



Table des matières

DEDICACES	2
REMERCIEMENTS	3
LISTE DES FIGURES	6
GLOSSAIRE	7
INTRODUCTION	9
CHAPITRE1 : CADRE DU TRAVAIL ET PROBLEMATIQUE	10
I : PRESENTATION D'ALSTOM AU MONDE.....	11
I.1. PRESENTATION GENERAL D'ALSTOM.....	11
I.2. FILIALES D'ALSTOM	12
I.3. HISTORIQUE D'ALSTOM.....	14
I.4. ALSTOM MAROC.....	17
I.5. PRESENTATION DE L'ENTITE ACCUEILLANTE : CENTRE DE MAINTENANCE SIDI MOUMEN	18
II : PRESENTATION DU TRAMWAY CASABLANCA LIGNE1	25
II.1. FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS DE LA RAME.....	25
II.2. LA MAINTENANCE CORRECTIVE	40
II.3. LA MAINTENANCE PREVENTIVE	41
II.4. SECURITE ET ENVIRONNEMENT	42
III : PROBLEMATIQUE DU SUJET	44
CHAPITRE 2 : ALIMENTATION EXTERNE POUR L'INDICATEUR DE VITESSE (24VDC)	46
I : MISSION	47
II : FONCTIONNEMENT DE L'INDICATEUR DE VITESSE	47
III : MAINTENANCE PREVENTIVE.....	48
IV : RESULTATS OBTENUES.....	50
IV.1. PARTIE THEORIQUE.....	50
IV.2. PARTIE PRATIQUE.....	51
(PROCEDURE DE TEST VOIR L'ANNEXE 2)	51
CHAPITRE 3 : ALIMENTATION EXTERNE POUR LE COMPRESSEUR DE SABLAGE (24VDC)	52
I : CARACTERISTIQUES ET LOCALISATION DE L'EQUIPEMENT	53
I.1. CARACTERISTIQUES.....	53
I.2. LOCALISATION	53
II : PROBLEMATIQUE	54
III : MISSION	54
IV : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE SABLAGE DE COMPRESSEUR	54
IV.1. PRESENTATION GENERALE.....	54
IV.2. ALIMENTATION DU COMPRESSEUR DE SABLAGE.....	55
IV.3. CONTROLE DU COMPRESSEUR DE SABLAGE	56
IV.4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	57
V : MAINTENANCE PREVENTIVE	59
V.1. BRANCHEMENT ELECTRIQUE ET DESCRIPTION.....	61



V.2. ETAPES DE LA VISITE PREVENTIVE DU COMPRESSEUR	61
VI : RESULTAT ATTENDUE	62
VI.1. FAISABILITE TECHNIQUE	62
VI.2. SOLUTION PROPOSE ET RETENUE	64
VI.3. SCHEMA ELECTRIQUE (SOLUTION RETENUE)	64
VI.4. REALISATION	66
VI.5. CONDITIONS D'IMPLANTATION ET DE MISE EN ŒUVRE	68
VI.6. MAINTENANCE BOITIER.....	69
VII : FAISABILITE FINANCIERE	70
VII.1. DETERMINATION DU BESOIN	70
VII.2. CALCUL DU TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT	71
VII.3. BENEFICE DE LA SOCIETE.....	72
 CHAPITRE 4 : ALIMENTATION EXTERNE POUR LA CENTRALE HYDRAULIQUE (24VDC).....	 73
I : CARACTERISTIQUES ET LOCALISATION DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE DE FREINAGE	74
I.1. CARACTERISTIQUES DE L'EQUIPEMENT	74
I.2. LOCALISATION	74
II : PROBLEMATIQUE	76
III : MISSION	76
IV : FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE DE FREIN POUR LES DEUX BOGIES (MOTEUR ET PORTEUR) ..	76
IV.1. INTRODUCTION.....	76
IV.2. SYNOPTIQUE DU SYSTEME DE FREIN HYDRAULIQUE	78
IV.3. PRESENTATION GENERALE DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE DE FREIN.....	79
IV.4. DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE LA CENTRALE DU BOGIE MOTEUR	82
IV.5. DESCRIPTION FONCTIONNEL DE LA CENTRALE DU BOGIE PORTEUR.....	87
IV.6. FONCTIONNEMENT GLOBALE.....	91
V : MAINTENANCE PREVENTIVE (BOITIER DE FORÇAGE).....	92
V.1. UTILISATION DE L'OUTIL	94
V.2. FAISABILITE TECHNIQUE	99
 CONCLUSION GENERALE.....	 102
 BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE	 103
 ANNEXES.....	 104
 RESUME	 114



Liste des figures

FIGURE 1:	IDENTITE DU GROUPE ALSTOM	11
FIGURE 2:	FILIALES DU GROUPE ALSTOM	12
FIGURE 3:	ACTIVITES D'ALSTOM GRID.....	13
FIGURE 4:	CHIFFRE D'AFFAIRE D'ALSTOM TRANSPORT	14
FIGURE 5:	PROJETS D'ALSTOM MAROC	18
FIGURE 6:	ORGANIGRAMME DE L'EQUIPE DE MAINTENANCE	19
FIGURE 7:	BOGIE MOTEUR	26
FIGURE 8:	BOGIE PORTEUR.....	27
FIGURE 9:	CAPTEUR DE VITESSE BOGIE MOTEUR	28
FIGURE 10:	FREINAGE A FRICTION BM	29
FIGURE 11:	FREINAGE A FRICTION BP.....	29
FIGURE 12:	PATINS MAGNETIQUES	30
FIGURE 13:	COMPRESSEUR DE SABLAGE.....	31
FIGURE 14:	CENTRALE HYDRAULIQUE	32
FIGURE 15:	GRF	34
FIGURE 16:	CLIMATISATION	35
FIGURE 17:	RHEOSTAT DE FREINAGE	36
FIGURE 18:	COFFRE BATTERIE	37
FIGURE 19:	CONVERTISSEUR STATIQUE	38
FIGURE 20:	COFFRE HT	39
FIGURE 21:	MOTEUR PANTOGRAPHE	39
FIGURE 22:	PANTOGRAPHE	40
FIGURE 23:	PARAFOUDRE	40
FIGURE 24:	INDICATEUR DE VITESSE	47
FIGURE 25:	MAINTENANCE SUR L'INDICATEUR DE VITESSE	48
FIGURE 26:	VARIATION DE LA VITESSE EN FONCTION DE LA TENSION	49
FIGURE 27:	SCHEMA ELECTRIQUE DE L'ALIMENTATION EXTERNE AVEC L'INDICATEUR DE VITESSE.....	50
FIGURE 28:	ALIMENTATION EXTERNE STABILISEE 100V-15A	51
FIGURE 29:	VARIATION DE PRESSION EN FONCTION DU TEMPS	63
FIGURE 30:	BOITIER DE FORÇAGE POUR COMPRESSEUR DE SABLAGE	67
FIGURE 31:	VUE INTERNE DU BOITIER.....	70
FIGURE 32:	VUE INTERNE DU BOITIER DE FORÇAGE POUR CENTRALE HYDRAULIQUE (HPU) BP ET BM	92
FIGURE 33:	VUE EXTERNE DU BOITIER DE FORÇAGE POUR CENTRALE HYDRAULIQUE (HPU) BP ET BM.....	93
FIGURE 34:	VARIATION DE LA PRESSION EN FONCTION DU COUPLE REQUIS POUR LE BOGIE MOTEUR.....	96
FIGURE 35:	VARIATION DE LA PRESSION EN FONCTION DU COUPLE REQUIS POUR LE BOGIE PORTEUR	98



Glossaire

EPC : Equipements de Protection Communs

EPI : Equipements de Protection Individuels

GMAO : Gestion Maintenance Assistée par Ordinateur

GRF : Groupe de Refroidissement

HSE : Hygiène Sécurité Environnement

LAC : Ligne Aérienne de Contact

MR : Matériel Roulant

TCMS (Train Control and Monitoring System): Réseau informatique

TBCU (**ETF**) (Traction Braking Control Unit) Coffre ONIX/Coffre de traction

BCU (**tiroir frein**) (Braking Control Unit) BCU compact utilisée sur les bogies porteurs

HVI (Hydraulic Valve Interface) utilisée sur les bogies moteurs

HPU (Hydraulic Power Unit) Centrale hydraulique de freinage

SSM (Soft Start Module) Alimentation HPU

MPU (**UTF**) (Main Processeur Unit) Calculateur principal du système informatique embarqué

RIOM (**MESD**) (Remote Input Output Module) Module d'entrées/sorties déportées

MVB (Multifunction Vehicule Bus) Réseau informatique

TBS (Traction Braking System) Système de traction/freinage

DDU (Driver Display Unit) (**console SIE**) Console pupitre de conduite

CAN (Con Area Network) réseau informatique

LVB (**CBT**) (Low Voltage Box) Coffre basse tension

SIE Système Informatique Embarquée

CVS Convertisseur Statique

BP Bogie Porteur

BM Bogie Moteur

FS Frein de Secours ou de Sécurité

FU Frein d'Urgence



M1 Motrice1

C1 Caisse suspendue1

NP Nacelle Porteuse

C2 Caisse suspendue2

M2 Motrice2



Introduction

La sécurité du personnel est au centre d'intérêt du service maintenance du Tramway de Casablanca, et en particulier du département ingénierie.

En effet, le Centre De Maintenance CDM du tramway de SIDI MOUMEN de Casablanca est entré en exploitation en Décembre 2012, ce qui nécessite un recensement global et urgent des risques et des anomalies.

Notre projet de fin d'études aura pour but de proposer des améliorations et des recommandations, qu'Alstom Transport pourra appliquer pour réduire ou éliminer les risques, et minimiser le temps des opérations de maintenance préventive et corrective.

Notre rapport se subdivise en quatre chapitres :

Le premier est «cadre du travail et problématique» comportera une présentation, et un aperçu historique de la société ainsi que le cahier de charges proposé par cette dernière.

Le deuxième chapitre présentera la mise en place de l'alimentation externe pour l'indicateur de vitesse.

L'avant-dernier chapitre, nous procéderons à une description du principe de fonctionnement du compresseur de sablage qui est utilisé au freinage d'urgence ou de sécurité du tramway, nous présenterons notre schéma électrique de l'alimentation externe de cet équipement, la simulation ainsi que les étapes de la réalisation. Dans ce même chapitre Nous allons calculer le retour sur investissement.

Le dernier chapitre, sera consacré à présenter le fonctionnement de la centrale hydraulique de frein et les modifications du schéma de câblage que nous avons réalisé ainsi que les étapes de la réalisation.

Chapitre1 : Cadre du travail et problématique

I : Présentation d'ALSTOM au monde

I.1.Présentation général d'ALSTOM

ALSTOM est un des leaders mondiaux dans les domaines du matériel et infrastructures ferroviaires ainsi que de la production et transmission d'électricité. Cette multinationale d'environ 93 000 salariés est présente dans près de 100 pays et a réalisé en 2013 un chiffre d'affaire de plus de 20 milliards d'euros.

Nom de la société : groupe ALSTOM

Forme juridique : société anonyme

Création : 1928

Siège social : France

Chiffre d'affaire : 20,269 milliards d'euros (03/13)

Slogan de la société : Nous façonnons l'avenir

Logo :

Figure 1: Identité du groupe ALSTOM

ALSTOM est active dans le domaine de la production d'énergie hydroélectrique ; dans des îlots conventionnels pour centrales nucléaires, et dans les systèmes de contrôle de l'environnement. Il est également le fabricant de l'AGV, TGV, Eurostar et des trains, ainsi que des tramways Citadis. Alstom est également présent sur le marché des transports urbains, et est à l'origine des modèles de trains régionaux, la signalisation des équipements d'infrastructure, et un certain nombre de services associés .

ALSTOM opère dans trois domaines d'activités:

- ☐ Production d'électricité (ALSTOM Grid)
- ☐ Energie et énergie renouvelable (ALSTOM Power)
- ☐ Services de transport (ALSTOM Transport)

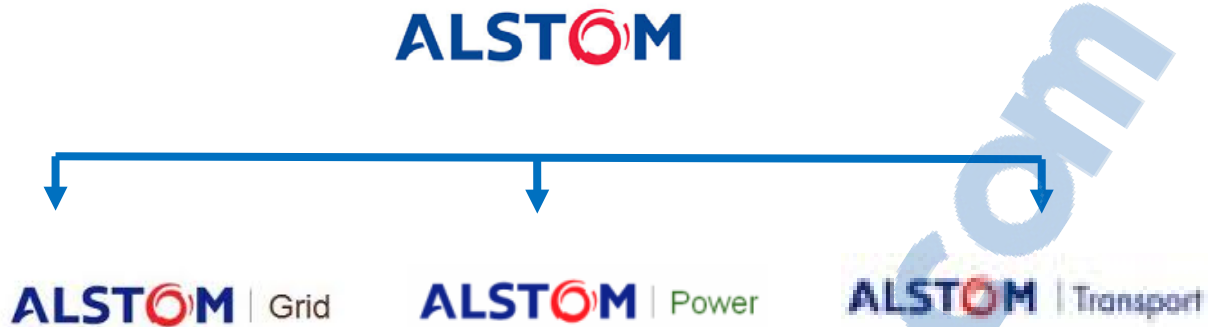


Figure 2: Filiales du groupe ALSTOM

I.2.Filiales d'ALSTOM

I.2.1 ALSTOM Grid

Le Secteur Grid conçoit et fabrique des équipements et des solutions clés en mains pour piloter les réseaux électriques et transporter l'électricité depuis la centrale jusqu'à l'utilisateur, qu'il s'agisse d'une société publique de distribution, d'un industriel ou d'une usine de production.

Il est un des trois principaux acteurs dans le marché de la transmission d'électricité, avec des technologies clés dans la haute et très haute tension et dans le domaine des « réseaux intelligents ».

Grid est numéro un mondial pour des produits et technologies clés tels que les sous-stations à isolation gazeuse (GIS), les sectionneurs ou la transmission de courant continu à haute tension (CCHT). Il possède plus de 90 sites industriels et d'ingénierie dans le monde, avec plus de 20 000 employés.

La filiale Alstom Grid dispose de quatre activités principales :

- Production des équipements électriques de l'ultra-haute tension et haute tension de transport d'électricité.
- Les systèmes de gestion de réseau, avec une position leader dans les solutions HVDC (high voltage direct current) grâce à son expertise en électronique de puissance.
- Les systèmes d'information pour la gestion en temps réel des réseaux électriques.
- Le service, il s'intéresse aux activités relatives au montage et la mise en service, le contrôle, la réparation et la mise en conformité des actifs.



Figure 3: Activités d'ALSTOM Grid

I.2.2ALSTOM power

Les activités d'Alstom Power comprennent la conception, la fabrication, les services et la fourniture de produits et systèmes pour la production d'électricité et les marchés industriels. Le groupe couvre toutes les sources d'énergie, gaz, charbon, nucléaire, hydraulique, éolienne. La société fournit des composants pour la production d'énergie: chaudières, turbines à vapeur et turbines à gaz, les turbines éoliennes, des générateurs, des systèmes de contrôle de la qualité et des systèmes de surveillance et de contrôle pour les centrales électriques

La société propose également une variété de services, en l'occurrence :

- La gestion de centrales : contrats de service sur mesure, notamment pour l'exploitation et la maintenance des centrales pendant tout leur cycle de vie.
- Le conseil et l'assistance : services techniques, formation, surveillance et diagnostic, analyse des performances.
- Les services sur site : gestion des arrêts de tranche, réparations sur site, montage, mise en service, construction et supervision.

I.2.3ALSTOM transport

Dans une logique de mobilité durable, Alstom Transport développe et propose la gamme de systèmes, d'équipements et de service la plus complète du marché ferroviaire.

L'entreprise est capable de gérer l'ensemble d'un système de transport et d'offrir des solutions « clés en main » : le matériel roulant, la signalisation, les infrastructures et les services. Avec une part de marché de 18 % et un chiffre d'affaires de 5,3 milliards d'euros, la compagnie est leader dans les trains à grande vitesse, numéro deux dans les

tramways et métros, et parmi les premières pour tout ce qui a trait aux trains électriques et diesels, aux systèmes d'information, et aux machines à traction. Alstom Transport est présente dans soixante pays et compte 26 000 employés.

Les principales activités de cette filiale sont :

- **Matériels roulants** : La gamme de produits inclus le TGV et l'AGV, les tramways Citadis, les métros avec la gamme Metropolis, le train urbain avec les X'Trapolis, les trains régionaux Coradia, les locomotives Prima.
- **Infrastructures (voies et électrification)** : Alstom développe, produit et installe des infrastructures liées aux réseaux ferroviaires afin d'en améliorer la sécurité et la performance. Cela comprend les systèmes d'information, les réseaux de communication, d'électricité, de pilotage, les ateliers et dépôts.
- **Services** : L'entreprise propose des solutions pour la rénovation par la mise à niveau technologique et par la maintenance à court ou long terme de tout type de véhicule, de transport sur rail toute marque confondues. Elle propose aussi des pièces détachées.

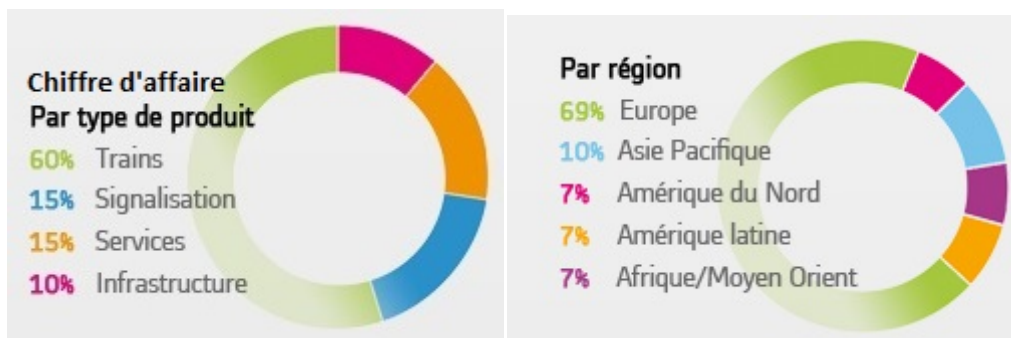


Figure 4: Chiffre d'affaire d'ALSTOM transport

I.3. Historique d'ALSTOM

I.3.1 Liste chronologique des dates marquantes de l'histoire d'Alstom

Connue à l'origine sous le nom ALSTHOM (contraction d'Alsace et de Thomson), qui depuis 1928 (Année de la fusion entre la Société Alsacienne de la Construction Mécanique « S.A.C.M » et la Compagnie Française Thomson Houston « C.F.T.H ») a réalisé plusieurs acquisitions et fusions avec de nombreuses sociétés. Cette évolution est illustrée dans le tableau suivant :



Date	Evènements marquants
1928	Fusion de Thomson-Houston et la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques (SACM) et création du premier noyau d'Alsthom.
1932	Ouverture sur le domaine de transport, Alsthom acquiert les entreprises : Constructions Electriques de France, Tarbes, un fabricant de locomotives électriques ainsi que l'équipement électrique et hydraulique.
1969	La Compagnie Générale d'Electricité (CGE) devient l'actionnaire majoritaire d'Alsthom
1976	Le groupe fusionne avec les Chantiers de l'Atlantique pour devenir Alsthom Atlantique
1977	Alsthom construit le premier générateur de 1300 MW fixé pour la centrale de Paluel qui a établi un record du monde avec une production de MW 1500.
1978	Le premier TGV est livré à la SNCF
1986	Le site Alsthom Belfort reçoit une commande d'EDF pour la plus grande turbine à gaz dans le monde (212MW)
1988/9	Alsthom acquiert 100% de la division équipements de transport ferroviaire de Transports ACEC de la société d'ingénierie électrique belge ACEC SA.
1989	GEC Alsthom est issue de la fusion des activités d'alimentation et de transport de la Compagnie Générale d'Electricité (CGE) et la General Electric Company plc (GEC).
1994	GEC Alsthom acquiert le constructeur des Véhicules sur rails, Linke-Hofmann-Busch (LHB).
1998	GEC Alsthom a acquis Cegelec (Electricité) comme Alstom Power Conversion Juin: le Groupe est introduit à la Bourse de Paris et change son nom de GEC Alsthom à Alstom
1998	Alstom acquiert Sasib Railways (Italie)
1999	Alstom acquiert Canadian Télécité Inc, un centre d'excellence mondial dans l'information des passagers et des solutions de sécurité. Alstom et ABB fusionnent leurs entreprises d'énergie dans une entreprise



	<p>à 50-50 connue sous le nom ABB Alstom Power.</p> <p>Alstom vend son activité lourde turbines à gaz de General Electric.</p>
2000	<p>Alstom acquiert la part ABB d'ABB Alstom Power.</p> <p>Alstom acquiert une participation de 51% dans Fiat Ferroviaria, le constructeur ferroviaire italien.</p>
2003	<p>Alstom fournit le métro automatique les plus performants au monde à Singapour. Alstom est touché par une crise financière due à la faiblesse des ventes et du passif de la dette.</p> <p>Alstom vendrait plusieurs de ses filiales pour lever des fonds.</p>
2004	<p>Janvier: Alstom vend ses activités T & D à Areva.</p> <p>L'Etat français accompagne le redressement de l'entreprise et participe dans le capital d'Alstom à 21%.</p> <p>Alstom vend le constructeur de locomotives diesel Meinfesa (Valence, Espagne) à Vossloh AG.</p>
2005/2006	<p>GT 24/26 Turbines réussira à atteindre 1,5 millions heures d'exploitation ainsi que des ventes importantes dans des pays tels que l'Italie, l'Allemagne, l'Espagne et la Thaïlande.</p>
2006	<p>Alstom vend sa division Marine aux norvégien Aker Yards groupe. Et s'engage à maintenir 25% des actions jusqu'en 2010.</p> <p>Alstom lance, avec l'UE, une importante initiative de la technologie propre du charbon.</p>
2007	<p>Le groupe change de nom qui désormais s'écrit Alstom.</p>
Date	Evènements marquants
	<p>Avril: sur un essai en France, TGV Est établi le record du monde de vitesse pour les véhicules ferroviaires de 574,8 kilomètres par heure.</p>
2010	<p>Alstom annonce l'ouverture d'une usine d'assemblage d'éoliennes à Amarillo, Texas.</p> <p>Alstom inaugure son nouveau site de production hydroélectrique en Chine. Alstom signe avec ONCF un contrat de près de 400 millions d'euros, concernant la fourniture de 14 rames de train à très grande vitesse à deux niveaux.</p>

2011	Alstom et le gouvernement irakien signent un protocole d'entente concernant la construction d'une ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bagdad et Bassora
2012	Alstom entame la construction d'usines à : Sorel-Tracy(Québec), Saint-Nazaire, Ufa (Russia).

I.4.ALSTOM Maroc

Alstom est présente au Maroc depuis plus de 40 ans, avec 9 établissements répartis dans tout le pays, opérant dans plusieurs secteurs d'activités.

- **Power :** la société s'occupe de l'exploitation et l'entretien de la centrale électrique à Ain Beni Mathar, ainsi que de la maintenance des turbines et des alternateurs de 4 unités à la centrale thermique de Jorf Lasfar. Elle est chargée aussi de la rénovation des turbines et des alternateurs 600 MW de l'ONE à centrale thermique de Mohammedia. Avec plusieurs projets en cours en partenariat avec ONE et l'OCP pour renforcer la vision énergétique du Maroc au futur.
- **Grid :** ALSTOM offre une variété de produits à haute tension et très haute tension ainsi que les installations de décision (disjoncteurs, commutateurs, transformateurs, instruments de mesure, systèmes de commande de contrôle, etc) pour répondre aux besoins d'une large gamme de réseaux de transports d'électricité.
- **Transport :** ALSTOM s'est investi dans l'élaboration (matériel, infrastructures et services) du tramway de Rabat et de Casablanca. La société a également fourni du matériel roulants (Prima et Euroduplex) pour le réseau ferroviaire du territoire et a contribué à la maintenance du réseau existant.

