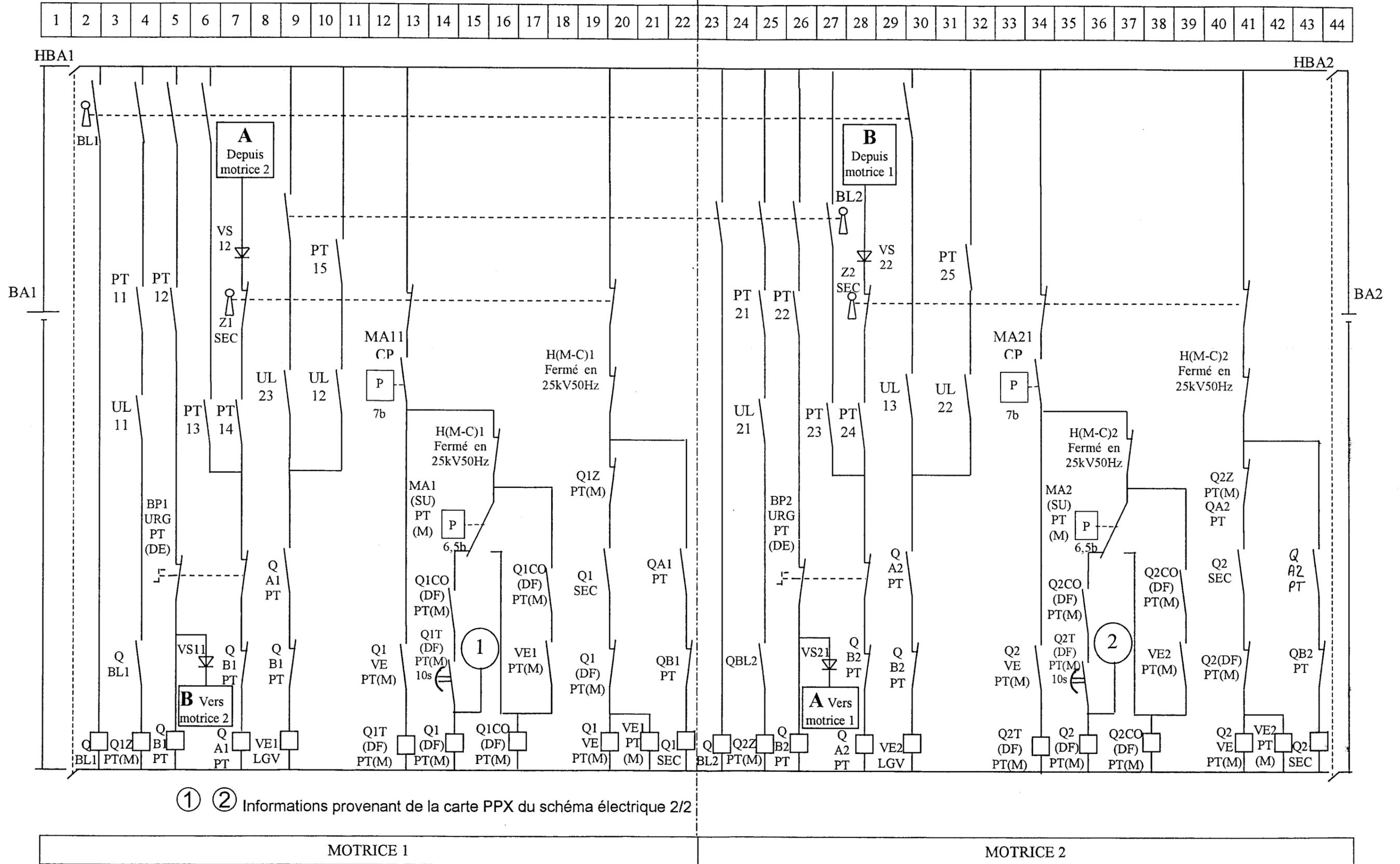
On donne : Les documents présentation & ressources pages 15/24, 21/24.

On demande : **proposer** une gamme de démontage afin de remplacer les flasques du coussin pneumatique.

.....