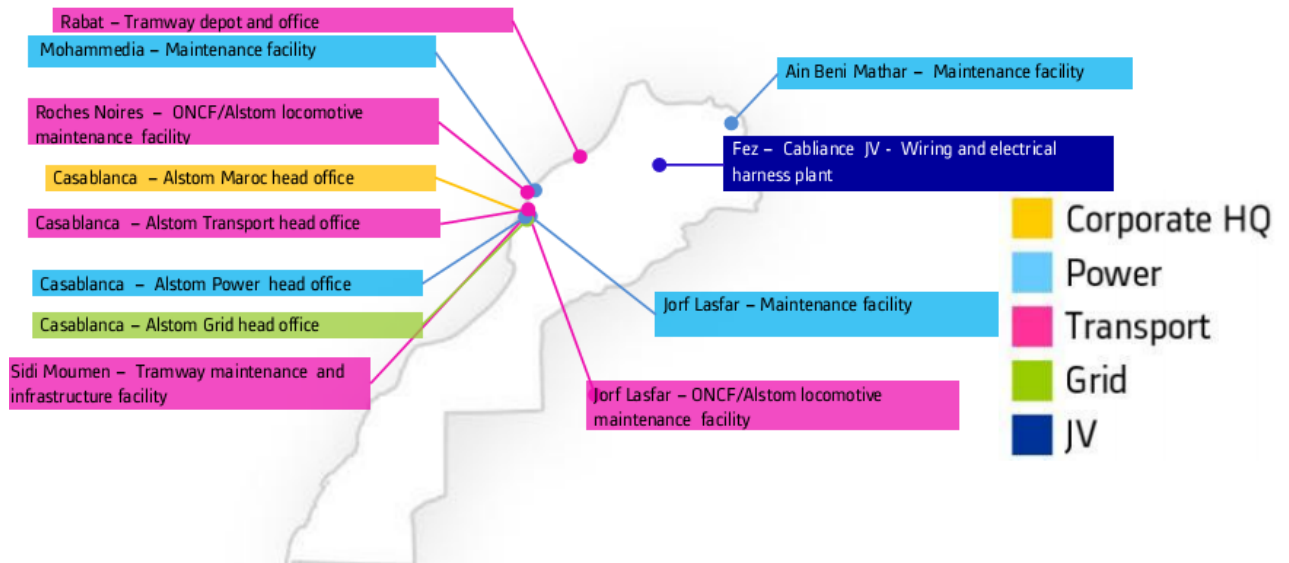


Figure 5: Projets d'ALSTOM Maroc

I.5. Présentation de l'entité accueillante : centre de maintenance Sidi MOUMEN

L'équipe de maintenance est en charge d'assurer la maintenance du matériel roulant et des infrastructures de Casa Tramway ainsi que de s'adapter au rythme d'exploitation pour assurer une meilleure disponibilité du parc. L'organisation maintenance est scindée en deux équipes :

- Une équipe de maintenance de matériel roulant : Elle assure la maintenance corrective et préventive du matériel roulant au sein du centre de maintenance de Sidi Moumen.
- Une équipe de maintenance infrastructure qui assure la disponibilité et le suivi de la partie infrastructure.

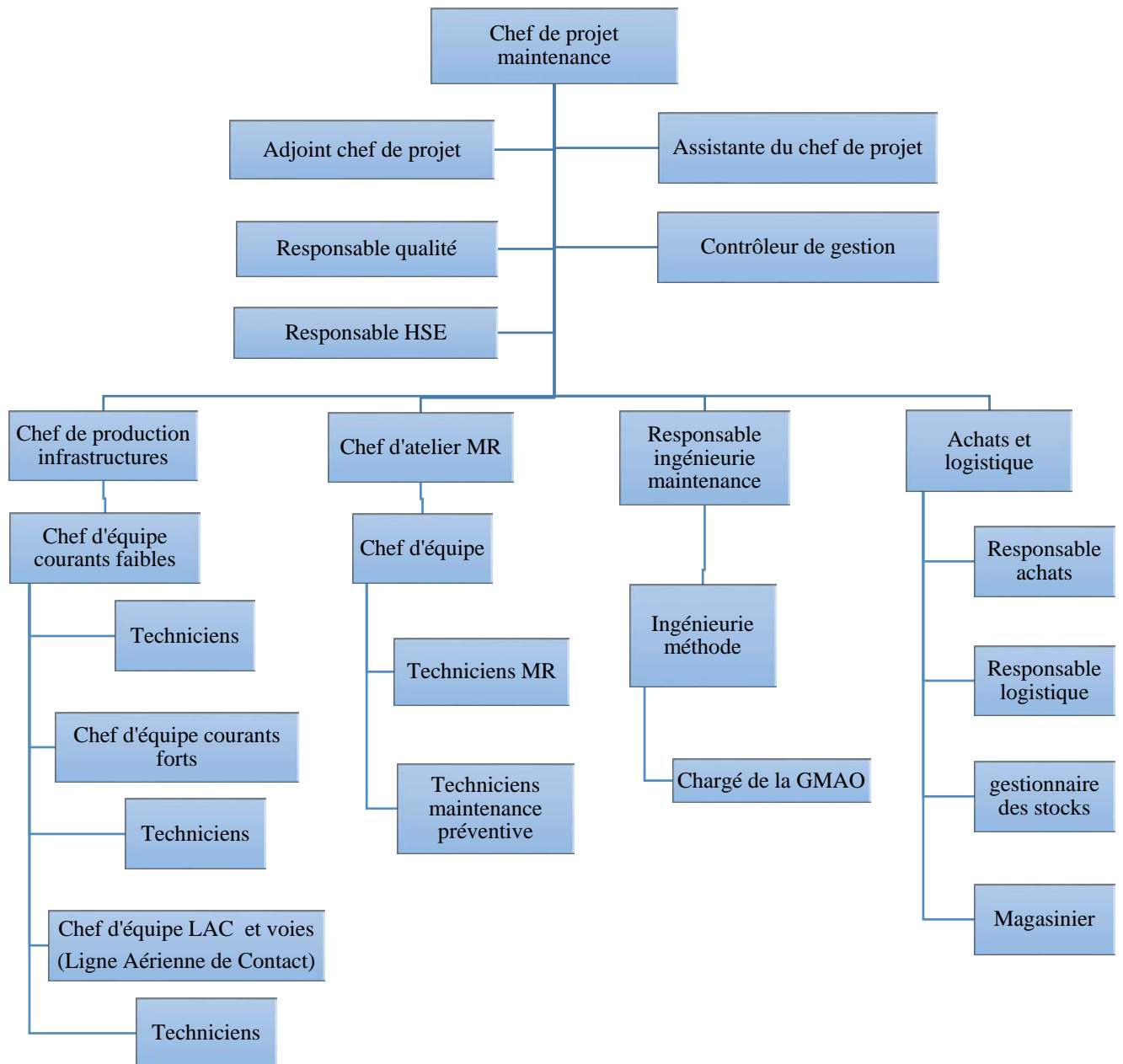


Figure 6: Organigramme de l'équipe de maintenance

☐ Chef de Projet Maintenance/Chef de Projet Adjoint

Au sein d'ALSTOM MAROC, la mission du chef de Projet maintenance: Piloter l'intégralité des prestations en optimisant les engagements « QCD » (Qualité, Coûts, Délais) du projet et coordonner l'ensemble des activités prises en charge pendant toute la durée du projet. Plus précisément, il a à sa charge les tâches suivantes (il sera assisté par le pôle ingénierie et les responsables des opérations (INFRA et MR) :

- Assurer la coordination et la cohérence technique entre la Direction Maintenance et l'Exploitant.
- Gérer les exigences du système en conformité avec le contrat.
- Valider l'allocation des tâches et des fournitures.
- Gérer l'ordonnancement des opérations et des plannings en cohérence avec le responsable.
- production matériels roulants et le responsable production installations fixes.
- Assurer le contrôle des études, rapports et documents pour les prestations de maintenance.
- Mettre en place la politique de gestion des risques du Projet.
- Assurer la gestion de la qualité en cohérence avec les objectifs définis par le service

☐ Qualité d'ALSTOM MAROC

- Gérer les modifications du système tramway.
- Assurer le reporting des activités de maintenance au moyen du rapport mensuel.
- Participer aux réunions d'interfaces avec le directeur maintenance de l'exploitant.
- Piloter aux W.P.R. (Work Packages Reviews).

☐ Le service ingénierie

Le service ingénierie est chargé de :

- Faire des prévisions de charge.
- Etablir les plannings d'intervention.
- Réserver les ressources humaines et matérielles.
- Assurer l'utilisation rationnelle des ressources.
- Déclencher les interventions Préventives.
- Gérer et suivre les interventions.
- Gérer les demandes de travail du correctif.
- Elaborer les gammes de travail.
- Déterminer les outils, dispositifs, instruments et appareils requis pour chaque intervention.
- Estimer le temps d'exécution.
- Rassembler tous les documents nécessaires.
- Etablir tous les imprimés requis.
- Définir les compétences requises.
- Déterminer les pièces et consommables à prévoir.

☐ Responsable Qualité Maintenance

Il est le support du chef de projet maintenance pour l'application de la Politique Qualité et du processus d'amélioration continue. Il garantit, participe et s'assure de la bonne application d'un système Qualité opérationnel décrit dans le plan d'Assurance Qualité dont il a la responsabilité de gestion et de suivi.

Dans le cadre du management du projet, il assure le management et la préparation des jalons DFQ (Design For Quality – Validation des différentes étapes d'un projet) à travers les GR (Gate Review) pour le compte du projet :

préparation de la revue et suivi des réserves à travers les plans d'actions mis en œuvre.

Il assure que les NCR (non-conformités) détectées dans le cadre des opérations de maintenance sont tracées et résolues sur le plan curatif, et assure le suivi des plans d'actions correctives induits lorsque cela est nécessaire. Il définit et met à jours les indicateurs (KPI's) du projet en cohérence avec les objectifs opérationnels fixés dans le contrat et en relation avec les différents acteurs concernés au sein de l'équipe projet.

☐ Responsable HSE

- Il garantit, participe, et s'assure de la bonne mise en place et de la bonne application des règles de sécurité sur le site de maintenance.
- Il assure le suivi et l'amélioration continue des processus en termes de sécurité et environnement, Il est interlocuteur privilégié du client en termes de problématique EHS.

☐ Assistante Direction Maintenance

Elle est en charge de la partie administrative du pôle maintenance:

- Correction et envoi des rapports.
- organisation avec les responsables ingénieries de la documentation.
- point d'entrée pour les RH.
- gestion des fournitures propres aux personnes en relation avec les responsables de chaque activité.
- Rédaction et mise en forme des tableaux de bords et rapport pour l'Exploitant, support en cas d'audit qualité.

☐ Project Cost Controller

- il met en place l'architecture analytique de l'affaire en relation.
- il modélise financièrement l'affaire, calcule les révisions de prix et frais/produits financiers.
- il assure l'émission des documents financiers vis à vis du client.

- il consolide le prix de revient complet de l'affaire.
- il établit les documents de reporting (exercices budgétaires et revues de contrat).
- il établit et met à jour les tableaux de bord financiers pour les deux entités, il gère la facturation entre le client et MEDITERRAIL.

☐ Chef Production Infrastructure

- Il est l'interlocuteur « technique » du client au sein de l'entité maintenance pour la partie infrastructure.
- Il pilote l'activité d'ingénierie : mise en place des procédures, des systèmes de maintenance, des mises à jour des produits, des obsolescences pour la partie infrastructure.
- Il assure et réalise le suivi de la liste de documentation technique de maintenance ainsi que toute validation de cette dernière.
- Il assure le suivi des points techniques et de performances et consolide les informations techniques remontées du site en utilisant Railsys.
- Il est l'interlocuteur Railsys pour la partie Installations fixes.
- Il établit les devis pour toutes opérations supplémentaires.
- Participer pour l'amélioration continue du plan Railway Safety.

☐ Chef Production Matériel Roulant

- Garantir, participer, et s'assurer de l'organisation et de l'évolution du processus de la maintenance.
- Préparer, produire et mettre à jour le plan et les fiches de maintenance, évaluer les risques et assurer le railway safety.
- Il assure le suivi des points techniques et de performances et consolide les informations techniques remontées de l'atelier en utilisant Railsys.
- Il est interlocuteur Railsys pour la partie MR.
- Participer pour l'amélioration continue du plan Railway Safety.

☐ Chef D'Atelier

- Il garantit, participe et s'assure de la bonne exécution de la maintenance préventive et corrective (la maintenance corrective démarre à partir de la deuxième année après le service commercial) du Matériel Roulant et de la conformité de ces tâches avec le plan de maintenance.
- Il anime une équipe pour assurer les objectifs de disponibilité du système.
- Il est le garant Q C D de son scope,
- IL assurera le reporting au son manager des activités de maintenance.

☐ Gestionnaire de Stock

Le gestionnaire de stock assure la gestion globale du magasin. Il a pour mission de :

- S'assurer que toutes les pièces de rechanges et notamment les pièces consommables sont disponibles en magasin pour assurer la maintenance.
- Assurer la gestion et le traitement des pièces non-conformes.
- Gérer des contrats d'entretien des équipements mobiles, engins de maintenance et les outillages spécifiques pour le matériel roulant et les infrastructures. en relation avec les scopes de chaque entité.
- Gérer les fournisseurs tout en respectant la politique d'achat, passer les commandes d'achat.

☐ Technicien matériel roulant /LAC/ courant fort

Ils assurent la maintenance préventive, corrective, l'astreinte et le dépannage en ligne en conformité avec le plan de maintenance, la documentation de maintenance et les règles de sécurité pour le matériel roulant, la LAC et les installations courant fort.

II : Présentation du tramway CASABLANCA ligne1

II.1.Fonctionnement des équipements de la rame

Le tramway citadis CASABLANCA est une rame composée de 2 éléments 302, elle se décompose de la manière suivante :

- Deux motrices M1.
- Deux caisses suspendues C1.
- Deux nacelles porteuses NP.
- Deux caisses suspendues C2.
- Deux motrices M2.

Les caractéristiques du tramway Citadis :

Longueur	64m
Largeur de caisse	2400mm
Hauteur maxi au-dessus de rail	3270mm
Hauteur du plancher au-dessus de rail	350mm
Masse à vide en ordre de marche	38,41 t
Masse en charge normal	52,48 t
Nombre de bogies moteurs	2
Nombre de bogies porteurs	1
Nombre de places assises	53
Charge maximale	272 passagers
Vitesse maximale	70Km/h
Tension d'alimentation	750 VCC

☐ Les équipements en fosse d'un élément du tramway sont illustrés ci-dessous soit:

En motrices M1 et M2 :

- Quatre bogies moteurs
- Quatre centrales hydrauliques
- Quatre compresseurs de sablage

En nacelle porteuse NP :

- Un bogie porteur
- Une centrale hydraulique

☐ **Bogie moteur**

- Schéma d'implantation

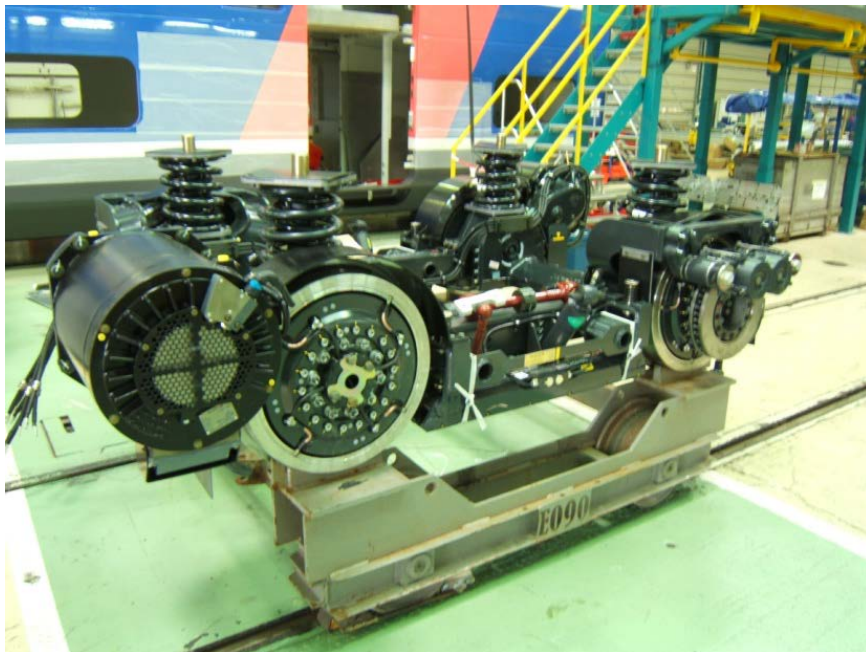
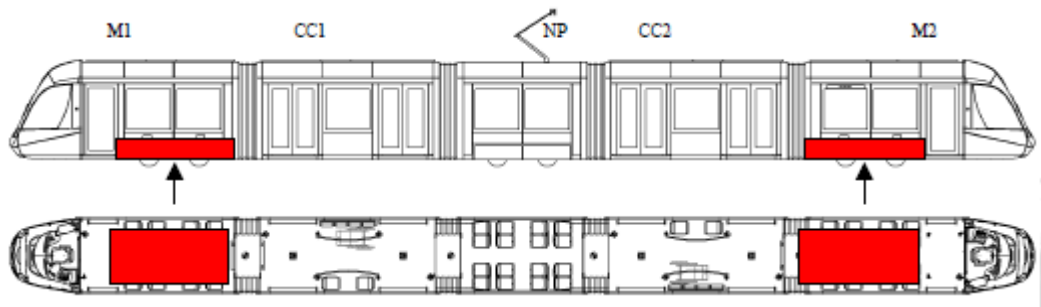


Figure 7: Bogie moteur

Le bogie est un chariot situé sous un véhicule ferroviaire sur lequel sont fixés les essieux (et donc les roues) il est mobile par rapport aux châssis de véhicule. En général chaque bogie possède deux essieux et chaque essieu contient deux roues.

Le bogie moteur est équipé de deux moteurs asynchrones triphasés à refroidissement par eau, d'une masse de 335 Kg, et d'une puissance de 175KW. Leur vitesse de rotation maximale est de 4550Tr/min. Il est utilisé dans le cas d'une traction directe ou indirecte et aussi pour le freinage. Il existe un bogie moteur pour chaque motrice M1 et M2.

□ Bogie porteur

- Schéma d'implantation

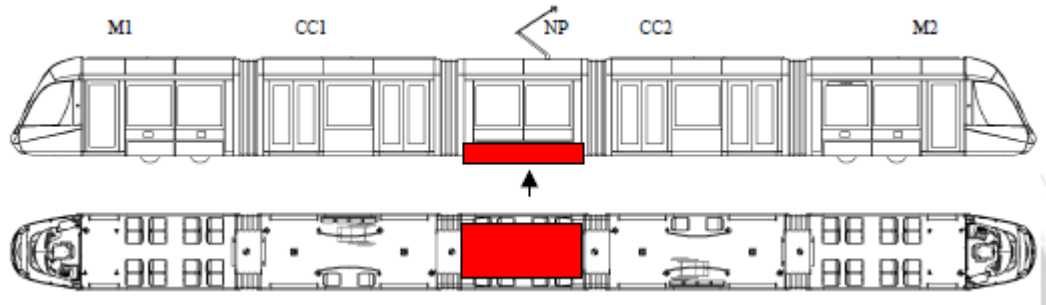


Figure 8: Bogie porteur

Le bogie porteur est généralement utilisé pour le freinage et assure la répartition des charges et le guidage. Il existe un seul bogie porteur dans la nacelle porteuse NP, son fonctionnement est tout à fait le contraire pour le bogie moteur.

□ Traction

- Schéma d'implantation

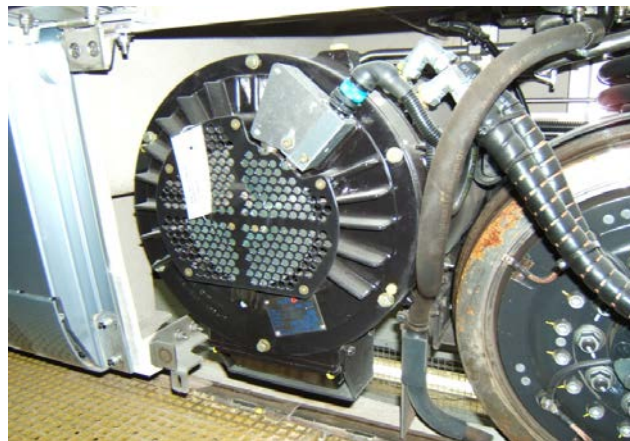
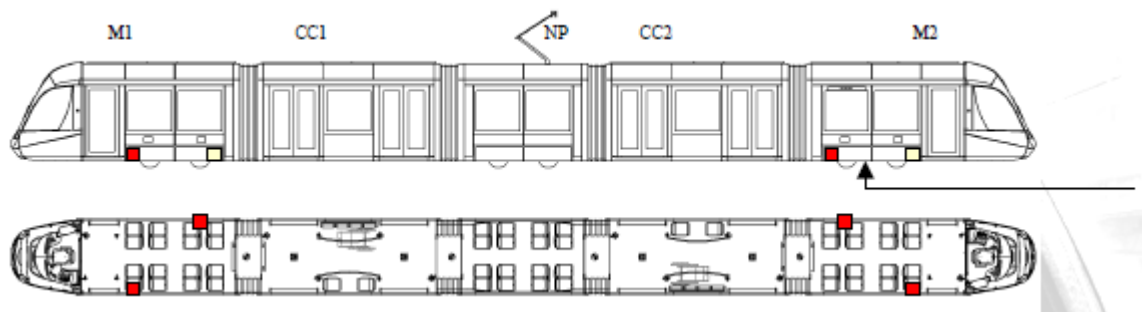


Figure 9: Capteur de vitesse Bogie Moteur

Les moteurs de traction sont de type asynchrone triphasés et à cage d'écureuil, fermé et refroidit par fluide caloporteur à partir de 750V, un onduleur individuel à IGBT alimente chaque moteur.

□ Freinage

Il y a trois types de freins :

Les freins électrodynamiques : le freinage de tramway est, essentiellement, assurée par les freins électrodynamiques qui agissent sur les essieux moteurs (chaque essieu contient 2 roues).

Il est également du type à récupération d'énergie en fonction de la capacité récupératrice de la ligne d'alimentation HT. Cependant, lorsque la ligne HT n'est pas récupératrice, il y a mise en application de freins rhéostatiques. ONIX gère automatiquement la répartition entre les deux.

Les freins mécaniques ou freins a friction : les freins mécaniques sont aussi appelées freins a friction. Ils équipent tous les essieux des bogies moteurs et les roues des bogies porteurs.

Ces freins sont mis en œuvre à l'aide d'un dispositif hydraulique agissant sur un ensemble étriers du disque de freins.

Il faut séparer les bogies moteurs (BM) du bogie porteur (BP) quant au fonctionnement au frein mécanique.