Page notée sur : / 40 points

Schéma électrique de commande circuit pantographe monophasé du TGV Duplex



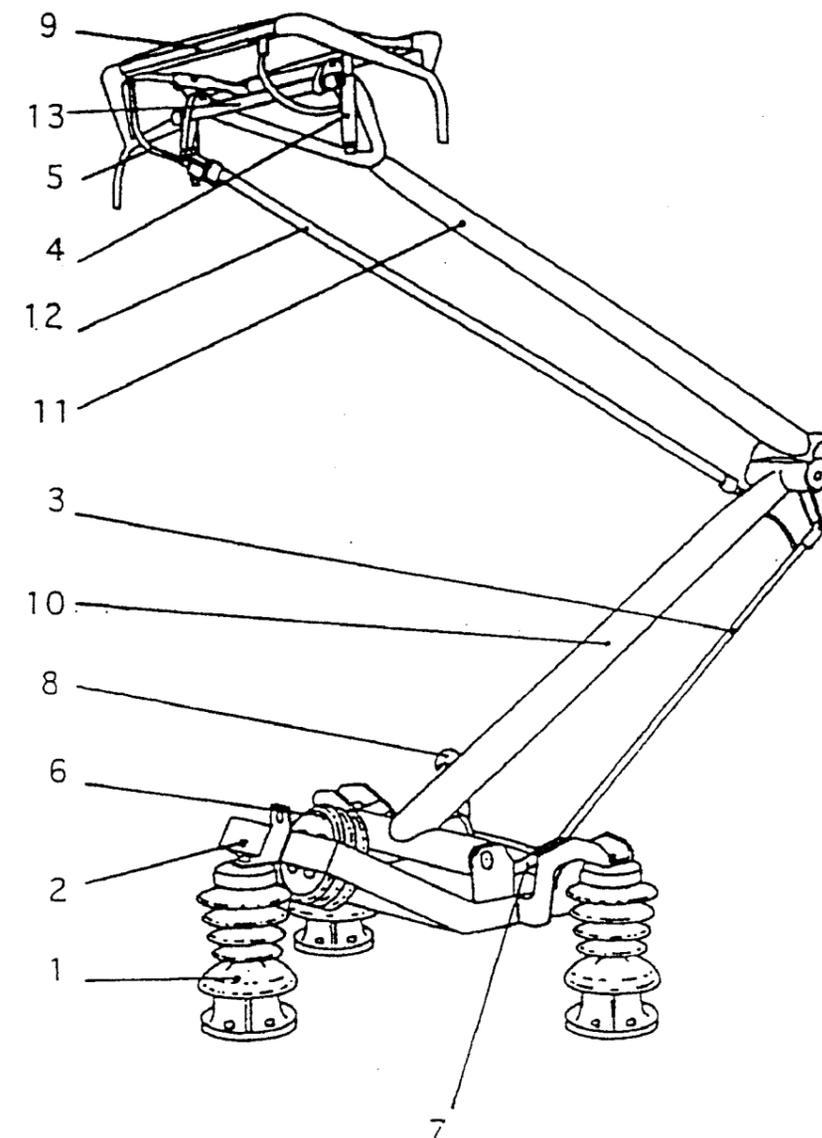
NOMENCLATURE

<u>Désignation</u>	<u>repère</u>	<u>Désignation</u>	<u>repère</u>
Pantographe monophasé CX25		Pantographe continu CX15	
Pantographe	PT(M)	Pantographe	PT(C)
Électrovalve d'admission	VE(AD)PT(M)	Électrovalve d'admission	VE(AD)PT(C)
Clapet de retenue	CLAPT(M)	Clapet de retenue	CLAPT(C)
Électrovalve générale	VEPT(M)	Électrovalve générale	VEPT(C)
Électrovalve d'échappement	VE(ECH)PT(M)	Électrovalve d'échappement	VE(ECH)PT(C)
Capteur de pression 1	CA1PT(M)	Capteur de pression 1	CA1PT(C)
Capteur de pression 2	CA2PT(M)	Capteur de pression 2	CA2PT(C)
Filtre	FIPT(M)	Filtre	FIPT(C)
Robinet d'isolement	RB(IS)PT(M)	Robinet d'isolement	RB(IS)PT(C)
Commutateur de tarage	Z(TA)PT(M)	Commutateur de tarage	Z(TA)PT(C)
Platine de commande pneumatique	PLPT(M)	Platine de commande pneumatique	PLPT(C)
Coussin pneumatique	COUPT(M)	Coussin pneumatique	COUPT(C)
Manostat détection rupture archet	MA(SU)PT(M)	Manostat détection rupture archet	MA(SU)PT(C)
Conduit usure archet monophasé	CUAM	Conduit usure archet continu	CUAC
Électrovalve de verrouillage	VELGV		
Vérin LGV	VLGV		
Circuit commun			
Clapet de retenue	CLA(RT)	Valve d'isolement du sectionneur	V(IS)HOM
Conduite principale	CP	Batterie	BA
Voltmètre ligne	VL	Boite à leviers	BL
Résistance voltmètre ligne	R	arrêt d'urgence pantographe	BP(URG)PT
Commutateur de sécurité	ZSEC	Carte électronique	PPX
Commutateur sélection pantographe	Z(SEL)PT	Position sélection pantographe	PT1 à 5
Commutateur sélection tension	Z(SEL)UL	Position sélection tension	UL1 à 3
Commutateur secours	Z(SEC)	Sectionneur monophasé continu	H(M-C)
Relais de défaut panto mono	Q(DF)PT(M)	Sectionneur batterie	HBA
Relais A de commande panto	QAPT	Manostat commande compresseur	MACPR
Relais boite à leviers	QBL	Carte de pilotage pantographe CX	PPX
Relais B de commande Panto	QBPT	Diodes	VS
Relais contrôle défaut panto mono	QCO(DF)PT(M)		
Relais défaut majeur carte PPX	QDEF		
Relais de sécurité	QSEC		
Relais temporisé défaut panto mono	QT(DF)PT(M)		
Relais de l'électrovalve VEPT(M)	QVEPT(M)		
Relais commande panto mono	QZPT(M)		

Numérotation des organes :

Le premier chiffre indique le numéro de la motrice (ex : QBL2 relais de BL sur la motrice 2)
Le deuxième chiffre indique le numéro d'ordre (ex : CA12PT(M) capteur n°2 de la motrice 1)

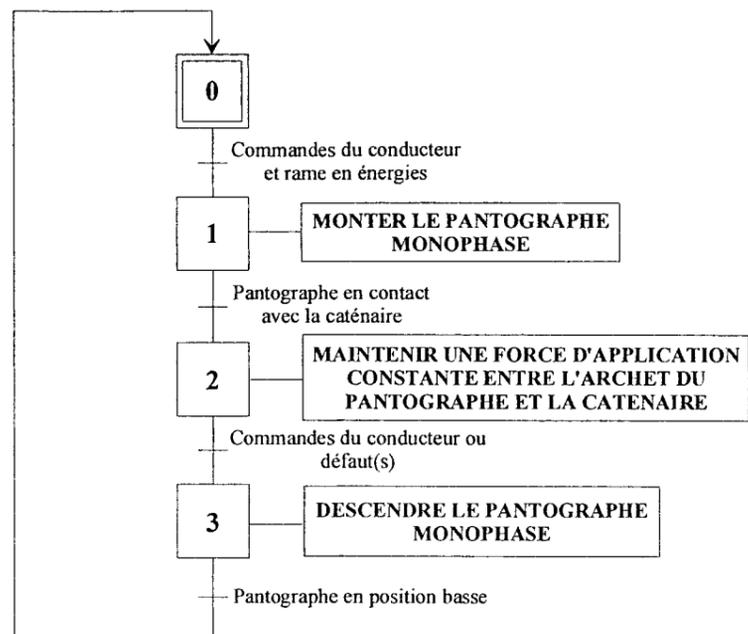
PRINCIPAUX CONSTITUANTS



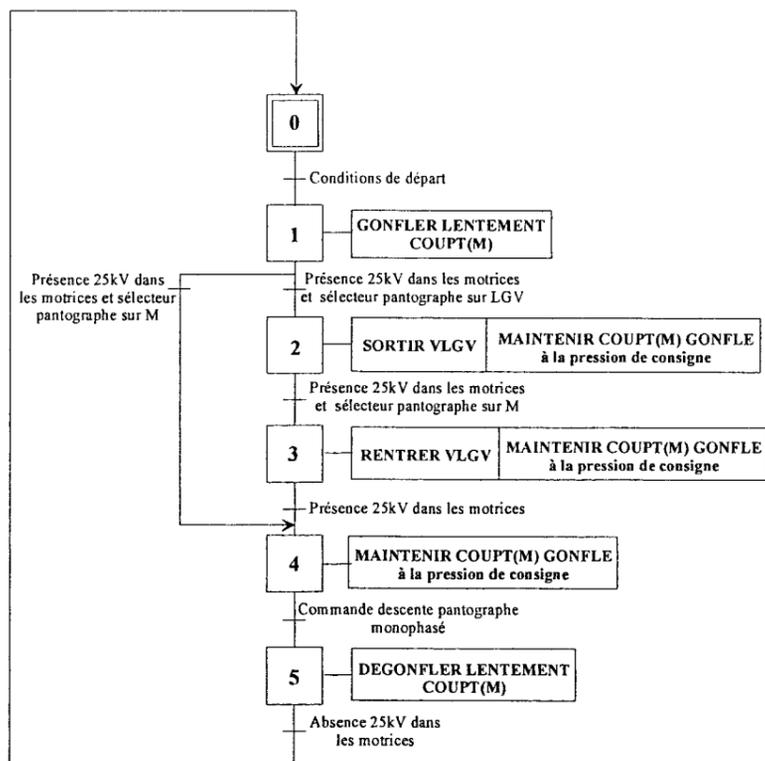
<u>Repère</u>	<u>Désignation</u>
1	Isolateurs
2	Bâti rigide
3	Tringle inférieure
4	Boite à ressort
5	Détection incident
6	Coussin pneumatique (système d'équilibrage)
7	Amortisseur de captage avec butée hydraulique
8	Limitation de développement
9	Archet
10	Bras inférieur
11	Bras supérieur
12	Tube antibalançant
13	Arbre antibalançant

Le principe de fonctionnement du pantographe monophasé CX25 peut-être décliné sous la forme de trois GRAFCET : point de vue partie système, point de vue partie opérative et point de vue partie commande.