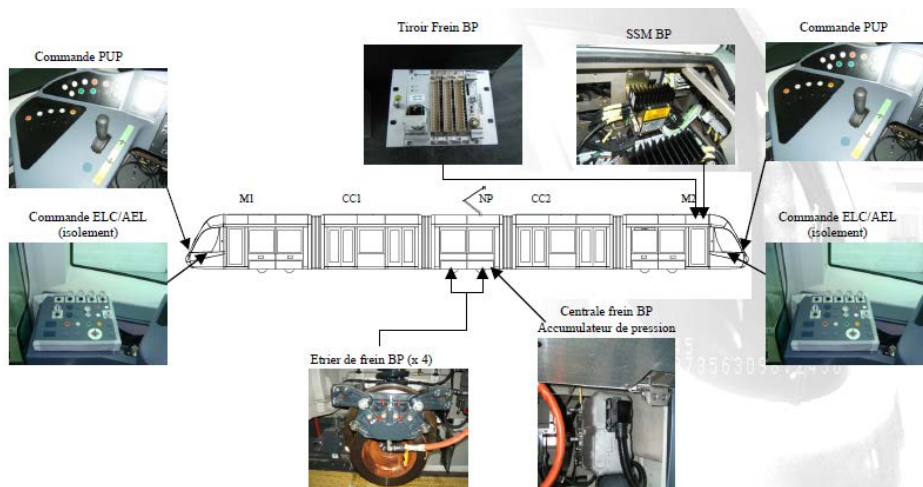


Figure 10: Freinage à friction BM

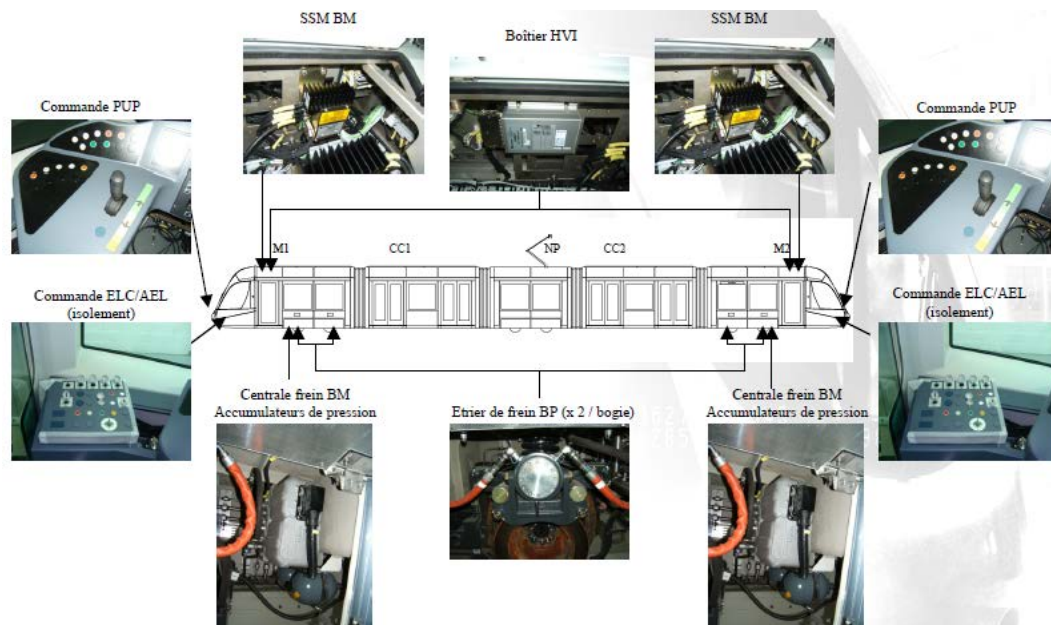


Figure 11: Freinage à friction BP

Les freins électromagnétiques :

- Schéma d'implantation

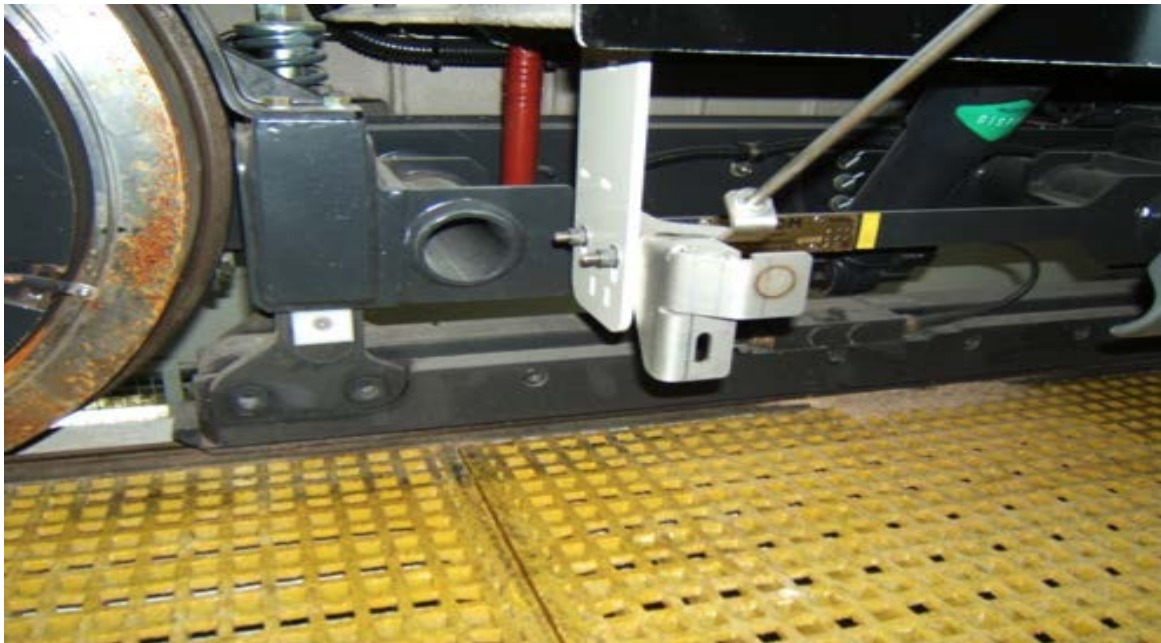
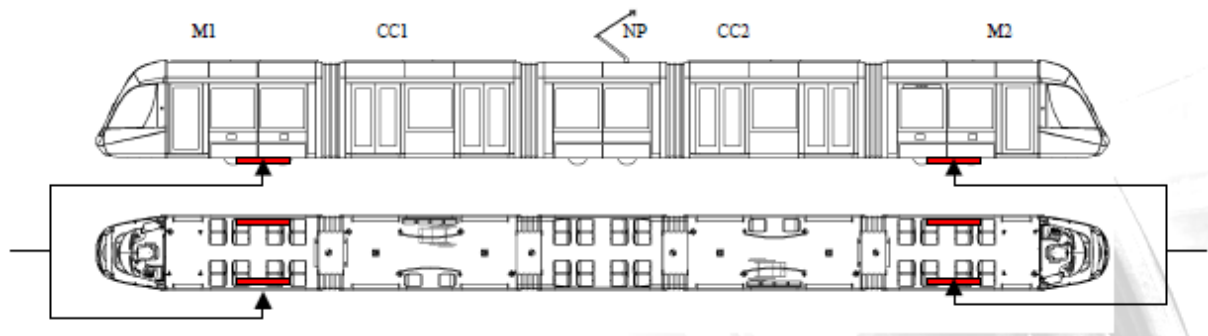


Figure 12: Patins magnétiques

Ce type de freins est réalisé par l'intermédiaire de 6 patins magnétiques par élément de rame.

Une paire de patin magnétique est montée sur chaque bogie ils se plaquent sur les rails lorsqu'ils sont alimentés afin de faire ralentir ou arrêter le véhicule suivant les cas d'utilisation. Chaque patin magnétique est suspendu au longeron de châssis-pont du bogie.

IL y a d'autres types de freinages :

- Freinage de service (FNS, FMS),
- Freinage d'urgence (FU),

- Freinage de secours ou de sécurité (FS),
- Freinage d'immobilisation,
- Freinage de parking (ou de stationnement).

Actions lancées lors d'une demande d freinage

	Conjugaison Freinage	Freinage Electrodynamique	Freinage à friction	Patins Electromagnétiques	Anti-Enrayage	Correction à la charge	Sablage	Redondance Consigne TCMS	Ouverture DJ haute tension
Freinage de service	X	X Prioritaire au méca.	X		X	X	Actif si Enrayage		
Freinage d'urgence	X	X Prioritaire au méca.	X (Effort talon si défaut TCMS)	X	X	X	X	X (uniquement BCE Compact)	Uniquement Tram Train
Freinage de sécurité	Inhibé	Inhibé	X	X	Inhibé	Inhibé	X	Inhibé	X
Frein d'immobilisation			X (Géré localement)		Inhibé	Charge Max			
Frein de parking			X (Uniquement sur les bogies à commande indirect)						

□ Compresseur de sablage

- Schéma implantation

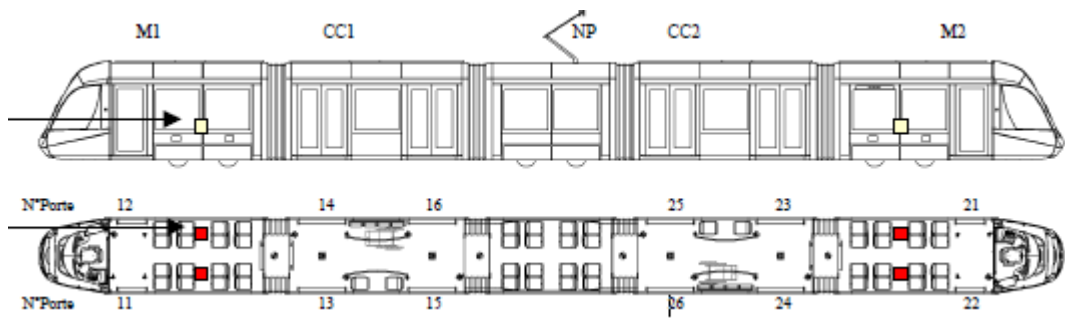


Figure 13: Compresseur de sablage

Le compresseur permet la production d'air comprimé utilisé pour la mise en œuvre du sablage, il est utilisé dans le cas où il y a le patinage ou l'enrayage.

□ Centrale hydraulique

- Schéma implantation

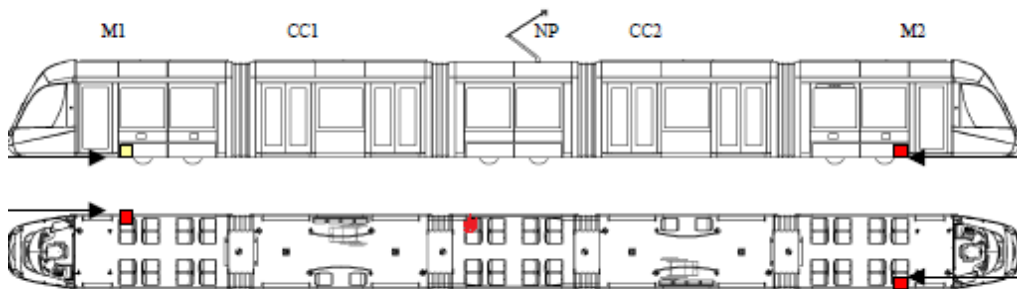


Figure 14: Centrale hydraulique

La centrale est un organe hydraulique utilisé dans certaines phases de freinage (de service, d'urgence, de secours, d'immobilisation et de parking).

□ Les équipements en toiture d'un élément du tramway sont illustrés ci-dessous soit:

En motrices M1 et M2 :

- Un coffre équipement électrique basse tension.
- Un coffre équipement traction/freinage.

- Un groupe de refroidissement moteur.
- Un groupe de climatisation cabine (dans M1).

En nacelle porteuse NP :

- Un coffre disjoncteur.
- Un pantographe.
- Un parafoudre.

En caisse suspendue C1 :

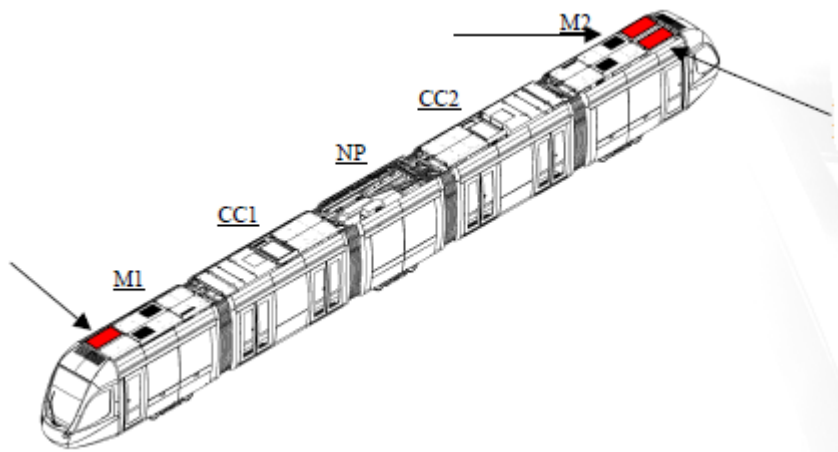
- Un groupe de climatisation salle.
- Un rhéostat de freinage.
- Un coffre batterie (dans C1).
- Un convertisseur statique (dans C2).

☐ **Groupe climatisation cabine**

Le groupe de climatisation cabine a pour rôle de maintenir et d'assurer, à l'intérieur de chaque cabine de conduite une température constante prédéfinie et modifiable par l'agent de conduite.

☐ **Coffre équipement électrique basse tension BT**

- Schéma d'implantation



La batterie BT est composée de 19 cellules identiques placés en série afin d'obtenir une tension continue de 24V. Cet équipement peut être isolé de deux façons :

- Action sur le commutateur motorisé d'isolement batterie (sous voussoir).
- Action sur le commutateur d'isolement batterie depuis la toiture (dans le coffre batterie).

Elle permet la montée et la descente du pantographe et les alimentations électriques des auxiliaires nécessaires à la phase de préparation.

□ **Groupe de refroidissement moteur GRF**

- Schéma d'implantation

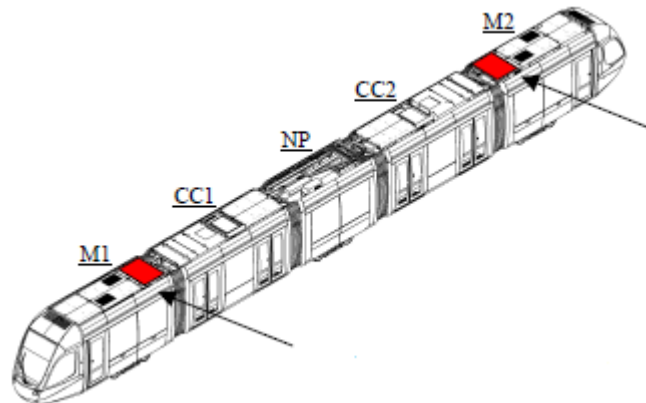


Figure 15: GRF

Un groupe de refroidissement assure le refroidissement des moteurs de traction d'un même bogie.

□ Groupe de climatisation salle

- Schéma implantation

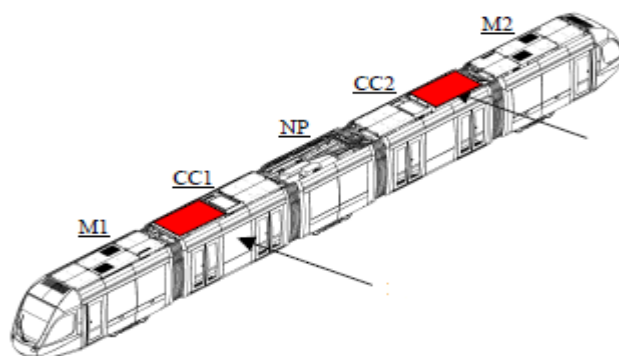


Figure 16: Climatisation

Le groupe de climatisation salle voyageurs a pour rôle de maintenir et d'assurer à l'intérieur de salles voyageurs une température constante.

□ Rhéostat de freinage

- Schéma d'implantation

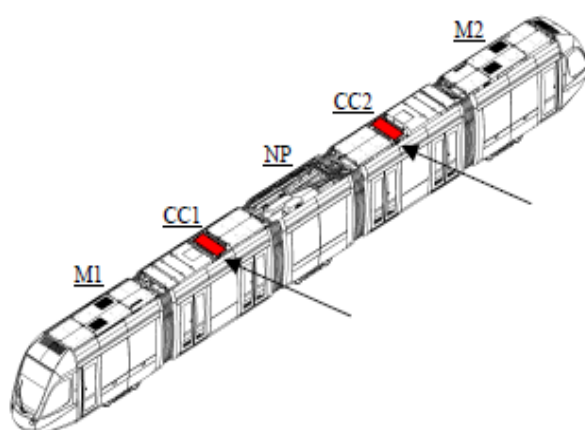




Figure 17: Rhéostat de freinage

Le rhéostat de freinage permet de dissiper l'énergie fournie par les moteurs, en effet en phase de freinage les moteurs se comportent comme des générateurs et injectent de l'énergie sur la caténaire mais lorsque celle-ci n'est plus réceptive le flux d'énergie est envoyé dans les rhéostats.

□ Coffre batterie

- Schéma d'implantation

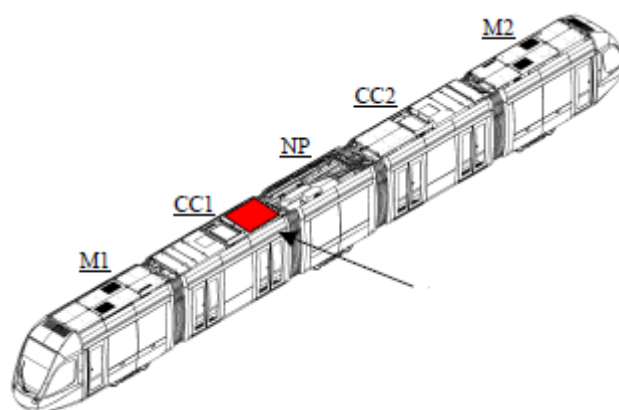




Figure 18: Coffre batterie

Ce réseau est utilisée principalement pour alimenter les fonctions qui doivent rester disponibles quand le véhicule dé-préparé (par exemple : feux de garage (fanaux)).C'est la raison pour laquelle il est continuellement alimenté par la batterie tant que cette dernière n'est pas déchargée (ou par le convertisseur statique lorsqu'il fonctionne).et remorque /poussage, ce réseau de l'élément secouru n'est pas alimenté par l'élément secourant.

□ Convertisseur statique CVS

- Schéma d'implantation

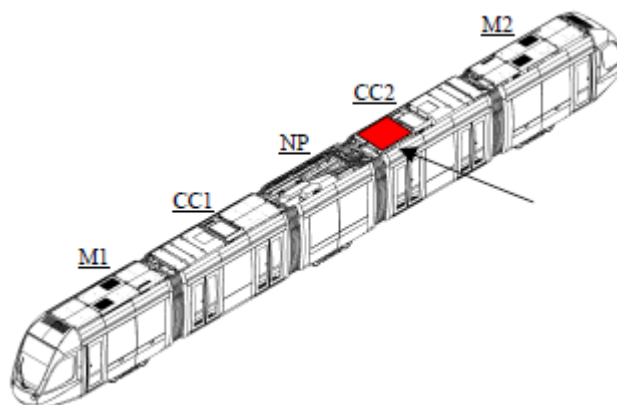




Figure 19: Convertisseur Statique

La fourniture d'énergie auxiliaire est assurée par un convertisseur statique CVS.

A partir de la haute tension 750 VCC délivré par un pantographe, le convertisseur statique délivre, à partir de différents modules électriques, l'énergie moyenne et basse tension utilisée sur la rame.

Le CVS contient également une électronique de commande qui assure le contrôle et la commande des différents modules.

☐ Coffre disjoncteur

- Schéma d'implantation

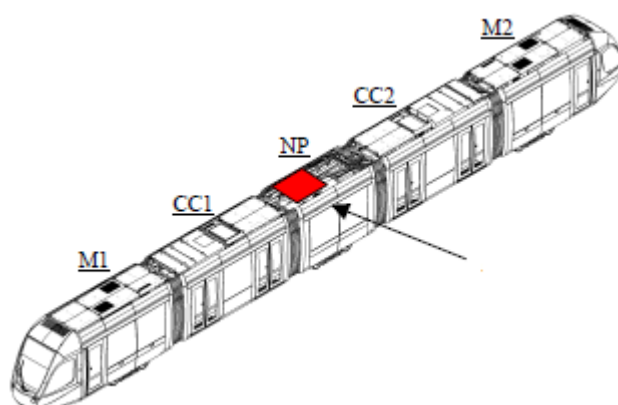




Figure 20: Coffre HT

Le coffre disjoncteur, situé en toiture de la nacelle porteuse NP, est l'équipement qui assure la continuité électrique contre :

- D'une part, les équipements permettant la fourniture de la tension HT (pantographe, batterie HT).
- Et d'autre part, les équipements nécessitant la tension HT avec principalement les coffres de traction-freinage et les convertisseurs statique.

□ Pantographe

- Schéma d'implantation

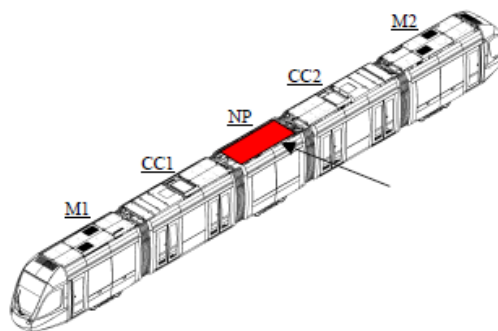


Figure 21: Moteur Pantographe



Figure 22: Pantographe

Le pantographe est un ensemble mécanique articulé, qui capte le courant sur la caténaire et l'achemine jusqu'à la ligne de conduite.

Les organes de commandes permettent la montée ou la descente du pantographe.

□ Parafoudre



Figure 23: Parafoudre

Le parafoudre assure la protection de la rame contre les surtensions du matériel alimenté sous une tension nominale de 750v en courant continu en cas d'orage.

II.2.La maintenance corrective

La maintenance corrective concerne les opérations, effectuées à la suite d'une défaillance (panne), permettant de remettre en état de véhicule, les équipements ou les organes en état de bon fonctionnement.

Le véhicule retrouve après réparation toutes ses caractéristiques d'origine.

L'URL est défini comme étant le plus petit élément démontable d'un équipement pouvant être remplacé ou réparé sur le véhicule.

L'URA est défini comme étant un des éléments démontables d'un URL qui peut être remplacé ou réparé en atelier après dépose de l'URL.

II.3.La maintenance préventive

La maintenance préventive concerne les opérations à effectuer de façon prédéterminée, réalisées dans le but de réduire la probabilité de défaillance du véhicule, des équipements ou des organes.

Les opérations de maintenance préventive sont présentées et explicitées dans les documents suivants :

- Notice maintenance.
- Manuel de maintenance des organes déposés.

But de la visite :

Visite préventive : Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

Opérations préventives : elles sont de 2 catégories :

Opération préventives systématiques	Opérations préventives conditionnelles
Exemples : Nettoyage, Inspection, Test, Contrôle	Exemples: suivant l'inspection, nettoyage/remplacement/remplissage si nécessaire

II.4.Sécurité et environnement

Les opérations à réaliser doivent être effectuées dans le respect des règles de sécurité et de l'environnement applicables sur le site.

Les 11 règles vitales de sécurité Alstom (**voir l'annexe 1**)

☐ Les outils de sécurité

Le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI) permet de se protéger des nuisances.

Si des mesures de protection collective sont envisageables, elles seront mises en place en priorité par rapport aux dispositifs de protections individuelle.

Rappel de la signification des logos concernant les EPI :



Protection pieds



Protection tête



Protection mains



Protection vue



Protection ouïe



Protection figure



Protection voies respiratoires



Protection corps (vêtements, gilet haute visibilité)



Protection piéton (circulation)



Protection contre chute

Quelques exemples d'EPI :

 Chaussures de sécurité	 Vestes ou gilets réfléchissants	 Gants isolés	 Casquettes de protection
---	--	---	---

III : Problématique du sujet

Le contexte de cette problématique se rapporte au matériel roulant, lors des opérations de maintenance, plusieurs tests sont à réaliser sur des équipements du tramway, que ce soit directement on-train ou off-train (sur le tramway ou en atelier spécialisé).

Lors de ces tests, les équipements doivent alors être alimentés (**24VDC** ou **400VAC**). Pour raisons sécuritaires, nous souhaiterions alimenter ces équipements avec une alimentation externe plutôt que d'utiliser la ligne d'énergisation du tramway (tramway alimenté en **750VDC** ; tension ensuite converti en **24VDC** ou **400VDC**).

L'objectif est de sécuriser les interventions de maintenance préventive c'est-à-dire éviter le travail au voisinage d'équipements sous tension, autre que ceux testés. Et aussi de minimiser le temps d'opérations.

La mission consiste à spécifier des alimentations externes pour :

- Indicateur de vitesse (24VDC)
- Compresseur de sablage (24VDC)
- Centrale hydraulique (24VDC)
- Groupe de climatisation cabine (400VAC)
- Groupe de climatisation salle (400VAC)

Ces alimentations externes doivent être utilisables sur le tramway ou en atelier spécialisé. Elles doivent être aisément transportables.

Pour la spécification des alimentations externes nous avons besoin de :

- -Etudier le fonctionnement de l'équipement
- -Réaliser le schéma électrique
- -Identifier les articles à acheter
- -des couts associés
- -Mettre en place une procédure de test

On devrait alimenter ces équipements tout en respectant les conditions suivantes :

- Pour tester l'étalonnage d'indicateur de vitesse du tramway, le plan de maintenance préventive exige une vérification avec une haute résolution chaque fois que le tramway parcourt 60000 km en faisant varier le courant ou la tension en fonction de la vitesse.



- La visite préventive exige des tests sur la pression du compresseur de sablage chaque fois que le tramway parcourt 30000km.
- Le test préventif se fait d'une façon à vérifier la pression en fonction du courant pour la centrale hydraulique chaque fois que le tramway parcourt 60000km.

Après qu'on ait mis en évidence le cadre du travail, ainsi que la définition de la problématique qui a régi la démarche qu'on a suivie durant notre stage de fin d'étude. Dans la suite nous présenterons les étapes pour la mise en place de l'alimentation externe de certains équipements du tramway.

Chapitre 2 : Alimentation externe pour l'indicateur de vitesse (24VDC)

I : Mission

Le plan de maintenance préventive exige une vérification de l'étalonnage de l'indicateur de vitesse chaque fois que le tramway parcourt 60000 Km.

La mission consiste à réaliser une alimentation externe qui génère les tensions en agissant sur un sélecteur d'une haute résolution avec une possibilité de visualiser les tensions générées sur un afficheur pour tester l'étalonnage d'indicateur de vitesse du tramway et de mettre en place la procédure de test.

II : Fonctionnement de l'indicateur de vitesse

L'indicateur de vitesse permet au conducteur de visualiser la vitesse instantanée de son véhicule, il est très utile pour permettre de maîtriser la vitesse par rapport aux limites imposées par la signalisation ou le code de la route, la vitesse est indiquée en kilomètre par heure (km/h).



Figure 24: Indicateur de vitesse

III : Maintenance préventive



Figure 25: Maintenance sur l'indicateur de vitesse

La maintenance préventive de cet équipement devra se faire comme suite:

A- Déposer la visière :

- déposer les vis (1) et rondelles (2) de fixation de la visière (3),
- soulever la visière (3) et déconnecter le câble relié au feu antibrouillard arrière (4),
- déposer la visière (3).

B- Repérer et débrancher les deux câbles aux bornes 1 (1) et 2 (2) de l'indicateur de vitesse (3).

C- Installer le générateur de tension 0-12 V et la résistance de 500 ohms en série aux bornes de l'indicateur de vitesse. Le "plus" du générateur de tension sera connecté à la borne 1 (1) et le "moins" à la borne 2 (2) de l'indicateur de vitesse (3).

Attention : Pendant toute l'opération, les valeurs de courant et de tension aux bornes de l'indicateur de vitesse seront vérifiées respectivement à l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre.

D- Vérifier l'étalonnage de l'indicateur de vitesse en faisant varier le courant suivant les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

Vitesse Km/h	en	Tension en V	Courant en mA
10		1.25	2.5
20		2.5	5
40		5	10
60		7.5	15
80		10	20

La figure ci-dessous représente la variation de la vitesse en fonction de la tension :

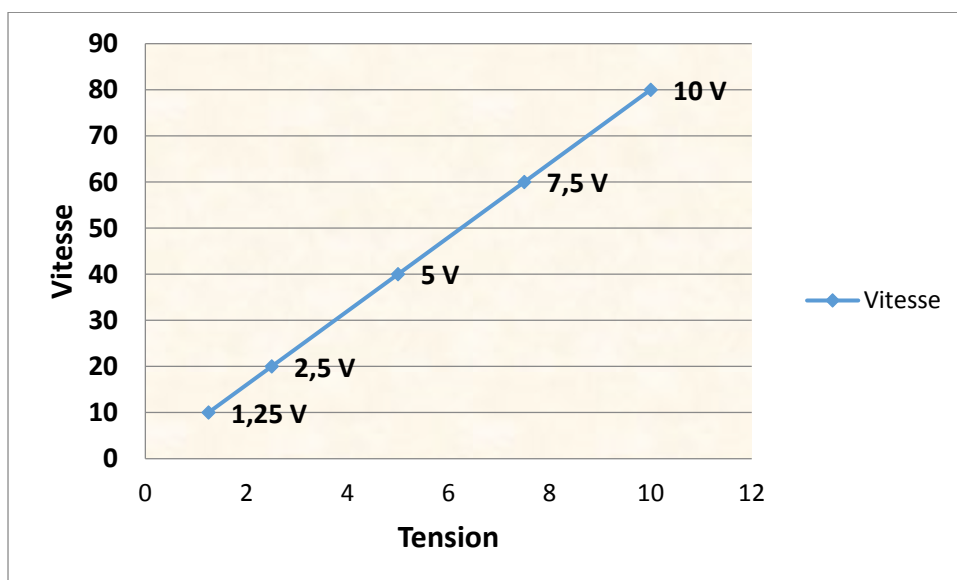


Figure 26: Variation de la vitesse en fonction de la tension

E- Si nécessaire, refaire l'étalonnage à l'aide de la vis de réglage (4) située sous le bouchon (5).

F- Régler l'indicateur à une tension de 10 V ou 20 mA (80 km/h $\pm 1,5\%$) et effectuer un contrôle de l'étalonnage sur toute la plage.

G- Déposer le générateur de tension 0-12 V et la résistance de 500 ohms.

H- Rebrancher les deux câbles aux bornes 1 (1) et 2 (2) de l'indicateur de vitesse (3) (en respectant le repérage effectué lors de la dépose).

I- Remettre en place la visière (3) :

- approcher la visière (3) du pupitre et connecter le câble du feu antibrouillard arrière (4),
- poser la visière (3) sur le pupitre,

- fixer la visière (3) à l'aide des vis (1) et rondelles (2).

IV : Résultats obtenues

IV.1. Partie théorique

La figure ci-dessous représente le schéma électrique que nous avons proposé et réalisé pour l'alimentation externe de l'indicateur de vitesse, en même temps cette alimentation permet le contrôle de l'étalonnage de cet outil.

Avant d'attaquer l'indicateur de vitesse avec des tensions mentionnées ci-dessus, nous devons impérativement mettre une résistance de 500Ω comme mentionné sur la gamme de maintenance ALSTOM.

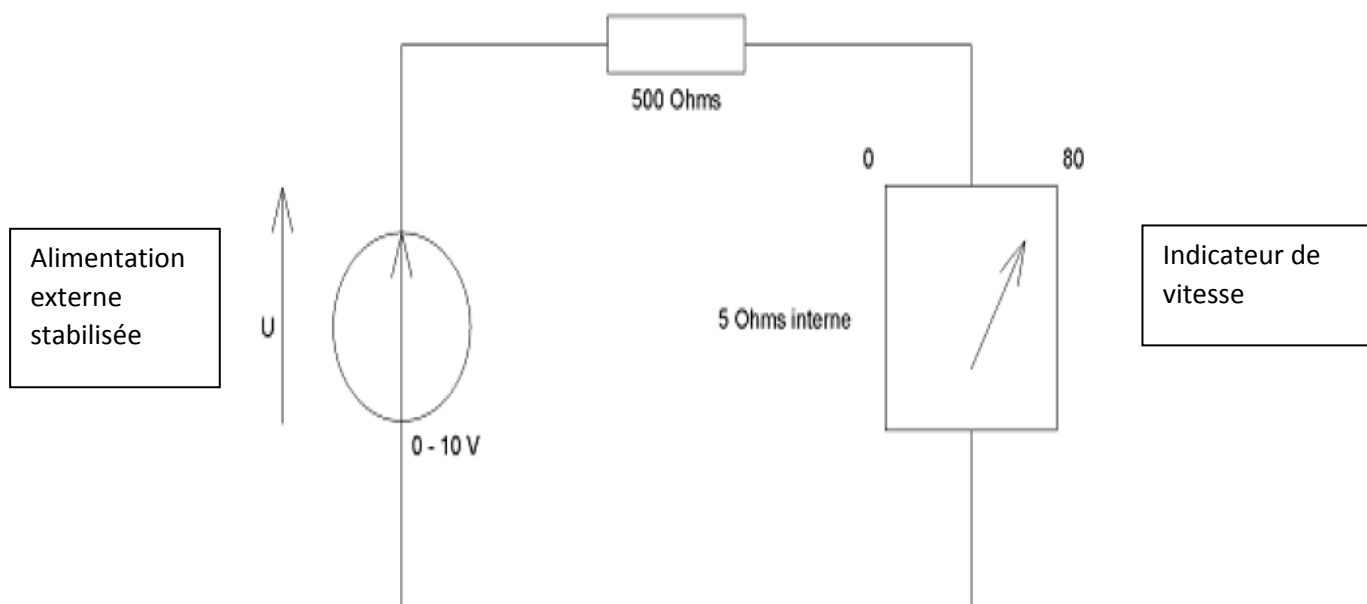


Figure 27: Schéma électrique de l'alimentation externe avec l'indicateur de vitesse

L'objectif est d'avoir un testeur dont on fait varier les tensions avec une haute résolution pour avoir la vitesse exacte, et cette alimentation devra être étalonnable, par la suite, pouvoir effectuer la vérification précitée sur le précédent paragraphe.

Et pour cela nous avons exprimé un besoin pour une alimentation qui génère des tensions (0-10V) en agissant sur un sélecteur avec une possibilité de visualiser les tensions générées sur un afficheur. D'où le choix de TKD-lambda, une alimentation étalonnable qui répond aux exigences de l'opération préventive.



Figure 28: Alimentation externe stabilisée 100V-15A

NB : Cette alimentation peut aller jusqu'à 100V en tension d'où son utilité pour d'autre maintenance.

IV.2.Partie pratique

(Procédure de test voir l'annexe 2)

Dans ce chapitre la mission était de bien choisir une alimentation externe stabilisée pour cette opération préventive, donc nous avons trouvé dans le marché une alimentation qui répond à notre besoin et puis nous avons rédigé la procédure du test préventif selon le cahier des charges.



Chapitre 3 : Alimentation externe pour le compresseur de sablage (24VDC)

I : Caractéristiques et localisation de l'équipement

I.1.Caractéristiques

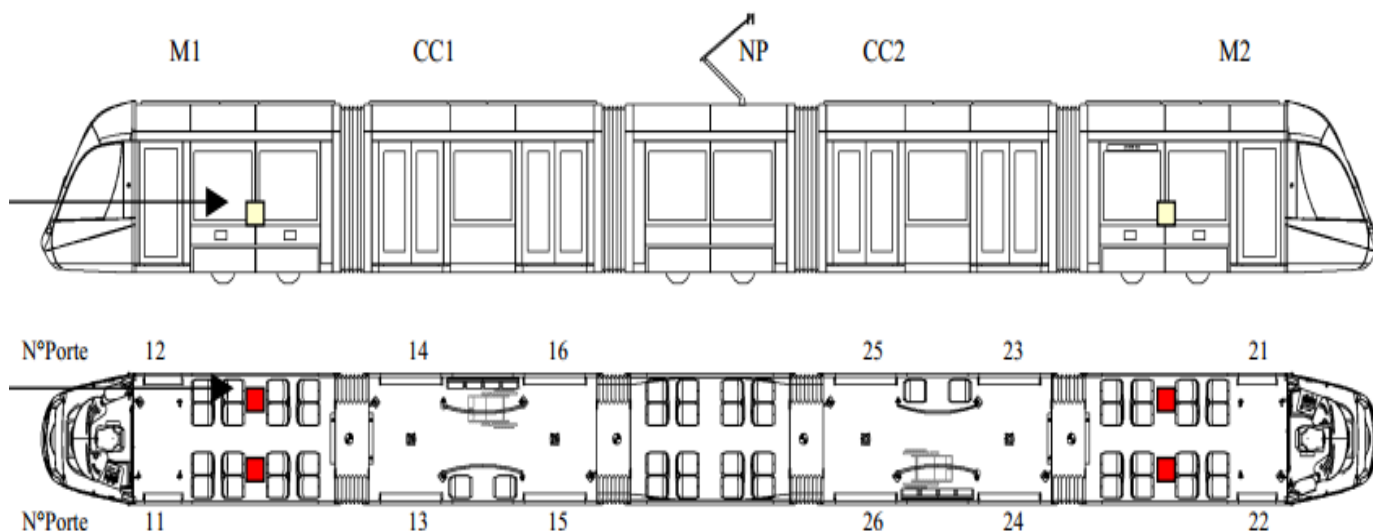
Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques du compresseur de sablage :

Caractéristiques du compresseur	Données techniques
Moteur	Cylindrée 65 cm ³ Puissance 0,8 kW, Intensité nominale 36,5 A, Tension nominale d'alimentation 24 Vcc (max 30 Vcc, mini 17 Vcc), Isolation classe F, Protection moteur IP55 avec capotage,
Pompe	Débit volumétrique maximal 6 m ³ /h, Pression de service 11 bars, Réglage pressostat : 7 à 10 bars,
Réservoir	Capacité : 6,7 litres,
Température minimale ambiante	- 25 °C
Température maximale ambiante	+ 50 °C
Poids du groupe complet	34 kg

I.2.Localisation

Les compresseurs de sablage sont situés dans les bogies moteurs, chaque bogie moteur à deux compresseurs, voir la figure ci-dessous:

Schéma d'implantation :





II : Problématique

Le compresseur de sablage nécessite une maintenance préventive chaque fois que le tramway parcourt 30 000 Kilomètre.

Les opérations de maintenance préventive sur cet équipement nécessitent une déconsignation de l'énergie (présence d'énergie), hors selon les règles de sécurité ALSTOM nous ne devons pas travailler en fosse lorsque le tramway est énergisé, d'où la nécessité de mettre en place une alimentation externe pour le compresseur de sable.

Actuellement nous effectuons les interventions sur cet équipement sous une dérogation.

L'énergisation du tramway s'effectue au niveau de la cabine conducteur, hors l'équipement en question se trouve vers l'extérieur, cela explique le temps logistique important de préparation et dé-préparation (Mise sous tension et mise hors tension) de la rame.

Sur le lieu de travail, il y a présence de coactivité, et donc le fait de déconsigner toute la rame, il y a risque d'arrêter d'autres opérations sur d'autres équipements. Cela influencera directement sur la mise à disposition des rames.

III : Mission

La mission consiste à réaliser une alimentation externe pour le compresseur de sable, afin de sécuriser et réduire le temps des opérations de maintenance préventive effectuées sur cet équipement.

Cette alimentation doit être aisément transportable et utilisable sur le Tramway et en atelier.

IV : Fonctionnement du système de sablage de compresseur

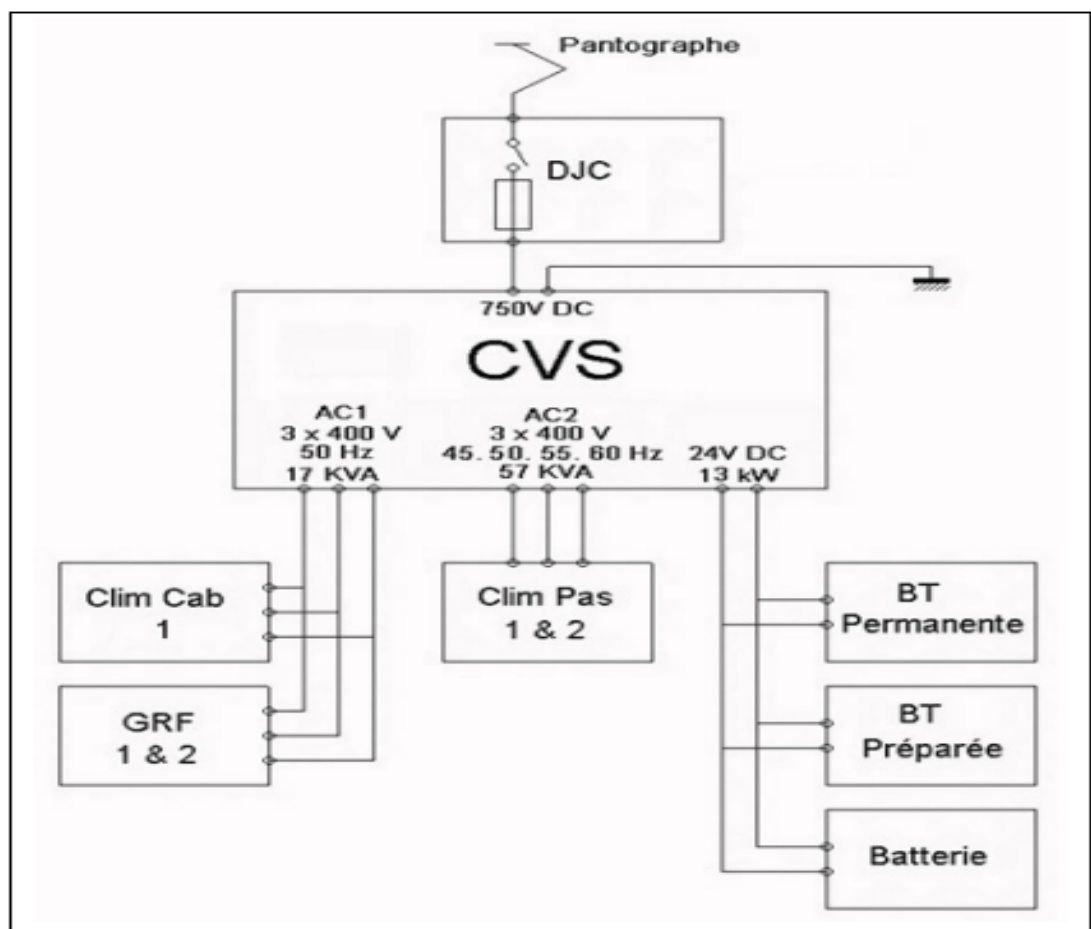
IV.1.Présentation générale

Les équipements de sablage commandés par le système informatique embarqué SIE sont le compresseur, la valve de purge du compresseur et les valves de sablage. Les valves de sablage sont commandées suivant le sens de marche. Afin de limiter les risques d'enrayage (et/ou de patinage), les bogies moteurs sont équipés de dispositifs de sablage (quatre éjecteurs par bogie) destinés à améliorer l'adhérence des roues sur les rails.

IV.2. Alimentation du compresseur de sablage

Parmi les composants qui se trouvent en toiture de la rame, il y a le convertisseur statique CVS qui absorbe 750 Vcc de la LAC pour :

- Produire une tension continue de 24VDC pour alimenter les équipements de basse tension parmi lesquels, il y a le compresseur pour le système de sablage,
- Produire une alimentation triphasée de 400V – 50 Hz – 17 KVA Alimentation des 2 GRF et du groupe de climatisation cabine,
- Produire une alimentation triphasée de 400V – à fréquence variable – 57 KVA Alimentation des 2 groupes de climatisation passagers



Le compresseur de sablage sert à maintenir en pression le réservoir d'air sollicité lors de chaque sablage. Lorsque le compresseur est alimenté, sa régulation est réalisée à l'aide d'un pressostat interne.

La commande de l'alimentation du compresseur est activée à la préparation de la rame à condition que la haute tension soit présente.



En cas de freinage d'urgence ou de freinage de sécurité, la commande du compresseur est forcée par une commande basse-tension.

IV.3. Contrôle du compresseur de sablage

Le contrôle du compresseur de sablage permet de détecter une défaillance du compresseur et/ou une fuite permanente du circuit d'air. Ces défaillances sont détectées par le système compresseur et transmises au système informatique embarqué par un contact basse-tension avant d'être signalées sur l'écran de la console pupitre.

La commande de sablage est activée suivant le sens de marche :

Soit manuellement par le conducteur depuis une cabine en service, soit automatiquement sur un bogie moteur en cas d'enrayage détecté par l'équipement de traction-freinage qui lui est lié, soit automatiquement sur tous les bogies équipés de sablières en cas d'un FU (Freinage d'Urgence) ou d'un FS (Freinage de Sécurité) lorsque la vitesse du véhicule est non nulle

Les deux commandes arrivent directement sur une électrovanne de refoulement.

Contrôle du sablage :

Le contrôle du sablage permet de vérifier toute commande de sablage, d'indiquer une information de sablage en cours et d'estimer le niveau de sable restant par un comptage du temps de sablage.

Un bouton tactile "Réinitialisation des niveaux de sable" sur l'écran de la console pupitre permet d'établir le niveau de sable à "Plein" indépendamment du niveau réel.

Lorsqu'il est commandé, l'allumage et l'arrêt du compresseur sont réalisés par un pressostat et à partir du contacteur compresseur de sablage. Ce pressostat arrête le compresseur lorsque la pression est atteinte.