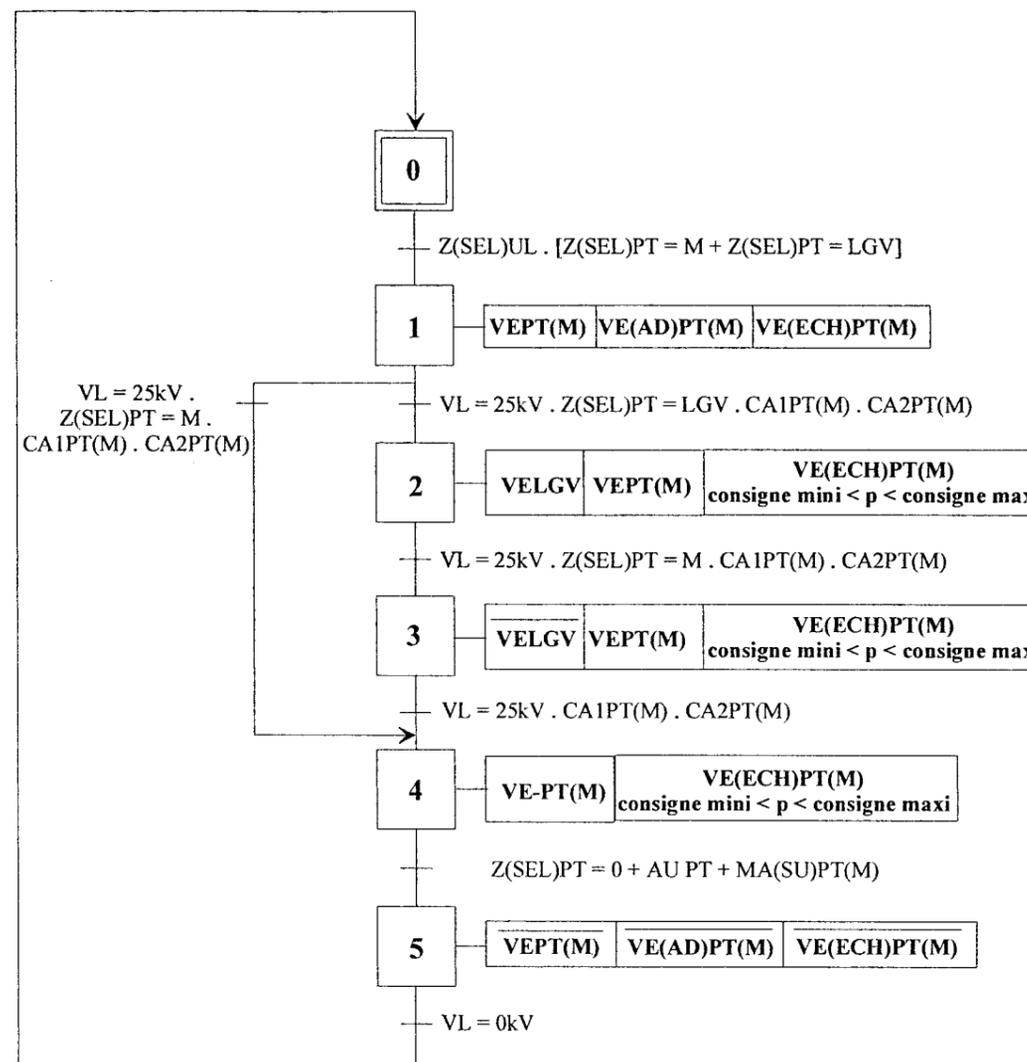
GRAFCET POINT DE VUE PARTIE SYSTEME



GRAFCET POINT DE VUE PARTIE OPERATIVE



GRAFCET POINT DE VUE PARTIE COMMANDE



UTILISATION DES PANTOGRAPHERS

En fonction du sens de marche, du type de tension de la caténaire, du mode de fonctionnement, les pantographes seront utilisés de la manière suivante :

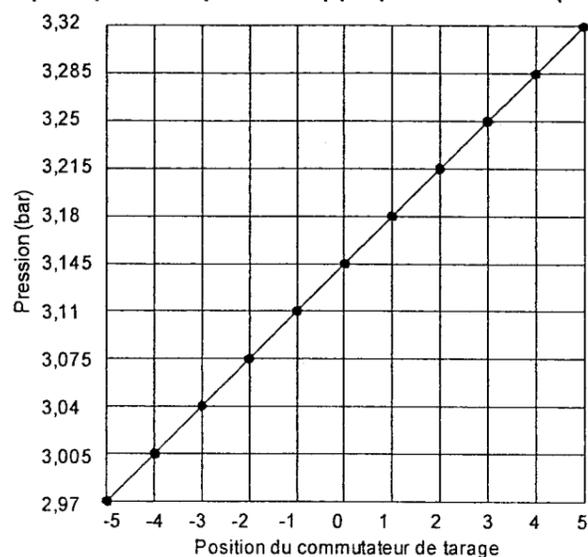
		Motrice avant		Motrice arrière	
		PT(C)	PT(M)	PT(M)	PT(C)
1 500 V continu	N	<	-	-	>
	L	<	-	-	-
	S	<	-	-	>
25 000 V monophasé classique ou LGV	N	-	-	<	-
	L	-	>	-	-
	S	-	>	-	-