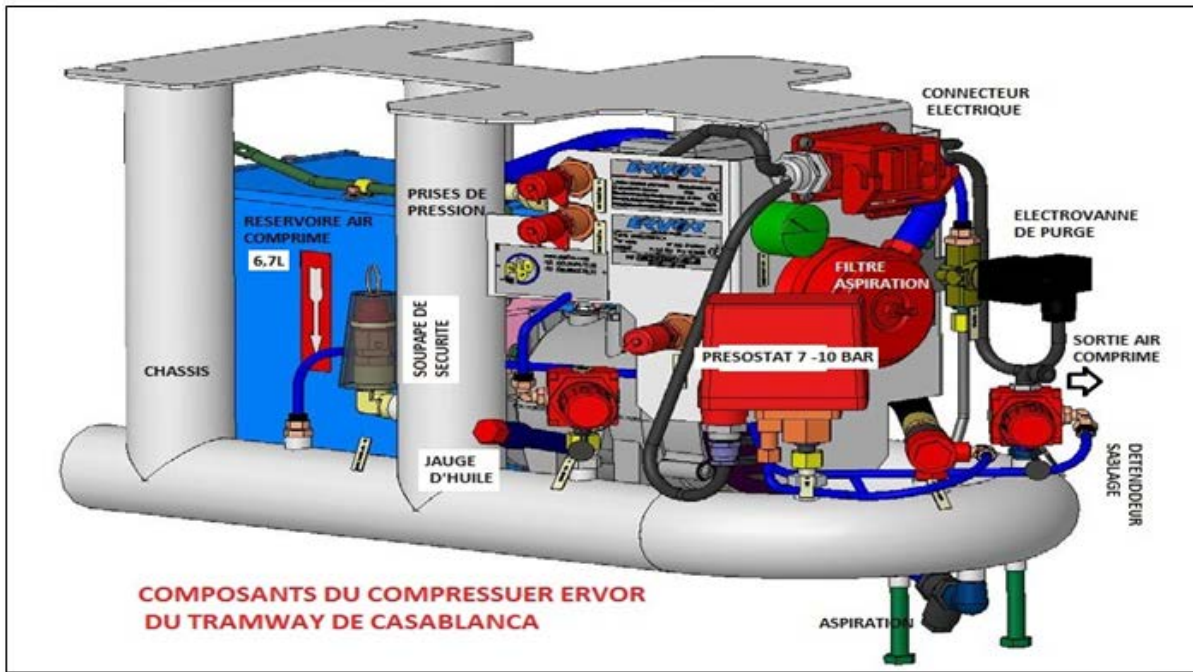
Contrôle du compresseur de sablage effectué par TCMS :

Le compresseur est contrôlé par la relecture d'une entrée **RIOM** (Module Entrées/ Sorties Déportées) à partir du **TCMS** (réseau informatique) pour détecter une défaillance du compresseur et une fuite permanente du circuit d'air.

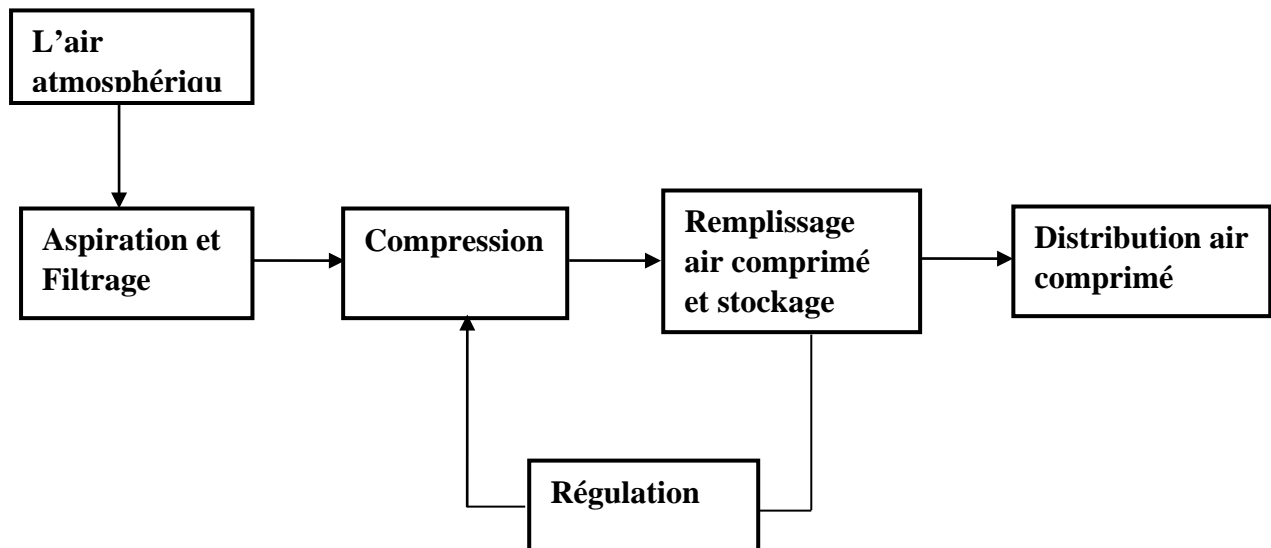
IV.4.Principe de fonctionnement

Les composants du compresseur :

Les différents composants du compresseur pour le système de sablage sont présentés sur la figure suivante:



Synoptique de fonctionnement :



Description de la synoptique :

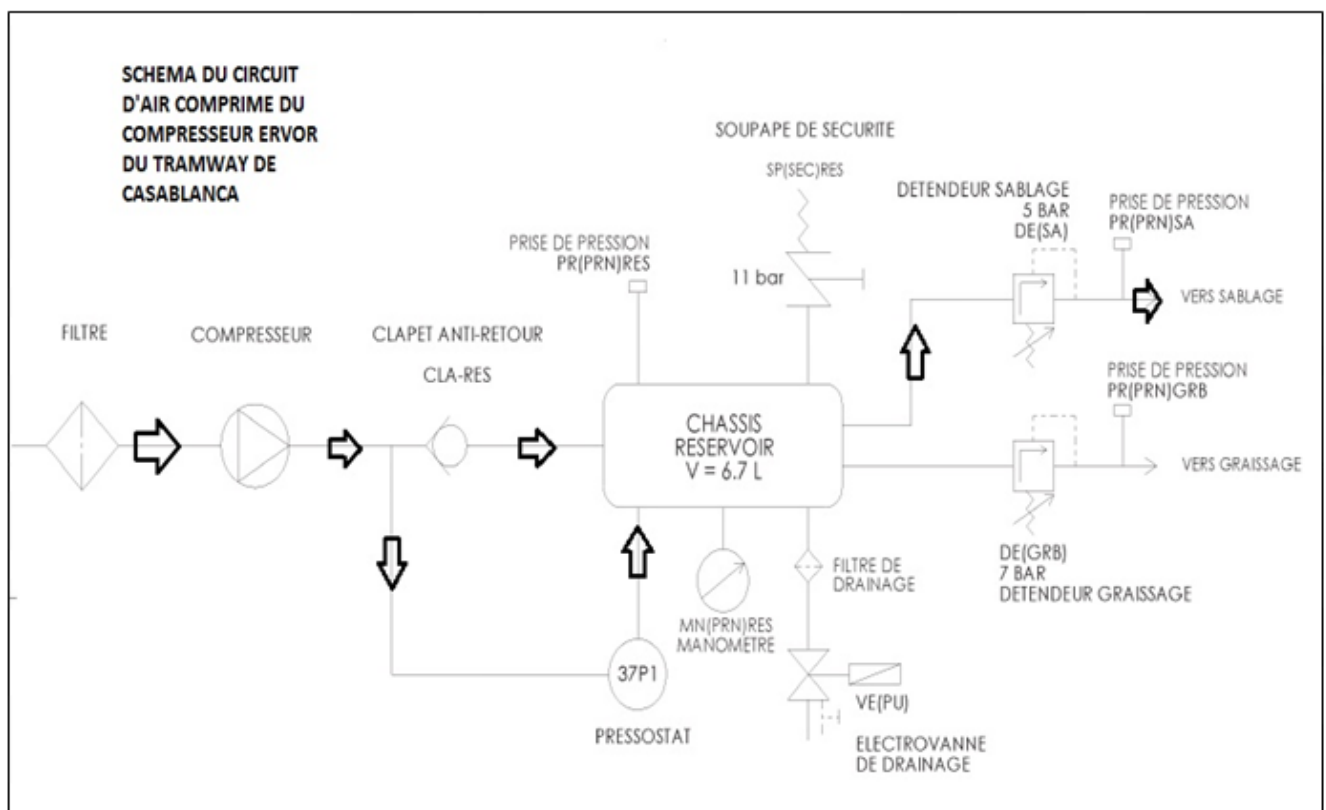
L'air atmosphérique est aspiré de l'extérieur pour être ensuite nettoyé au travers du filtre.

L'air filtré traverse alors le compresseur qui fait sortir de l'air comprimé vers le réservoir ou il est rempli.

La distribution de l'air comprimé se fait selon le détendeur de sablage qui est réglé à un débit de 5bar pour faire pousser le sable vers l'extérieur.

Le facteur de régulation de pression permet la mise en marche ou l'arrêt du moteur de compresseur selon le besoin assuré par le pressostat.

Schéma pneumatique du système :



Description du schéma :

Afin de limiter les fuites, un clapet anti-retour empêche l'air comprimé du réservoir de retourner vers le compresseur.

Une soupape de sécurité réglée à 11 bars prévient tout dysfonctionnement du pressostat en mettant le circuit d'air comprimé à l'atmosphère.

Pour raison sécuritaire, il faut vider l'air comprimé du réservoir d'où la nécessité de l'électrovanne de purge.

Le moteur est protégé par :

Un thermostat monté sur l'un des porte-balais a un point de déclenchement à $120\text{ °C} \pm 10\%$.

Dans ce cas, le moteur s'arrête. Le point de réenclenchement est à $90\text{ °C} \pm 15\%$,

Un système d'antiparasitage installé sur le moteur par les éventuelles pointes de tensions.

V : Maintenance préventive

Les opérations préventives du compresseur commencent à partir de 15000 Km parcourue par la rame, tel que :

- Vérification de filtre d'air.
- Vérification de niveau d'huile du compresseur.

A chaque 30000Km parcourue, les techniciens effectuent des opérations préventives nécessitant d'avoir un compresseur énergisée.

Le compresseur dispose d'un connecteur HARTING qui lui permet de recevoir l'alimentation et différentes commandes de la rame.

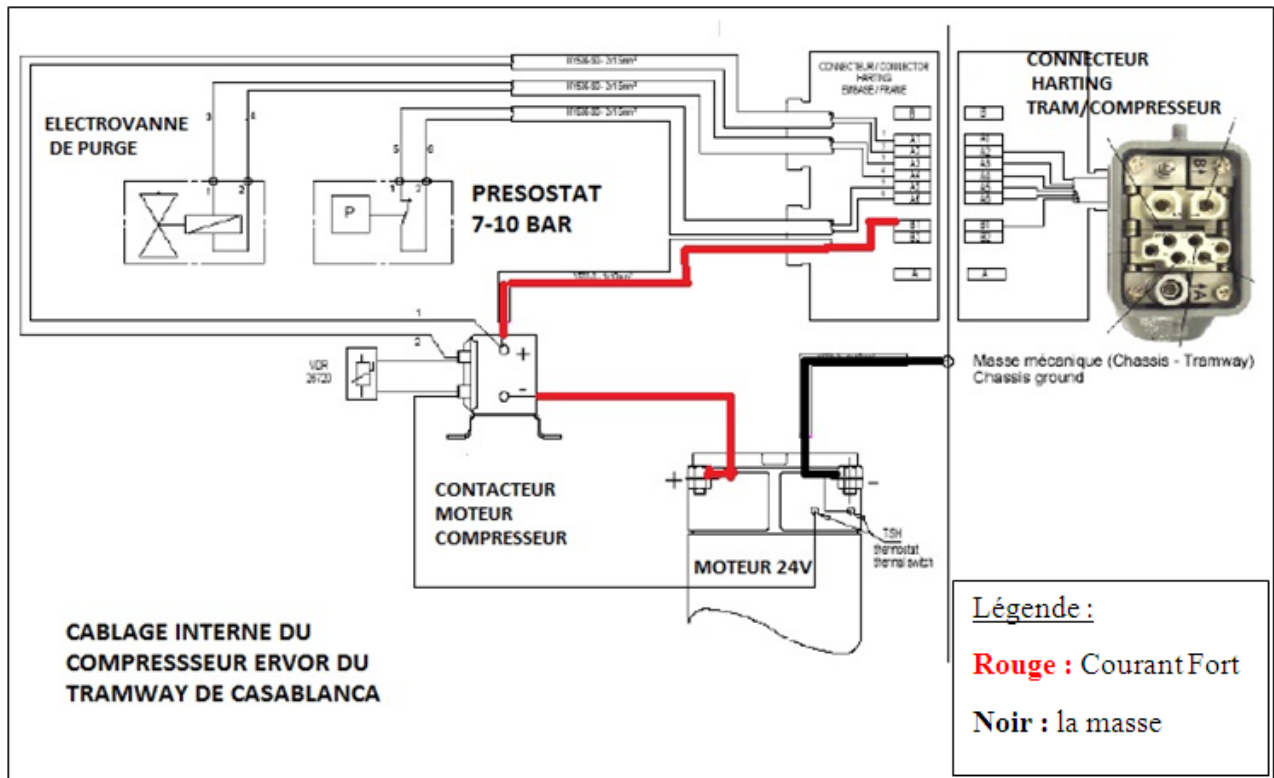


Les principaux équipements de contrôle et de commande du moteur du compresseur sont :

- un connecteur électrique mâle et femelle.
- un contacteur de commande.
- un pressostat.
- une électrovanne de purge.
- une sonde de température du moteur.

V.1. Branchement électrique et description

Schéma de câblage :



Pressostat : assure la régulation de pression du compresseur

Contacteur : assure Marche/Arrêt du moteur selon l'état du pressostat

Description du schéma :

L'électrovanne de purge sert à vider le réservoir afin de faire le test préventif.

Le pressostat assure la régulation de pression et envoie les commandes au moteur.

Le contacteur assure la mise en marche /arrêt du moteur selon l'état du pressostat.

V.2. Etapes de la visite préventive du compresseur

1^{ère} étape : mise à l'atmosphère de l'air

Vérifier la mise à l'atmosphère : lors de l'arrêt du compresseur à pression maxi, le pressostat doit mettre à l'atmosphère l'air encore contenu dans le compresseur. Cela dure au maximum quelques secondes. Dans le cas où cette mise à vide ne s'effectue pas, remplacer le pressostat.

2^{ème} étape : réglage du seuil maximum : 10barg \pm 0,2bar

Alimenter (B1) et donner l'ordre de marche (A2) au compresseur

Faire chuter la pression dans le réservoir grâce à la purge manuelle de l'électrovanne

Le compresseur se met en route et remplit le réservoir

Contrôler la pression à laquelle le compresseur s'arrête

Ajuster la pression d'arrêt avec la vis cruciforme selon le schéma ci-contre.

Recommencer ces 4 étapes autant de fois que nécessaire

3^{ème} étape : Réglage du point bas : 7barg \pm 0,2bar

Faire chuter plusieurs fois la pression dans le réservoir grâce à la purge manuelle de l'électrovanne pour contrôler puis régler le point de redémarrage du compresseur. Ce réglage se fait par l'écrou plastique selon le schéma ci-dessus. Vérifier ensuite que les 2 réglages sont corrects à \pm 0.2bar.

Contrôle du fonctionnement sur tramway ou en atelier :

Utiliser un ohmmètre pour vérifier le passage de courant entre les contacts A5 et A6 à une pression inférieure à 10bar : le circuit est fermé. Une fois que la pression a atteint 10barg : le circuit est ouvert.

VI : Résultat attendue

VI.1.Faisabilité Technique

Le but de créer une alimentation externe pour le compresseur, est de pouvoir intervenir sur cet équipement sans devoir énérgisée toute la rame, et par la suite travailler en toute sécurité.

- A partir d'une pression de 0 bar, le pressostat envoie une commande de démarrage du moteur.
- Quand la pression atteint 10 bars, le pressostat envoie une commande d'arrêt du moteur.
- La pression diminue jusqu'à 7 bar, puis le pressostat envoie une commande de redémarrage.

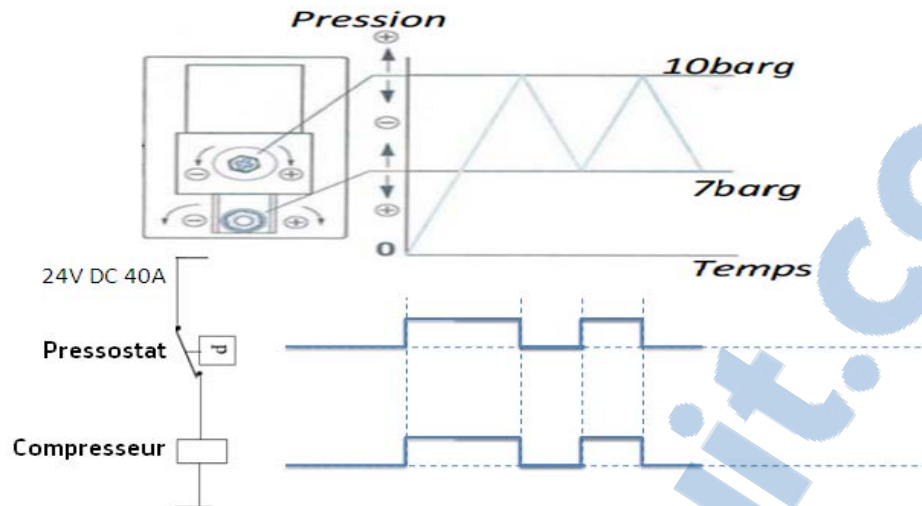
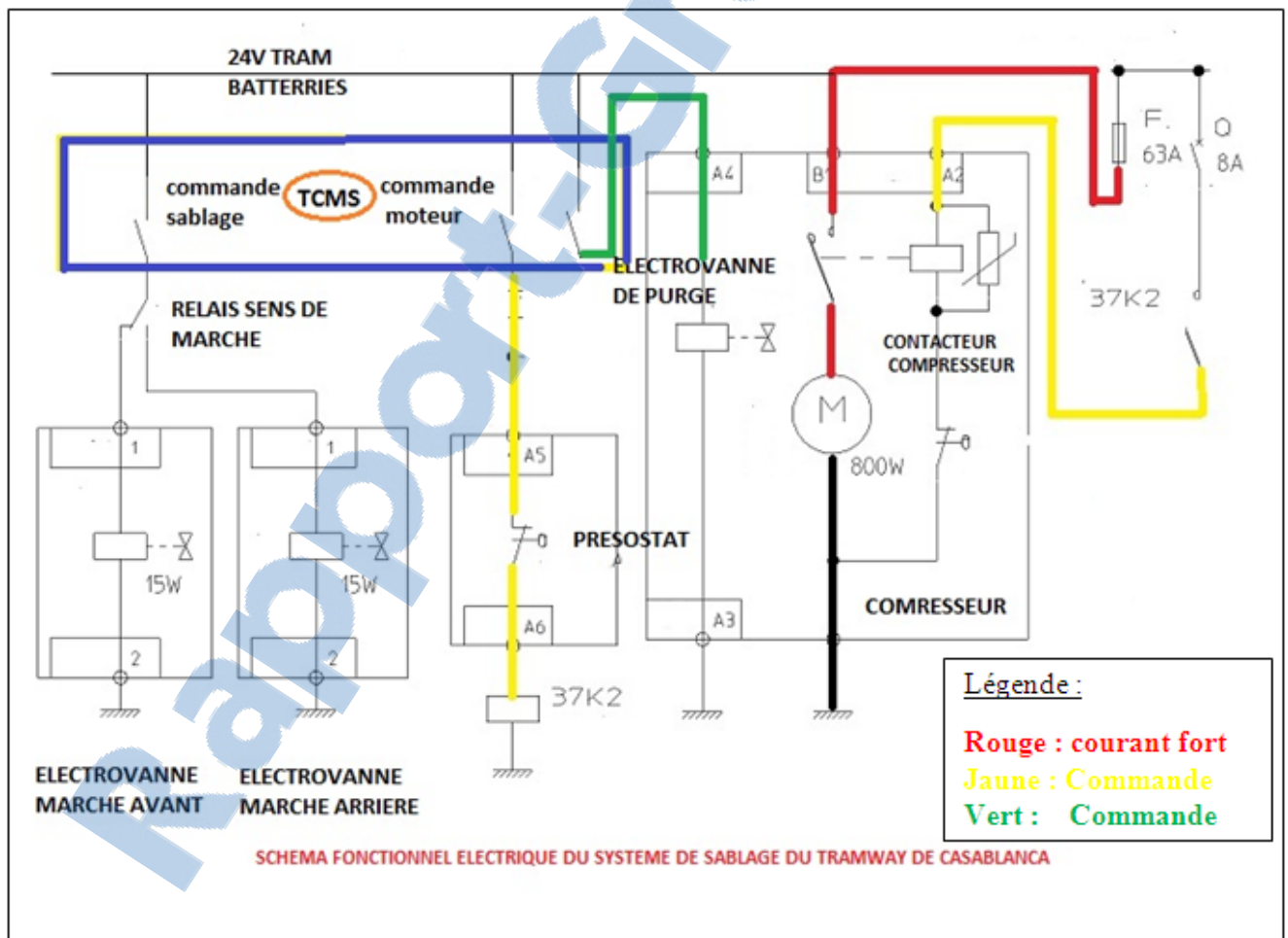


Figure 29: Variation de pression en fonction du temps

Schéma électrique fonctionnel du système de sablage :



VI.2.Solution proposé et retenue

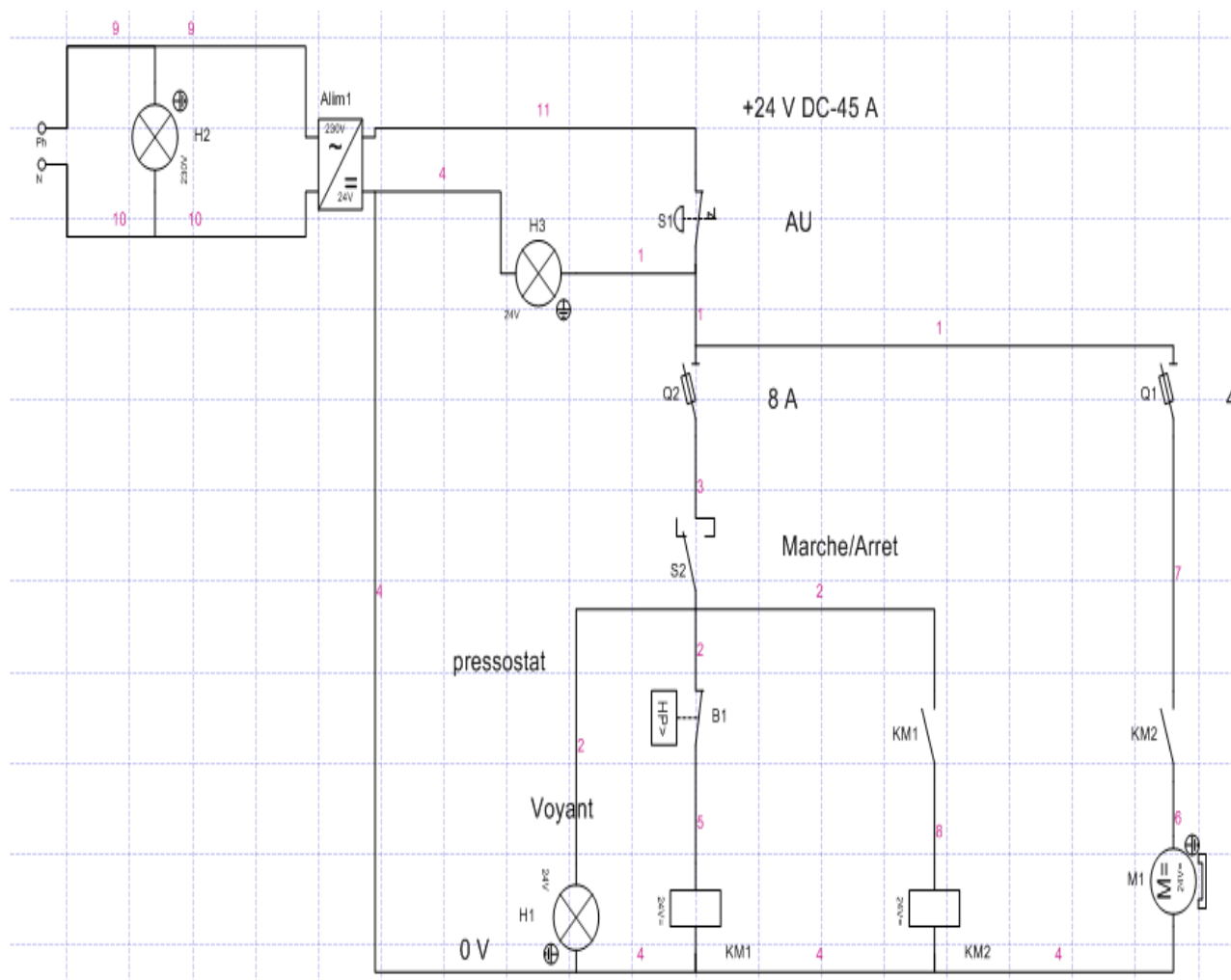
Nous avons proposé un boîtier de forçage dans le but d'alimenter le compresseur de sablage alors que la rame est hors tension.

Nous avons réalisé un coffret de forçage contenant une alimentation intégrable qui délivre une tension stabilisée de 24V DC-45 A, permettant d'activer les différents blocs du boîtier afin d'alimenter le compresseur tout en assurant la régulation de la pression.

Ce boîtier permet d'effectuer la maintenance préventive du compresseur en toute sécurité et avec une meilleure optimisation de temps de réalisation d'opérations.

VI.3.Schéma Electrique (Solution retenue)

Cette figure représente le schéma électrique réalisé pour le boîtier de forçage du compresseur de sablage:



Simulation :

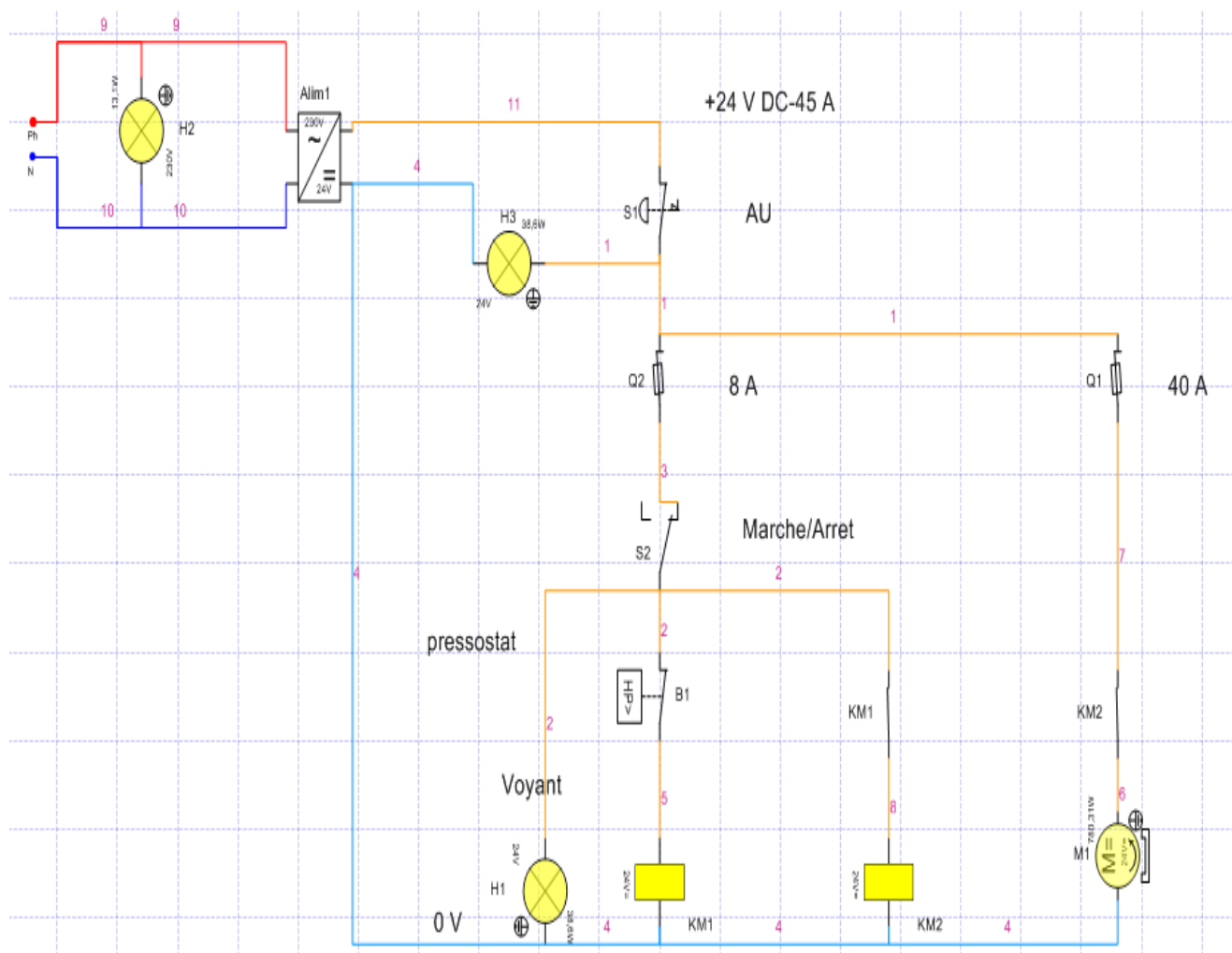
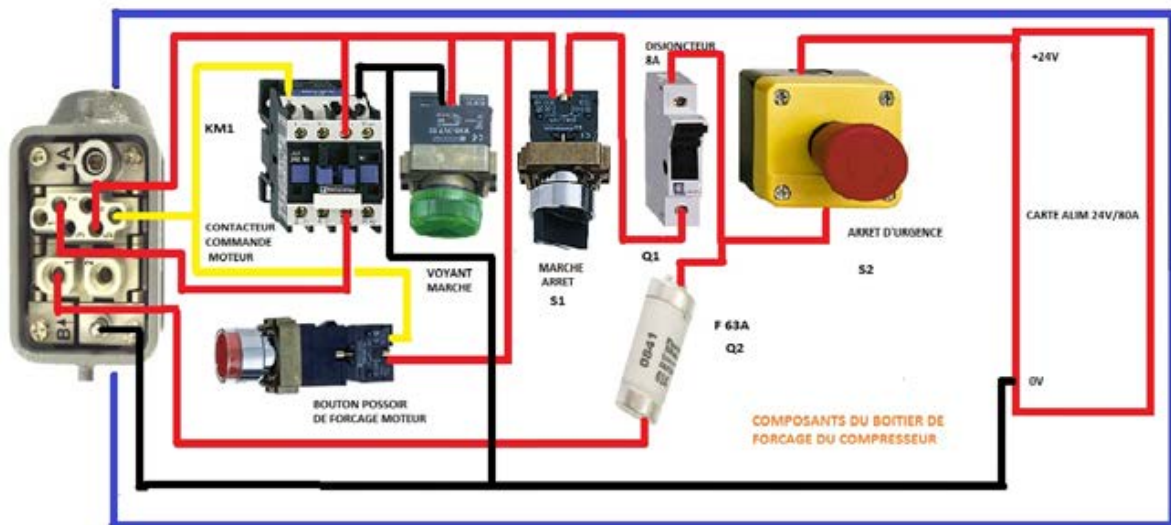


Schéma de Câblage du boîtier :



La figure ci-dessus représente les différents composants qu'on a besoin pour réaliser le boîtier de forçage.

VI.4.Réalisation

Caractéristiques et description:

Les dimensions de l'outil sont présentées dans le tableau suivant:

Nom	Hauteur	Longueur	Largeur	Poids
Boîtier de forçage pour compresseur de sablage	30cm	20cm	12cm	4kg

L'outil est représenté sur la figure ci-dessous, il est livré avec les éléments suivants :

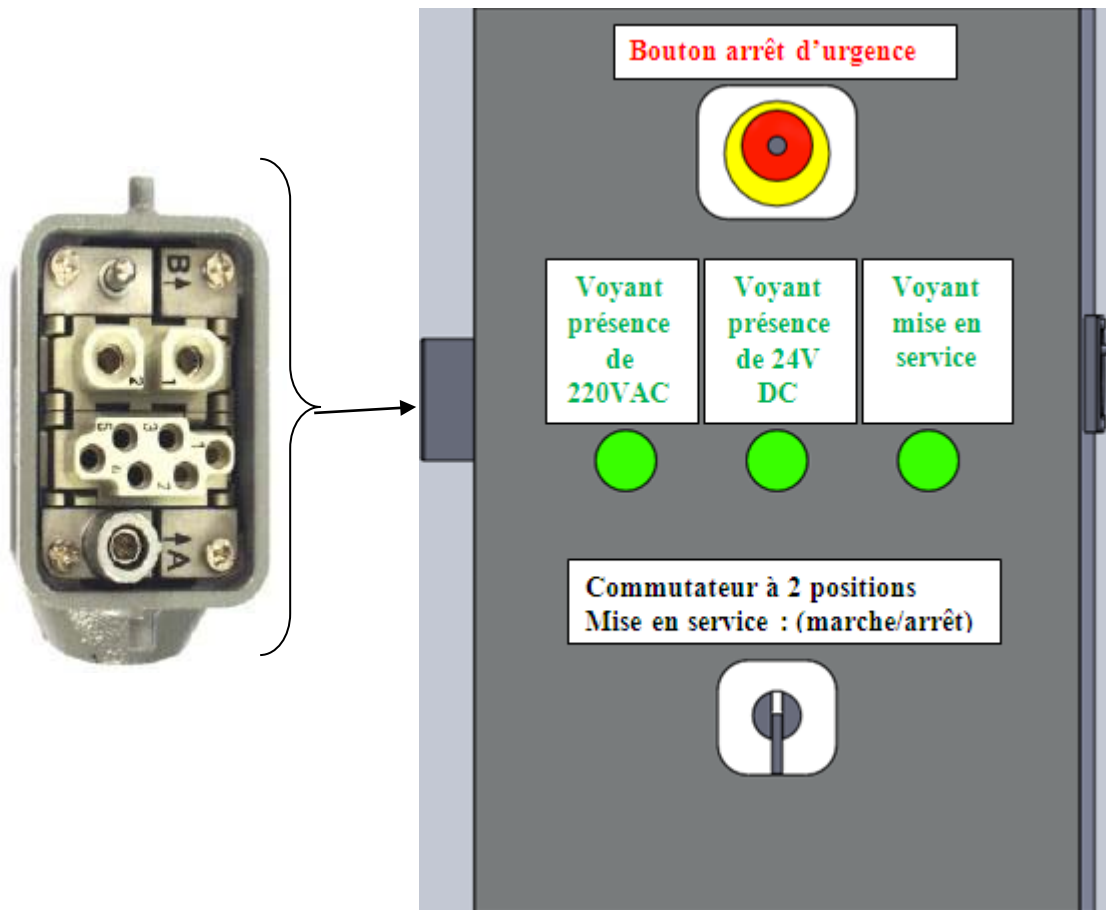


Figure 30: Boitier de forçage pour compresseur de sablage

L'outil est constitué de :

- Coffre, équipé en façade d'un bouton, d'un commutateur et des voyants, voir figure.
- Câble d'alimentation électrique 220VAC (A).
- Connecteur (B) pour câble (boitier/compresseur)



VI.5. Conditions d'implantation et de mise en œuvre

Implantation :

L'outil peut être stocké dans l'atelier dépôt.

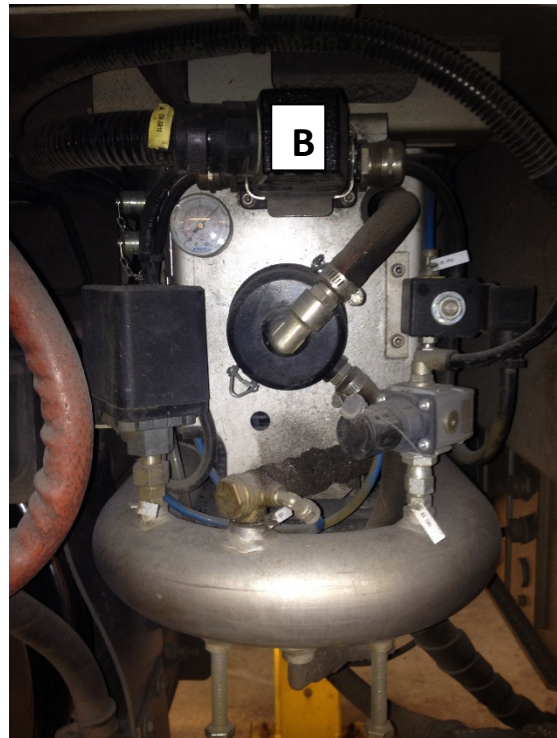
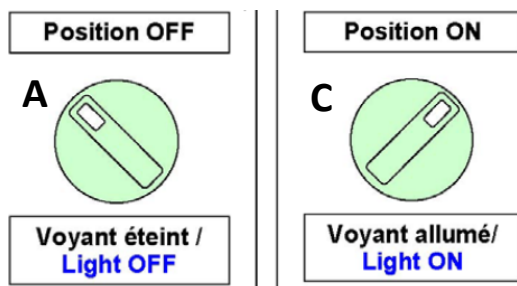
Le poste de travail pour cet outil doit être équipé d'une prise 220VAC, permettant d'alimenter l'outil.

Mise en œuvre :

Important, avant chaque utilisation d'un outil sur le tramway, il faut s'assurer que ce dernier est immobilisé, freiné et électriquement isolé selon les prescriptions du réseau.

Manipulation de l'outillage : outil déplaçable manuellement dans le dépôt atelier.

Utilisation de l'outil :



La mise en service de l'outil est effective au terme des opérations suivantes:

- Le tramway doit être dé-préparé, et hors service.
- Avant la mise en service s'assurer que le commutateur du boîtier est en position OFF (A).
- Connecter le cordon d'alimentation sur le secteur 220V.
- Déconnecter le câble d'interface entre le compresseur de sablage et le tramway (B).

- Connecter le câble d'interface entre le compresseur de sablage et le boîtier de forçage.
- Mettre le commutateur sur ON, la mise en service du boîtier et le voyant de mise sous tension s'allume (C).

En cas d'anomalie, l'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence, interrompt toutes les opérations.

Les opérations pour le redémarrage après un arrêt d'urgence sont les suivantes:

- Déverrouiller le bouton d'arrêt d'urgence.
- Appuyer sur le bouton de mise sous tension.

L'utilisation de l'outil sur le compresseur de sablage consiste à :

- Alimenter et donner l'ordre de marche au compresseur en mettant le commutateur sur ON et donc le compresseur se met en route et remplit le réservoir.
- Contrôler la pression à laquelle le compresseur s'arrête.

VI.6.Maintenance boîtier

En cas de dysfonctionnement du boîtier de forçage du compresseur :

Incident	Causes possibles
LED 220V n'est pas allumée	Absence 220V secteur LED Présence 220V défectueuse Alimentation défectueuse
LED 24V n'est pas allumée	Absence 220V secteur LED présence 24V défectueuse Alimentation défectueuse

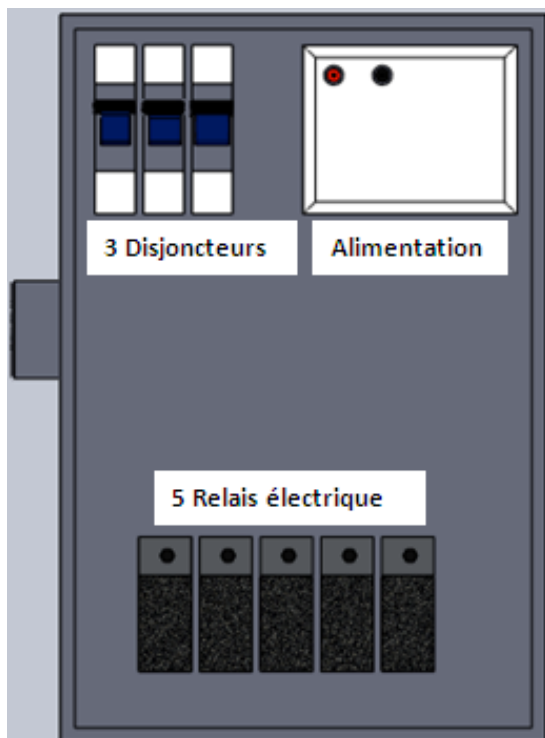


Figure 31: Vue interne du boîtier

VII : Faisabilité Financière

VII.1.Détermination du besoin

Besoin en matériel

Composant	Quantité	P.U (Dhs)	P.T (Dhs)
Alimentation 24VDC/45A	1	3 588,00 MAD	3 588,00 MAD
Commutateur deux positions 24VDC/40A	1	36,95 MAD	36,95 MAD
Harting male	2	531,00 MAD	1 062,00 MAD
Harting femelle	2	598,00 MAD	1 196,00 MAD
Câble harting	2 m	15,00 MAD	30,00 MAD
Goulotte	2 m	15,00 MAD	30,00 MAD
Coffret industriel + Rail DIN	1	500,00 MAD	500,00 MAD
Poigner avec visseries	1	50,00 MAD	50,00 MAD
Câble pour 220V Secteur 3x10mm ²	3 m	10,00 MAD	30,00 MAD
Reprises câblages	50 (Chiffres de 1 à 9)	20,00 MAD	20,00 MAD
Presse Etoupe pour le câble 3x10mm ²	1	10,00 MAD	10,00 MAD
Voyant vert 24V DC 40A	2	23,80 MAD	47,60 MAD
Voyant vert 220V DC 40A	1	28,00 MAD	28,00 MAD
Alimentation 24VDC/45A	1	3 588,00 MAD	3 588,00 MAD

TOTAL
Besoin : 10 216,55 MAD

**Besoin en Main
d'œuvre**

Frais de gestion	1 600,00 MAD
Montage Coffre et Test	2 400,00 MAD

**TOTAL Main
d'œuvre: 4 000,00 MAD**

Total Investissement : 14 216,55 MAD

VII.2.Calcul du temps de retour sur investissement

Dans 3 ans	300000 km
Kilométrage moyen actuel	120000 km

Visite 30 000 km

Sans alimentation externe	Nombre de techniciens	Temps logistique	Avec alimentation externe	Ecart	Charge Total
Consignation	1	0,33 h	0 h	0,33 h	0,33 h
Déconsignation	1	0,33 h	0 h	0,33 h	0,33 h
Arrêt des opérations transverses	4	0,66 h	0 h	0,66 h	2,64 h
Total :					3,3 h

Visite 120 000 km

Sans alimentation externe	Nombre de techniciens	Temps d'opération	Avec alimentation externe	Ecart	Total
Test compresseur après préventif (amener le compresseur sur la voie de maintenance pour le tester sur un tramway / prévoir une consignation et déconsignation)	2	1 h	0,1 h	0,9 h	1,8 h
Consignation	1	0,33 h	0 h	0,33 h	0,33 h
Déconsignation	1	0,33 h	0 h	0,33 h	0,33 h
Arrêt des opérations transverses	4	0,66 h	0 h	0,66 h	2,64 h
Total :					5,1 h

VII.3.Bénéfice de la société

Type de visite	Nombre de visites par rame	Gain en charge	Nombre de rames	Nombre total de visites	Gain Total en charge	Bénéfice
30 000	5	3,30 h	74	370	1221,00 h	366 300 MAD
120 000	2	5,10 h	74	148	754,80 h	226 440 MAD
				Total :	1975,8 h	592 740,00 MAD

Temps de Retour sur Investissement	3 MOIS	Equivalent de 9 visites 30 000 km
------------------------------------	--------	-----------------------------------

Bénéfice par visite 120 000 Km	1 530,00 MAD
Nombre de visite pour RSI	9

La réalisation de l'alimentation externe pour le compresseur de sablage a permis une meilleure optimisation du temps d'interventions, et de rendre exhaustive la démarche sécurité qui balaye tous les risques des opérations préventives et correctives. Tout en assurant un bénéfice pour l'entreprise.



Chapitre 4 : Alimentation externe pour la centrale hydraulique (24VDC)

I : Caractéristiques et Localisation de la centrale hydraulique de freinage

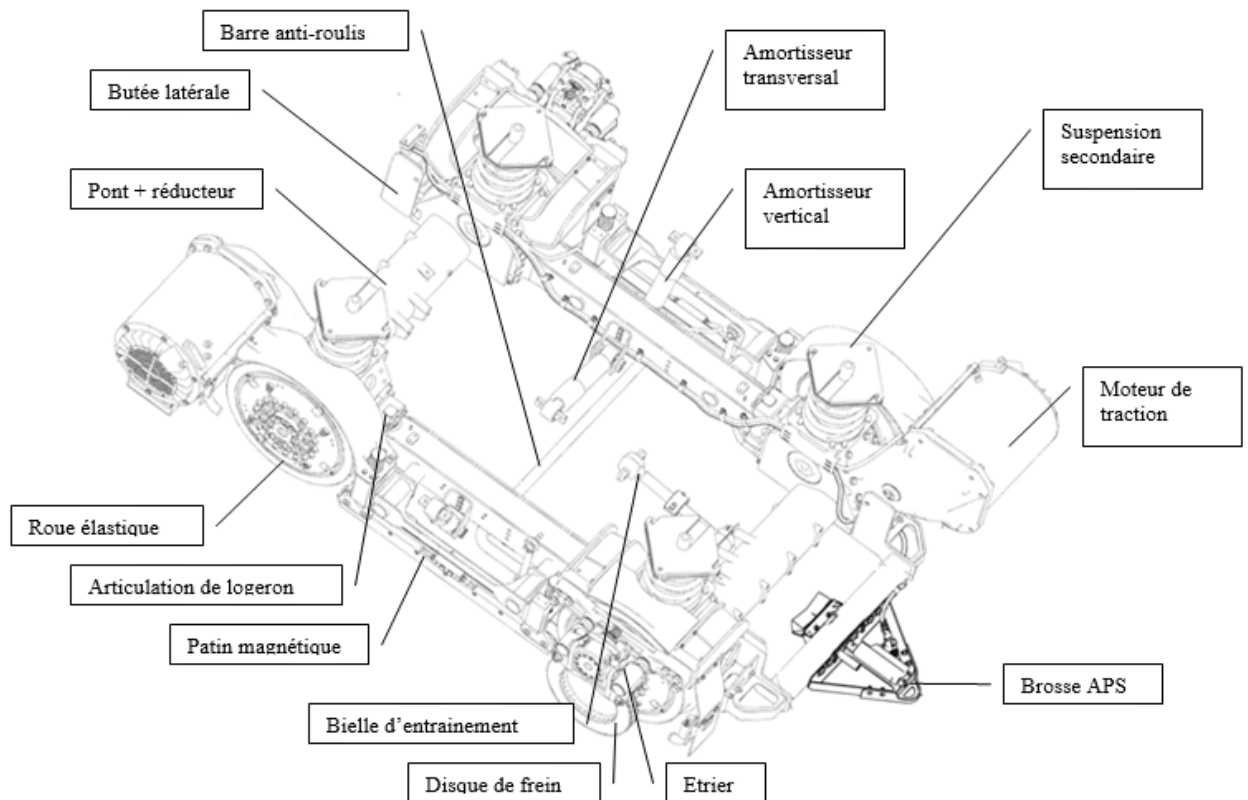
I.1.Caractéristiques de l'équipement

Tension nominale	24 Vcc
Tension maximale	32 Vcc
Tension minimale	16,8 Vcc
Pression admissible maximum	170 bars
Type d'huile	Mobil SHC 524 ou 525 suivant les conditions climatiques
Poids	36 g (sans huile)
Intensité nominal	80 A

I.2.Localisation

Les équipements actifs de freinage (Disques, étriers, garnitures, et patins magnétiques) sont installés directement sur les bogies, les composants passifs (centrale hydrauliques et électroniques) sont implantés sous et sur la caisse.