Légende :

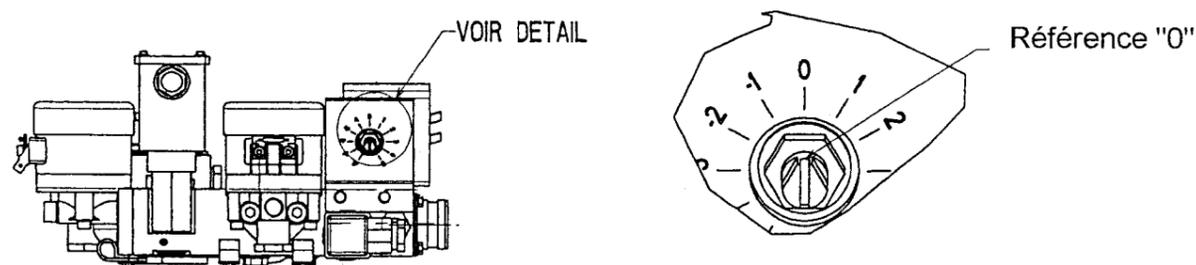
< ou > pantographe monté
 - pantographe abaissé
 N normal
 L local
 S secours

ÉTALONNAGE DU PANTOGRAPHE MONOPHASÉ CX25

Lors de l'étalonnage d'un pantographe monophasé, on remplace l'archet par un archet étalon afin de régler l'effort à la caténaire à 70 N. À cet instant, on relève la pression dans le coussin qui doit être comprise entre 2,97 bar et 3,32 bar. Suivant l'abaque ci-dessous on relèvera la position du commutateur de tarage la plus proche que l'on appliquera sur le **Z(TA)P(M)**.



Le commutateur **Z(TA)PT(M)**, situé sur la platine pneumatique, permet de corriger le réglage de l'effort statique.



Z(TA)PT(M) sur la platine pneumatique

Si la position du commutateur est différente de celle marquée sur la plaque du châssis, une nouvelle identification devra être poinçonnée sur une nouvelle ligne.

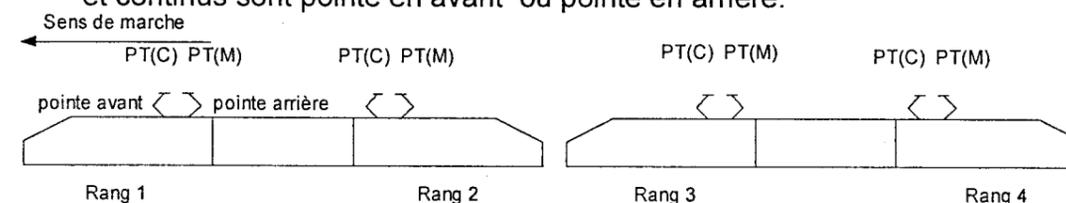
POSITION COMMUTATEUR SCHAKELAAR STAND SCHALTERSTELLUNG											
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
		X									
							X				

La position du commutateur de tarage aura pour effet de modifier la valeur ohmique envoyée à la carte **PPX** qui de ce fait apportera une correction de pression à l'alimentation du coussin **COUPT(M)** comme indiqué sur le tableau ci-dessous.

	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5
Correction de pression V COM	-175mb	-140mb	-105mb	-70mb	-35mb	0mb	+35mb	+70mb	+105mb	+140mb	+175mb
Valeur ohmique	100Ω	200Ω	300Ω	400Ω	500Ω	600Ω	700Ω	800Ω	900Ω	1000Ω	1100Ω

CONSIGNE DE PRESSION

Suivant le sens de marche et le type de ligne, les pantographes monophasés et continus sont pointé en avant ou pointé en arrière.



Chaque motrice, en fonction du sens de marche et de sa position dans le train, est repérée par son rang (rang 1 motrice de tête).

En fonction de son rang et du type le ligne utilisée, une configuration est alors donnée pour le calcul de la consigne de pression dans le coussin.

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
LGV 25 kV	Config 2	Config 5	Config 2	Config 5
25 kV classique	Config 1	Config 4	Config 1	Config 4
1,5 kV	Config 0	Config 5	Config 0	Config 5

Valeurs des paramètres selon les configurations

Chaque pantographe ayant une réponse aérodynamique propre, celle-ci doit être prise en compte dans le calcul de la consigne de pression.