□ Illustration



Par Bogie Moteur BM :

- 2 étriers type 40 KN
- 2 disques de frein monobloc
- 4 plaquettes de frein
- 2 patins magnétiques
- 1 centrale avec deux accumulateurs
- 1 soft start module SSM
- 1 Electronique HVI
- 1 capteur de vitesse
- 1 capteur de charge

Par Bogie Porteur BP :

- 4 étriers
- 4 disques de frein monobloc
- 8 plaquettes de frein
- 2 patins magnétiques
- 1 centrale avec un accumulateur
- 1 Soft Start Module SSM
- 1 Electronique de frein BCU
- 6 capteurs de vitesse
- 1 capteur de charge

□ Schéma d'implantation



II : Problématique

La centrale hydraulique nécessite une maintenance préventive chaque fois que le tramway parcourt 30000Km.

Actuellement, les organes hydrauliques de la centrale s'effectuent par un boîtier de forçage contenant une alimentation intégrable mono-sortie 220V/24VDC-10A.

L'intensité du courant 10A, ne permet pas de démarrer le moteur de la centrale, cette dernière à une intensité nominale de 80A. Donc l'opérateur est toujours obligé d'énergiser la rame pour démarrer la centrale et par la suite effectuer les vérifications demandées avec le boîtier. Cela engendre une charge supplémentaire sachant que pour énergiser la rame, il faut déconsigner la LAC (Ligne Aérienne de contact), et arrêter toute autre opération préventive en toiture du tramway. D'où la nécessité d'avoir un système indépendant qui permet la réalisation du préventif de la centrale hydraulique.

III : Mission

La mission consiste à modifier le boîtier de forçage des centrales hydrauliques de freinage pour que le moteur puisse démarrer lors du test préventif, tout en conservant une régulation de pression hydraulique.

IV : Fonctionnement de la centrale hydraulique de frein pour les deux bogies (Moteur et Porteur)

IV.1.Introduction

Le freinage mécanique du véhicule est réalisé par un système de frein à friction à commande électro-hydraulique. Ces dispositifs de régulation électro-hydraulique fournissent une pression

variable dans le circuit des étriers suivant la consigne de freinage délivrée pour les bogies moteurs (sous forme 4 digits) et pour les bogies porteurs (sous forme 4-20mA). Chaque dispositif de frein à friction équipe tous les essieux des bogies moteurs et les roues des bogies porteurs. Ce frein à friction est un frein à disque qui suivant les configurations peut être de type direct (effort de freinage assuré par la pression hydraulique) ou indirect (effort de freinage assuré par des ressorts).

Les différents modes de freinage permettant de solliciter les freins à friction sont les suivants :

- Le freinage de service, suite à une demande de freinage du conducteur ou une régulation de vitesse.
- Le freinage d'urgence.
- Le freinage de sécurité.
- Le freinage d'immobilisation, permettant d'immobiliser la rame à basse vitesse lorsque le conducteur ne commande plus de traction.
- Le freinage de parking, permettant de maintenir la rame immobile sur une longue période

En mode nominal, le fonctionnement des différents modes de freinage est le suivant :

- **freinage de service** : suivant la commande issue du manipulateur de traction freinage, le frein à friction est utilisé en complément du freinage électrodynamique (conjugaison des freins). L'effort de freinage est alors asservi à la charge, suivant le mode de conduite, avec l'anti-enrayeur actif ;
- **freinage d'urgence** : le fonctionnement est identique au freinage de service, les efforts de freinage étant forcés à une valeur plus élevée sur tous les bogies ;
- **freinage de sécurité** : l'ordre de freinage agit directement sur les centrales hydrauliques de commande de freinage de tous les bogies. Le freinage électrodynamique est inhibé. Le freinage de sécurité est prioritaire par rapport au freinage de service et d'urgence. Dans ce cas de freinage, la correction à la charge et l'anti-enrayage sont inhibés ;
- En cas de défaillance d'un équipement de commande des freins à friction (BCU/BCE)
le frein du bogie correspondant doit être isolé

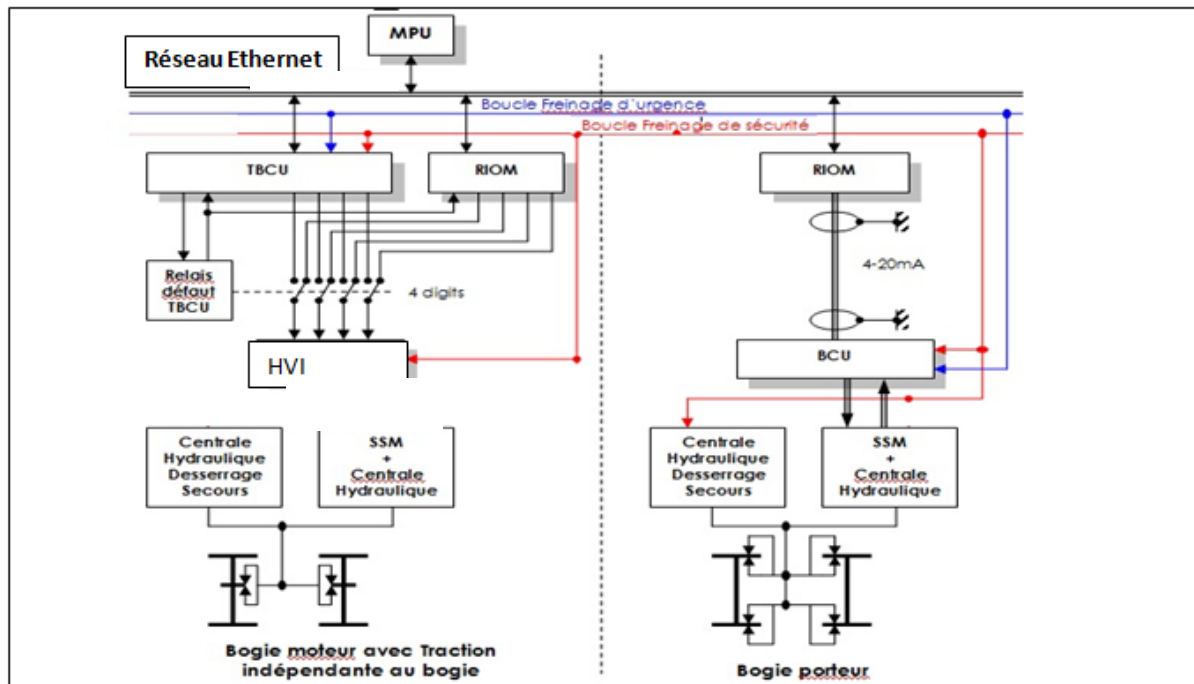
Le système de freinage du TRAMWAY est assuré par des organes hydrauliques

Le système de frein hydraulique est basé sur :

- Une centrale hydraulique principale **HPU** (Hydraulique Power Unit),

- Un relais intelligent appelé **SSM** (Soft Start Module) pilote le moteur à courant continu de la centrale HPU installé sur le bogie moteur
- Une unité de contrôle de frein appelé **BCU** (Braking Control Unit) pour le bogie porteur.
- Une unité de contrôle des trains de freinage appelé **TBCU** (Train Braking Control Unit) pour le bogie moteur.

IV.2.Synoptique du système de frein hydraulique



RIOM : Remote Input Output Module (module d'entrée/sortie déporté)

MPU : Calculateur Principal de Système Informatique Embarquée

Le calculateur principal communique avec le RIOM du bogie moteur et du bogie porteur par le réseau Ethernet.

Le RIOM du bogie moteur décode l'information provenant de MPU sous forme d'un signal binaire de 4 digits, alors que pour le bogie porteur l'information arrive à la BCU sous forme d'une boucle de courant 4-20 mA.

La carte HVI du bogie moteur intervient pour convertir le signal binaire (4 digits) en un courant électrique qui sera envoyé à la valve proportionnelle de la centrale hydraulique qui fait sortir la pression correspondante et l'envoie aux étriers de frein.

La BCU du bogie porteur joue le rôle de la HVI du bogie moteur.

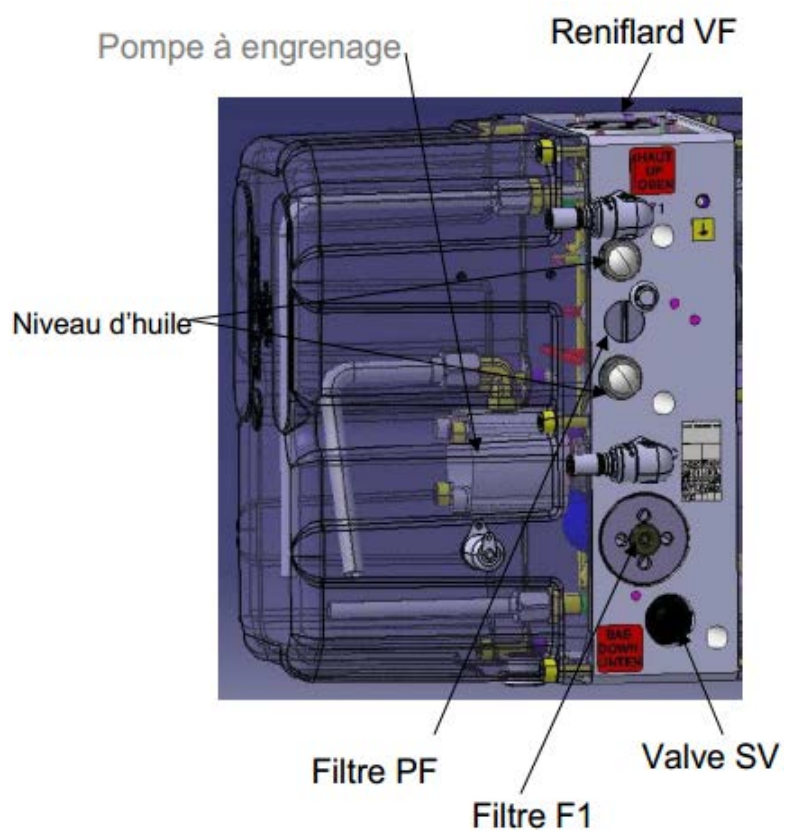
Le dispositif SSM est un relais statique de puissance comportant des fonctions de «démarrage »et «arrêt », pilote le moteur à courant continu de la centrale HPU installée sur le bogie.

IV.3.Présentation générale de la centrale hydraulique de frein

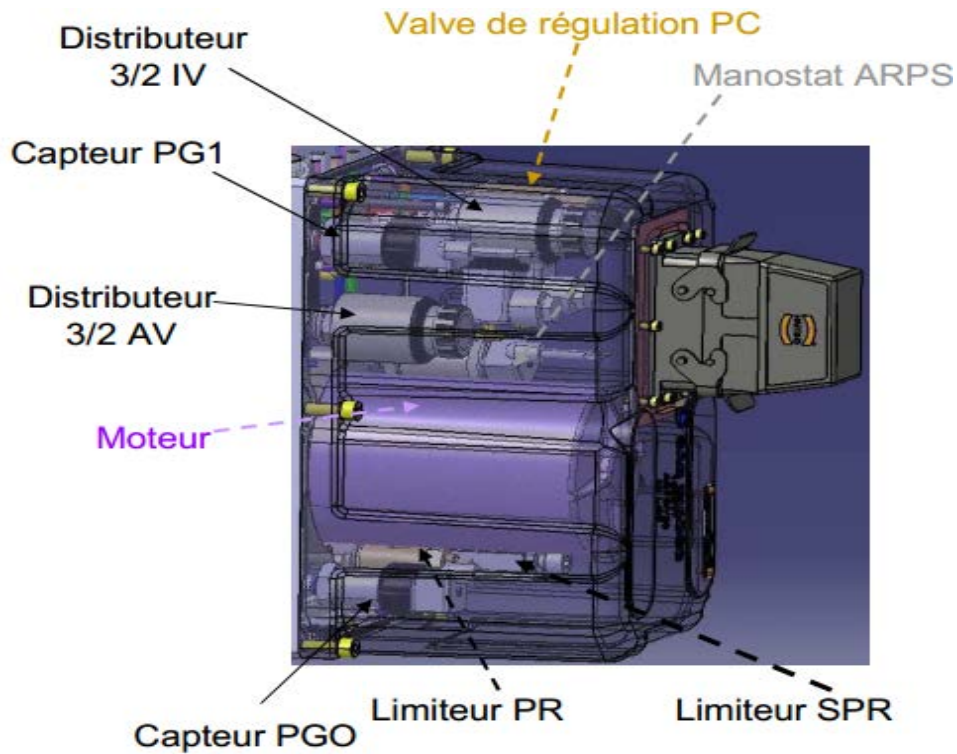
Présentation de l'équipement :

Partie Hydraulique		Partie Electrique	
Composant	Description	Composant	Description
VF	Filtre à air réservoir	M	Moteur électrique
P	Pompe à engrenage		
		AV	Électrovalve «isolation»
ACC1	Accumulateur de service		
F1	Filtre à huile	PC1	Valve proportionnel
ACC2	Accumulateur de secours	ARPS	Manostats isolation
		IV	Electrovalve de commande de freinage de sécurité

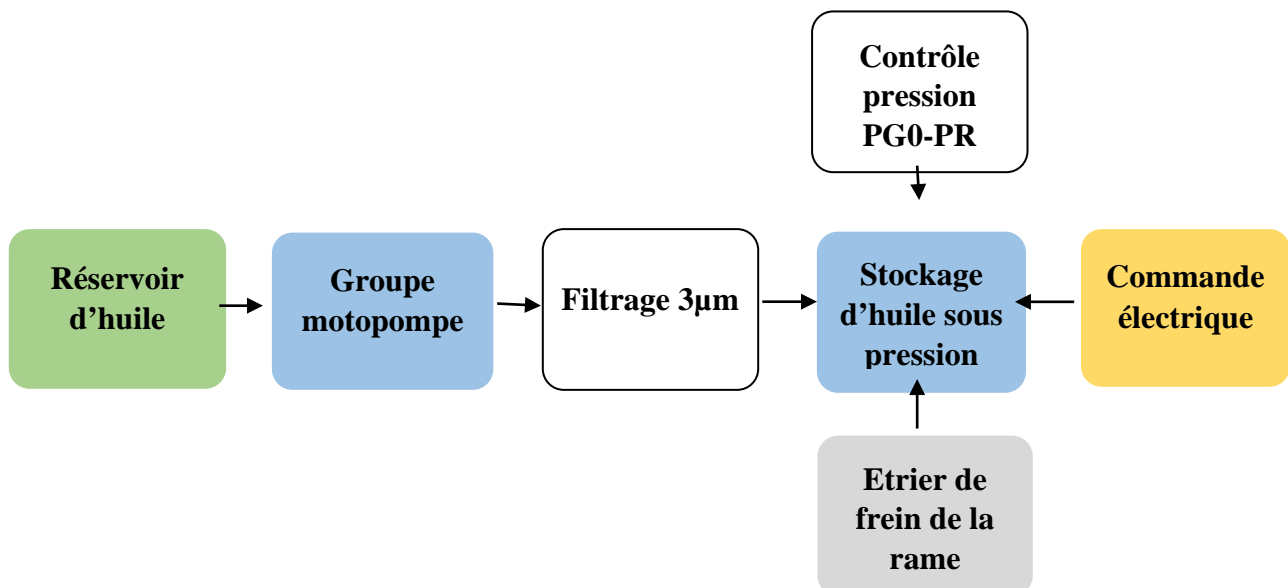
Partie hydraulique :



Partie Electrique :

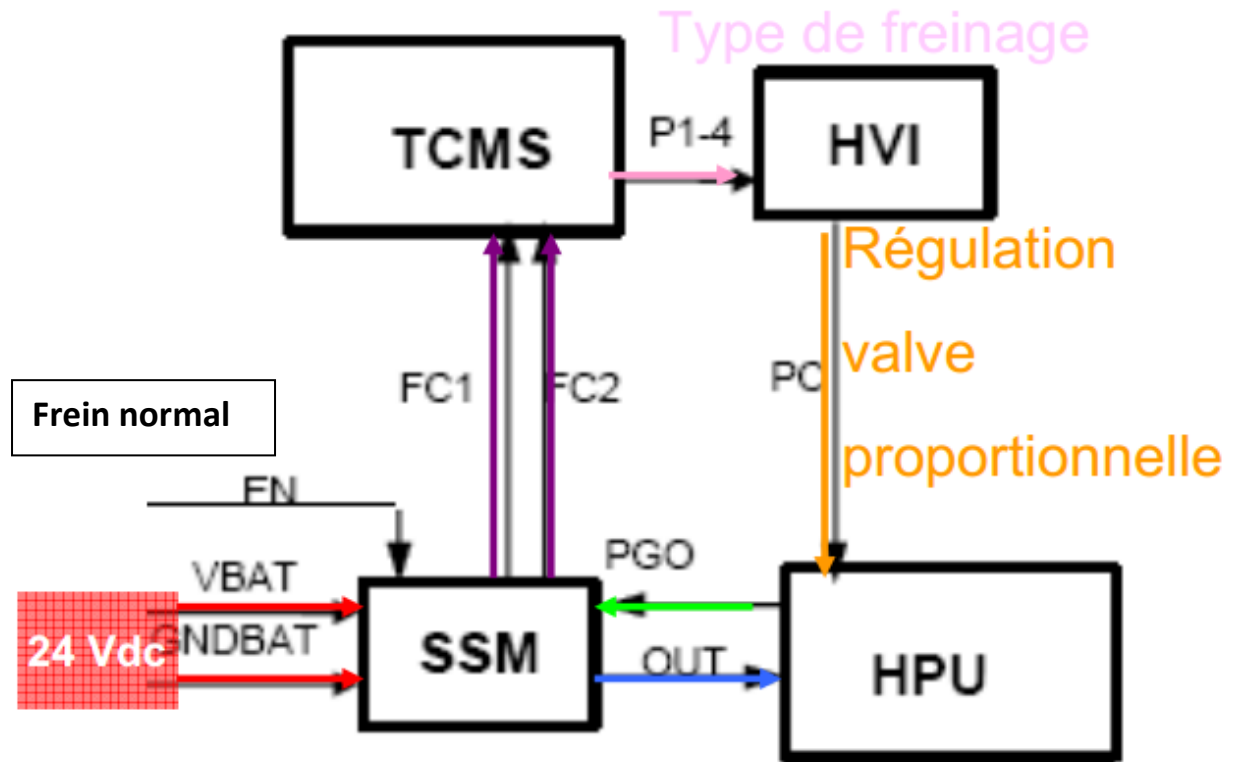


Synoptique global de la centrale hydraulique de frein :



IV.4.Description fonctionnelle de la centrale du bogie moteur

Synoptique de communication :



Description :

Le signal de demande de freinage est produit par le manipulateur situé dans la cabine, Le TCMS décode alors la position du manipulateur réglée par le conducteur et l'état relatif de mouvement du véhicule.

L'information est ensuite envoyée aux HVI qui converti la commande basée sur quatre bits en seize étapes de force de freinage, La valve proportionnelle intervient pour faire sortir la pression correspondante qui sera capté par le capteur de pression PGO.

Un signal de surveillance basé sur 2 bits (FC1 et FC2) indique une combinaison de panne majeure provenant de SSM, fournit un signal d'avertissement vers la logique du véhicule.

FC2	FC1	Codage
1	1	Pas de panne
1	0	Capteur PG0 K0

FC2	FC1	Codage
0	1	Sortie MOS
0	0	Cycle HPU

Gestion de l'effort de frein :

Les étriers d'effort de frein sont commandés par une valve proportionnelle PC.

La valve proportionnelle (PC) de la HPU du bogie moteur est entraînée par un dispositif autonome à carte HVI.

Le courant du dispositif autonome HVI est commandé par le codage de quatre lignes P1, P2, P3 et P4 comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Couple requis	4 chiffres				Effort de frein*	pression	Courant HVI _{sa}
	P4	P3	P2	P1	N	bar	mA
100%	0	0	0	0	40000	1	0
95%	1	0	0	0	38000	3.2	63.7
85%	1	1	0	0	34000	9.7	106.3
80%	0	1	0	0	32000	13	128
75%	0	1	1	0	30000	16.2	149
70%	0	0	1	0	28000	19.5	170.6
65%	0	0	1	1	26000	22.7	191.6
55%	0	0	0	1	22000	29.2	234.3
50%	1	0	0	1	20000	32.5	255.9
45%	1	1	0	1	18000	35.7	276.9
40%	0	1	0	1	16000	38.9	297.9
30%	0	1	1	1	12000	45.4	340.6
20%	1	1	1	1	8000	51.9	383.2
10%	1	1	1	0	4000	58.4	425.9
5%	1	0	1	0	2000	61.7	447.5
0%	1	0	1	1	0	110	800

Note : la pression de desserrage du frein pour l'étrier inverse est : P=110 bars

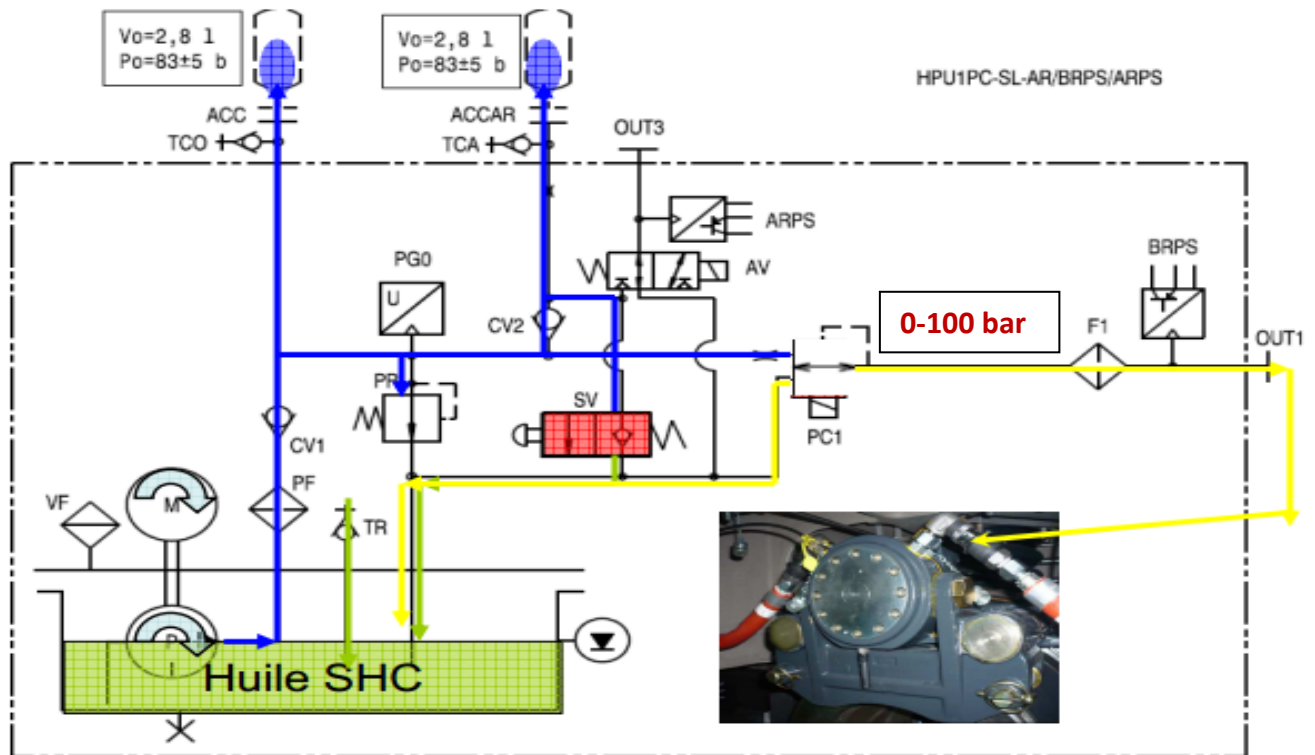
***Effort par face de disque**



Schéma hydraulique de la centrale hydraulique de frein du Bogie Moteur :

VF: Filtre à air réservoir
M: Moteur électrique
P: Pompe à engrenage
PF : Filtre à huile 3μ
CV1 : Clapet anti-retour
TCO : Prise de pression ACC
ACC : Accumulateur de service
ACCAR: Accumulateur de secours
PG0: Capteur de pression
PR : Limiteur de pression
CV2: Clapet anti-retour
TCA : Pression de pression ACCR
AV: Électrovalve « isolation »
ARPS : Manostats isolation
OUT3 : Circuit isolation
SV: Valve manuel
PC1 : Valve proportionnel
F1: Filtre à huile
BRPS : Manostat frein de service
OUT 1 : Frein de service
TR : Prise de pression pour remplissage

Freinage de service :



— Pression d'accumulateur service et secours (108 à 145 bar)

— Pression de freinage de service (0-100 bar)

OUT1 : Frein de service.