Selon la phase (montée du pantographe ou régulation), l'effort est calculé avec des paramètres différents (indice 0 pour les phases de montée, indice 1 pour les phases de régulation).

La constante C est appelée effort statique et correspond à l'effort exercé par l'archet sur la caténaire à l'arrêt du train.

La position du commutateur est également prise en compte dans l'effort à exercer.

En fonction de chaque configuration, les paramètres de calcul de la consigne de pression diffèrent :

		Config 0	Config 1	Config 2	Config 3	Config 4	Config 5
Phase de montée	A ₀	0,00206	0,00111	0,00111	0,00206	0,00111	0,00111
	B ₀	0	0	0	0	0	0
	C ₀	100 N					
Phase de régulation	A ₁	0,00227	0,00111	0,00111	0,00227	0,00122	0,00122
	B ₁	0	0	0	0	0	0
	C ₁	90 N	70 N	70 N	90 N	70 N	70 N
	k	0,00175	-0,00025	-0,00025	0,00190	0,00014	0,00014
	P ₀	3,409	2,575	2,575	3,409	2,575	2,575
	SP	0,00818	0,00818	0,00818	0,00818	0,00818	0,00818

Effort de montée :

La consigne d'effort nécessaire à la montée du panto est de la forme :

$$V \text{ CONS EM} = A_0 v^2 + B_0 v + C_0 - k v^2$$

Effort de captage :

La consigne de captage est calculée dès la fin de la première admission d'air dans le coussin. Elle est de la forme :

$$V \text{ CONS EC} = A_1 v^2 + B_1 v + C_1 - k v^2$$

Consigne de pression :

Une consigne d'effort global V CONS E fait la moyenne des deux consignes V CONS EM et V CONS EC . Sa valeur entre dans le calcul de la consigne de pression V CONS P :

$V \text{ CONS P} = P_0 + V \text{ COM} + (V \text{ CONS E} \times SP)$ où V COM représente la valeur de la correction de pression en bar du commutateur de tarage.

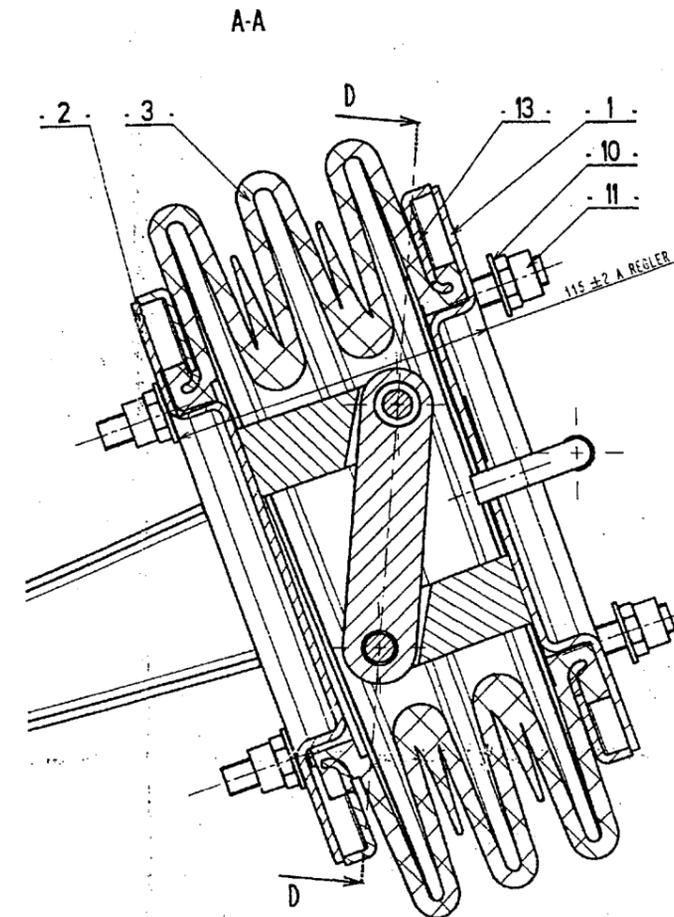
Cette consigne de pression V CONS P est toutefois comprise entre un minimum à 2,5 bar et un maximum à 5,5 bar.

INFORMATION VITESSE

L'information vitesse du train est issue de la centrale tachymétrique. Sa valeur varie entre 0 et 400 km/h sous forme d'une fréquence comprise entre 0 et 4080 Hz suivant la formule $f = 80 + (v \cdot 10)$ où v représente la valeur algébrique de la vitesse.

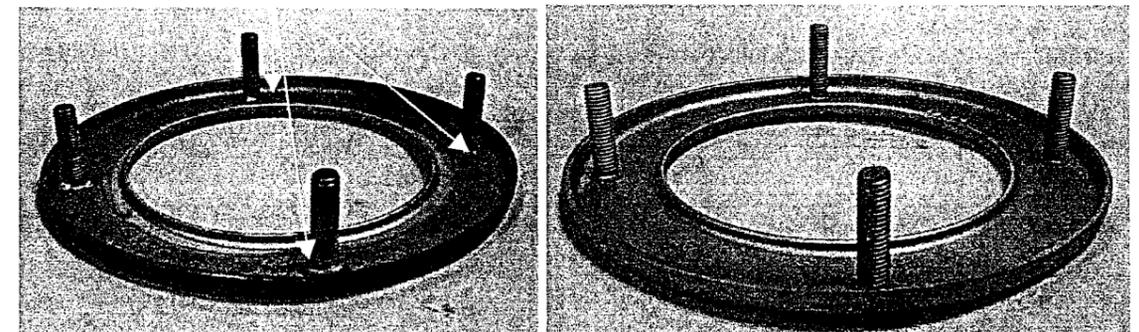
Exemple : si la vitesse est de 220 km/h alors l'information vitesse sera de $80 + (220 \cdot 10)$ soit de 2280 Hz.

Coussin pneumatique



Rep	Nb	Désignation
1	1	Plaque d'accrochage fixe
2	1	Plaque d'accrochage mobile
3	1	Soufflet caoutchouc
10	8	Rondelle CS, 10-22-1, 6
11	8	Écrou H, FR, M14, 6-8
13	2	flasque

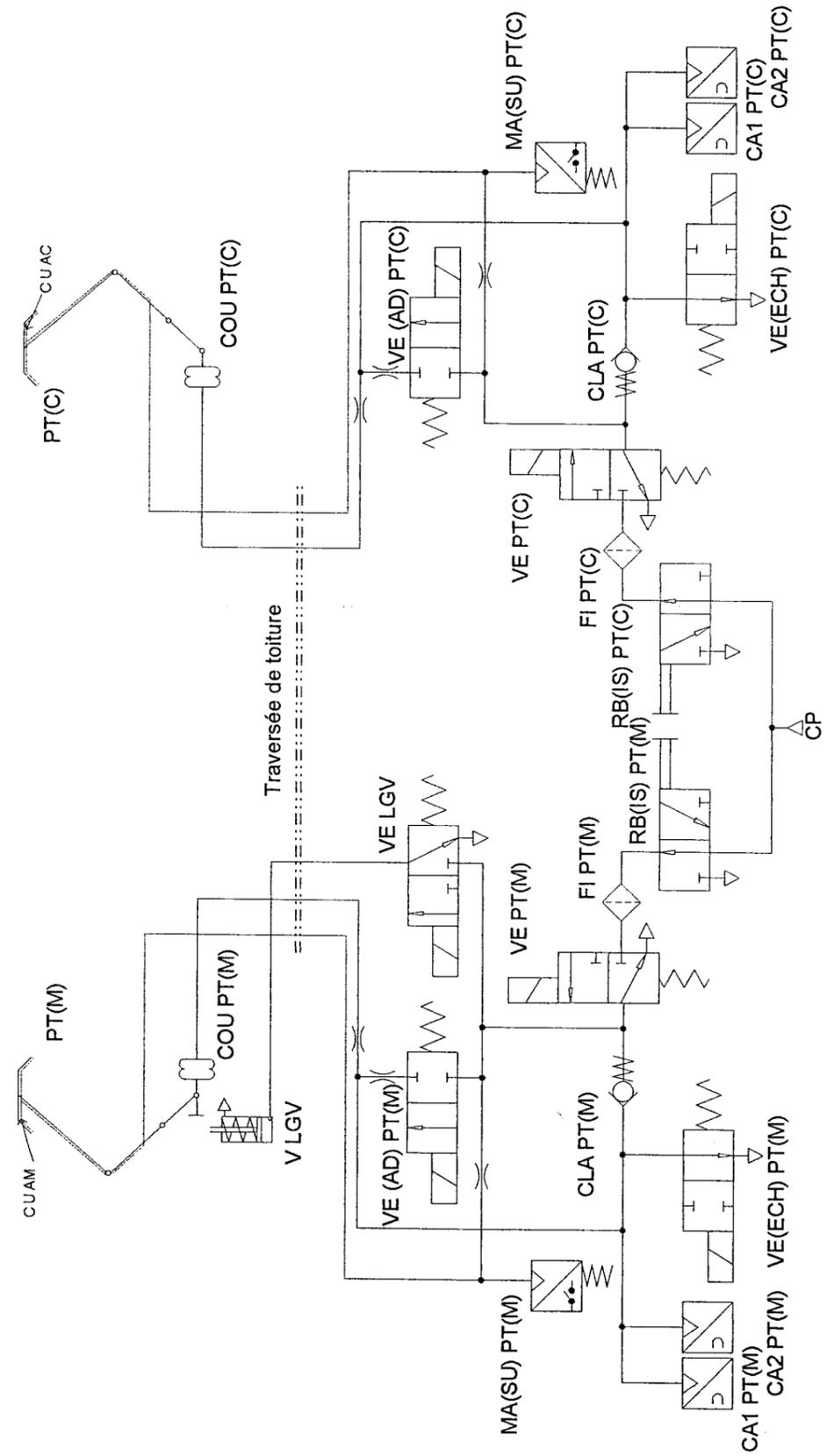
Flasques avant et arrière de fixation de coussin zones de fissuration



Ancien modèle

Nouveau modèle

SCHÉMA PNEUMATIQUE



--- circuit des CUA M et C

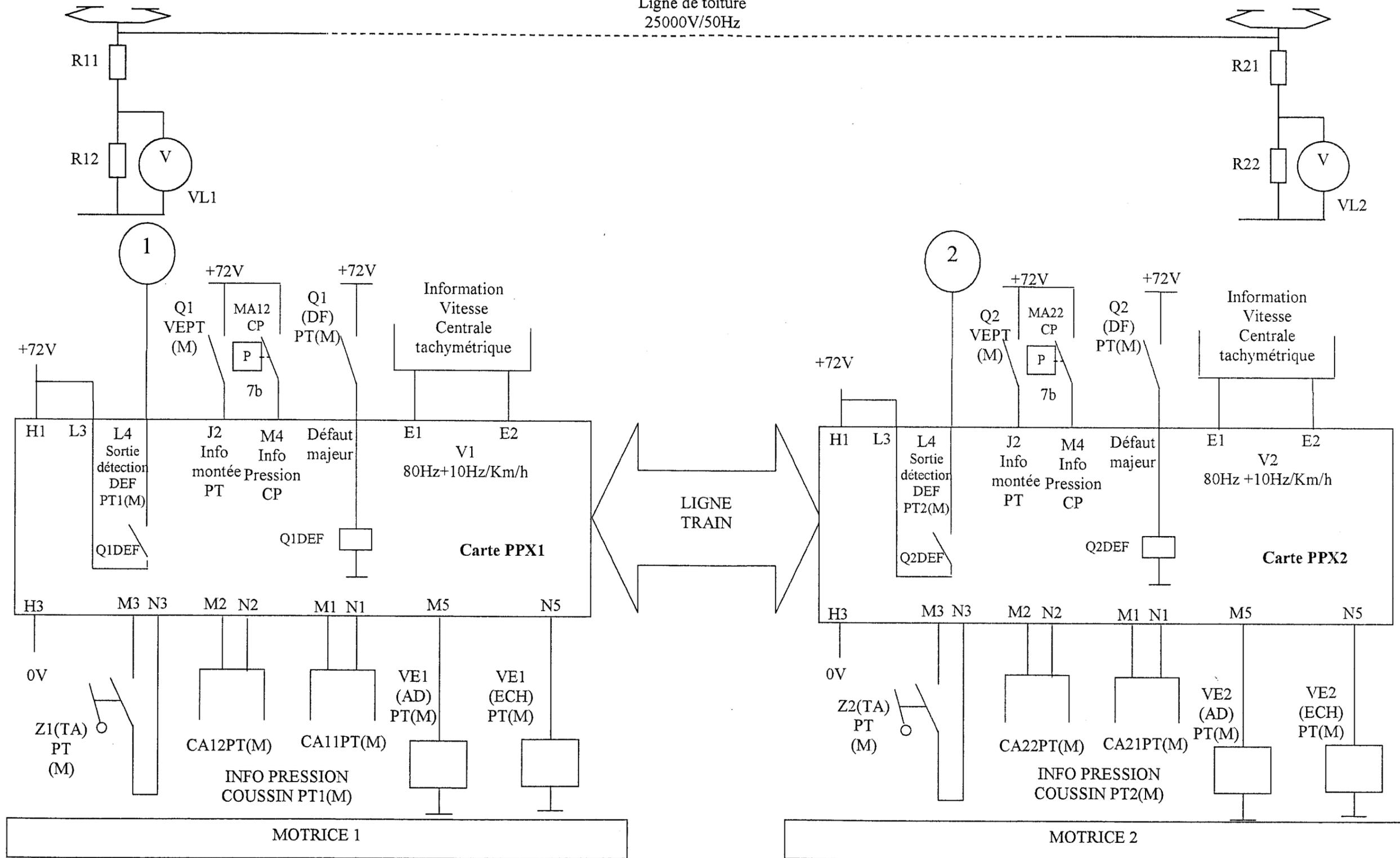
Schéma électrique des cartes PPX et Voltmètres ligne

SCHEMA ELECTRIQUE 2/2

PT1(C) PT1(M)

PT2(M) PT2(C)

Ligne de toiture
25000V/50Hz



① ② Informations allant vers le schéma électrique de commande du circuit pantographe 1/2