Description fonctionnelle de la centrale :

La mise en marche du Moteur de la centrale (M) entraîne la pompe (P) en mouvement qui envoie l'huile à l'accumulateur principal de service (ACC). La pression est ainsi contrôlée par un organe spéciale : (PG0) qui envoie l'information en boucle de courant à la carte SSM cette dernière détermine ou non la commande du moteur. Tout dépassement de pression interne 145 bar est contrôlé par un limiteur de pression (PR) laissant passer l'excès d'huile à la bache.

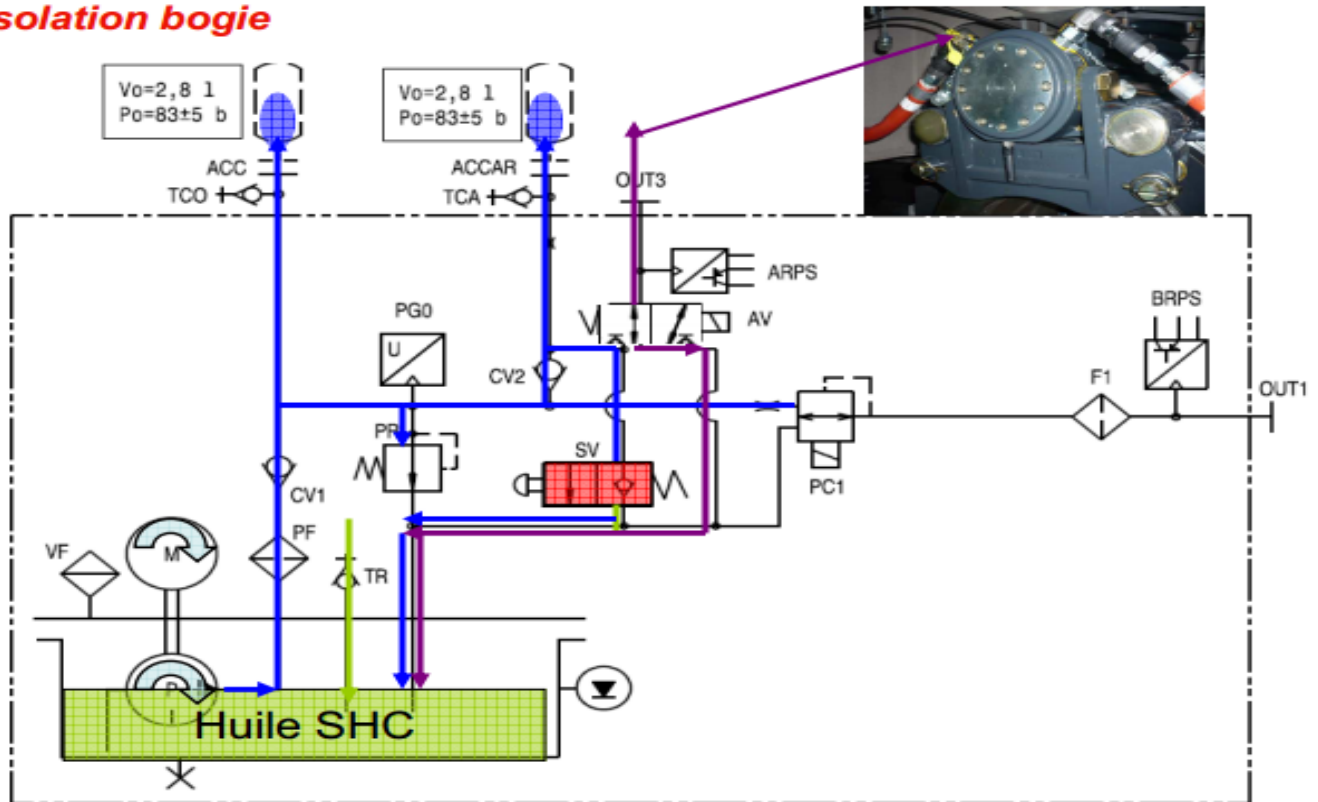
La valve proportionnelle (PC1) intervient pour traduire le freinage demandé par le conducteur en pression à transmettre aux étriers.

Les freins du bogie moteur sont de type indirect et assurent un effort croissant à pression hydraulique décroissante.

Les étriers de frein passif sont serrés à l'arrêt sous l'action de ressorts, Elles sont desserrées grâce à la centrale hydraulique qui applique une pression inversement proportionnelle à la consigne de freinage.

Isolation Bogie :

Isolation bogie



——— Pression d'accumulateur service et secours (108 à 145 bar)

——— Pression Isolation entre 108 et 145.

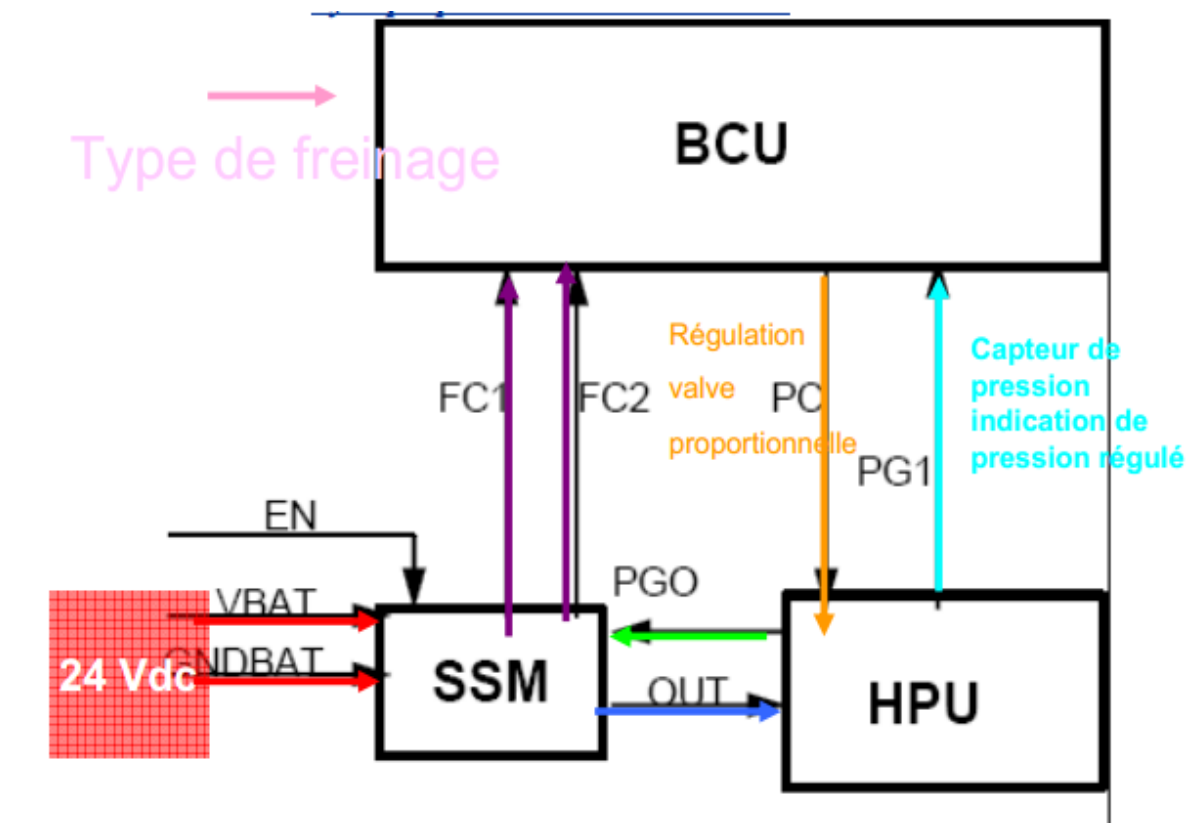
OUT3 : circuit Isolation.

Description fonctionnelle de la centrale :

En cas de défaillance d'un équipement de commande des freins à friction (BCU/BCE) le frein du bogie correspondant doit être isolé, dans ce cas, La valve de commande d'isolation (AV) intervient pour traduire la commande d'isolation par le conducteur en pression à transmettre aux étriers ou par isolation manuel par la commande de SV.

IV.5.Description fonctionnel de la centrale du bogie porteur

Synoptique de communication :



Le Synoptique de communication du bogie porteur est presque identique à celui du bogie moteur .la différence réside dans la BCU qui reçoit une commande sous forme d'un signal 4-20 mA et la convertie en un courant électrique selon l'effort de frein avant de le transmettre à la valve proportionnelle.

Gestion de l'effort de frein :

Les étriers d'effort de frein sont commandés par la valve proportionnelle PC.

La valve proportionnelle (PC) de la HPU du bogie porteur est entraînée par la BCU.

Le courant de la carte HVI de la BCU est commandé par un signal 4 à 20 mA comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

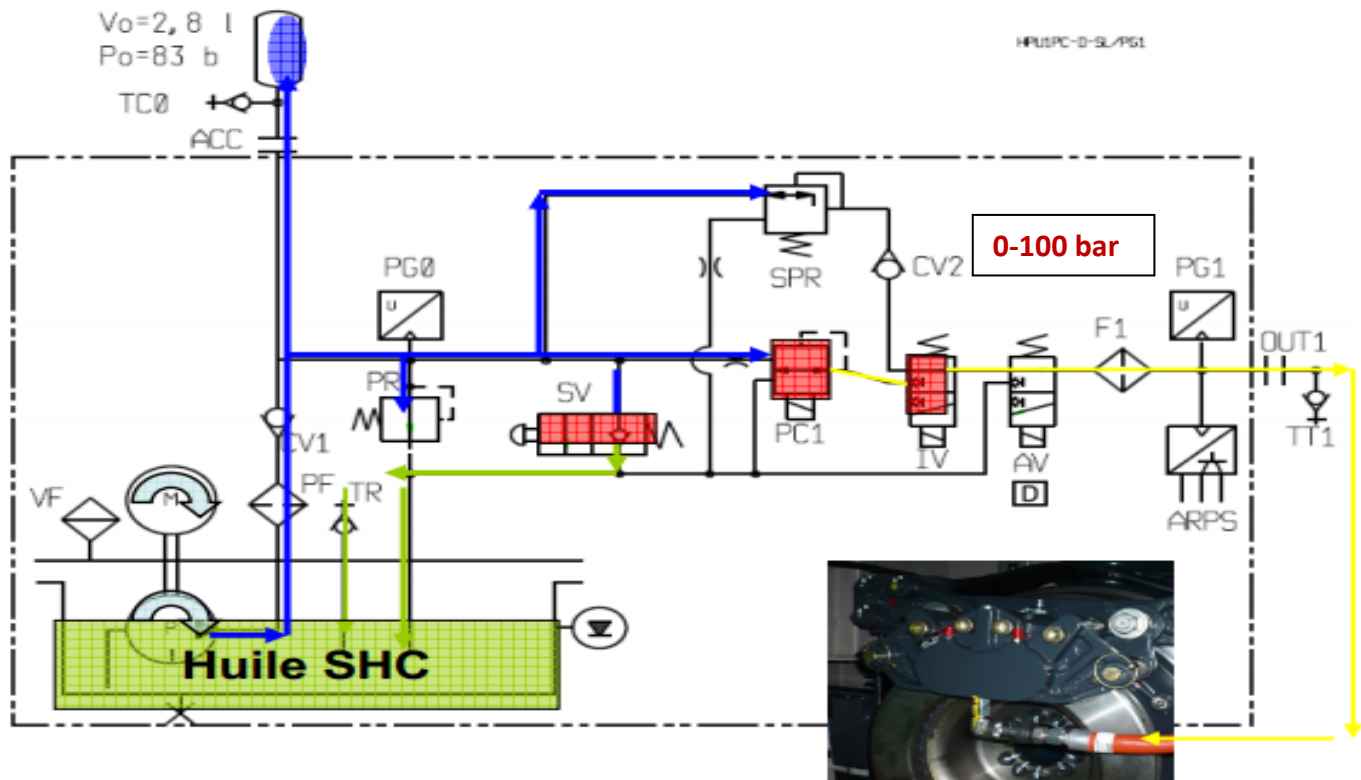
Couple requis	Commande de courant (signal BDC)	Effort de frein*	pression	Courant HVI(BCU)
	mA	N	Bar	mA
100%	BDC=4.5mA	36000	100	700
95%	4.5mA < BDC=5.5mA	34200	95	666
85%	5.5mA < BDC=6.5mA	30600	85.5	603.7
80%	6.5mA < BDC=7.5mA	28800	80.7	572.2
75%	7.5mA < BDC=8.5mA	27000	75.9	540.7
70%	8.5mA < BDC=9.5mA	25200	71.2	509.8
65%	9.5mA < BDC=10.5mA	23400	66.4	478.6
55%	10.5mA < BDC=11.5mA	19800	56.9	416
50%	11.5mA < BDC=12.5mA	18000	52.1	384.5
45%	12.5mA < BDC=13.5mA	16000	47.3	353
40%	13.5mA < BDC=14.5mA	14400	42.5	321.5
30%	14.5mA < BDC=15.5mA	10800	33	259.2
20%	15.5mA < BDC=16.5mA	7200	23.4	192.2
10%	16.5mA < BDC=17.5mA	3600	13.9	133.9
5%	17.5mA < BDC=18.5mA	1800	9.1	102.4
0%	18.5mA < BDC=19.5mA	0	1	0

Note : la pression de desserrage du frein pour l'étrier direct est : P=0 bar

*Effort par face de disque.

Schéma hydraulique de la centrale hydraulique de frein du Bogie Porteur :

Freinage de service :



— Pression d'accumulateur service et secours (108 à 145 bar)

— Pression de freinage de service (0-100 bar)

OUT1 : Frein de service.

Description fonctionnelle de la centrale :

Le mécanisme de fonctionnement de la centrale hydraulique de freinage de service du bogie porteur est presque identique à celui du frein de service du bogie moteur. La différence réside dans les freins, ils sont de type direct et délivrent un effort croissant à pression hydraulique croissante.

Les étriers de frein actif (1 par roue) sont serrés sous l'action de la centrale hydraulique (sous caisse) qui applique une pression proportionnelle à la consigne de freinage.

V : Maintenance préventive (Boitier de Forçage)

Certaines opérations préventives (contrôle, isolement...) s'effectuent à l'aide de l'outil ci-dessous qui permet d'activer les différents circuits de la centrale hydraulique Bogie Porteur ou Moteur, la rame étant hors tension.

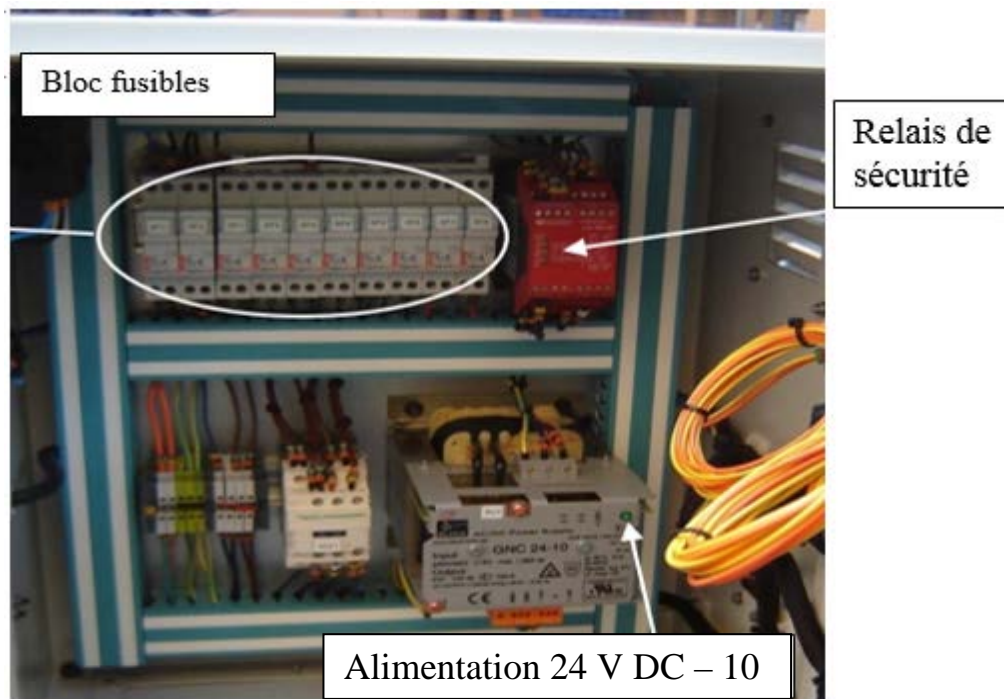


Figure 32: Vue interne du Boitier de forçage pour centrale hydraulique (HPU) BP et BM

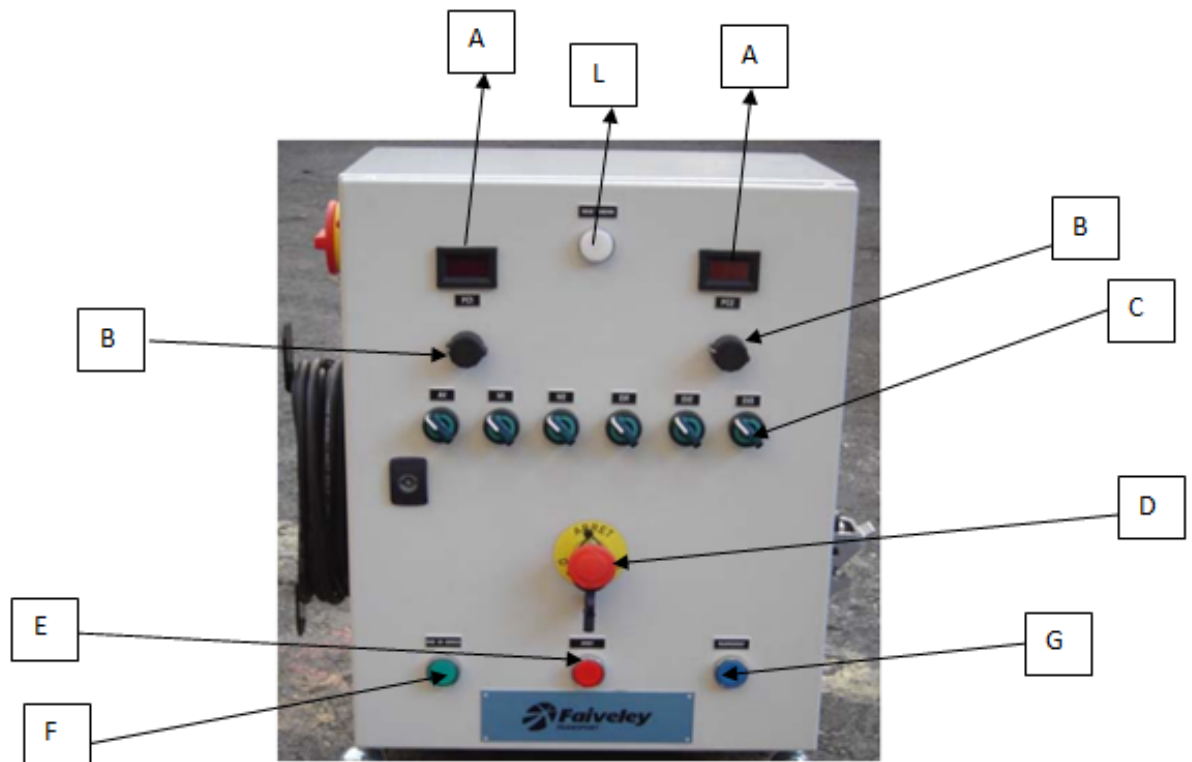


Figure 33: Vue externe du Boitier de forçage pour centrale hydraulique (HPU) BP et BM

REP	DESIGNATION	DESCRIPTION
A	Afficheur	Afficheur de courant des valves proportionnelles PC1 / PC2
B	Potentiomètre	Potentiomètre de réglage du courant des valves proportionnelles PC1 / PC2
C	Bouton à 2 positions (ON et OFF) avec voyant	Boutons d'excitation des électrovalves (AV / IV /et EV)
D	Bouton coup de poing	Bouton arrêt d'urgence
E	Bouton poussoir	Bouton poussoir d'arrêt
F	Bouton poussoir	Bouton poussoir de mise en marche
G	Bouton poussoir	Bouton poussoir de réarmement après arrêt

REP	DESIGNATION	DESCRIPTION
		d'urgence
H	Voyant	Voyant de mise en service du boîtier

V.1.Utilisation de l'outil

Mise en service de l'outil :

La mise en service de l'outil est effective au terme des opérations suivantes :

- Le Tramway doit être dé-préparé, et hors service.
- Avant la mise en marche, s'assurer que tous les boutons (Potentiomètres et Boutons d'excitations électrovalves) soient en position OFF.
- Connecter le cordon d'alimentation sur secteur 220Volts / 50 Hertz.
- Déconnecter le câble d'interface entre la centrale hydraulique et le Tramway.
- Connecter le câble d'interface entre la centrale hydraulique et le boîtier de forçage.
- Câble spécifique en fonction de la centrale hydraulique.
- Mettre le sectionneur général sur 1, Le voyant de mise sous tension s'allume.
- Appuyer sur le Bouton de mise en service.

En cas d'anomalie, l'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence, interrompt toutes les opérations.

Les opérations pour le redémarrage après un arrêt d'urgence sont les suivantes :

- Déverrouiller le bouton d'arrêt d'urgence.
- Appuyer sur le bouton de réarmement.
- Appuyer sur le bouton de mise sous tension.

Utilisation de l'outil sur la centrale hydraulique du bogie moteur BM :

L'utilisation de l'outil sur la centrale hydraulique du bogie moteur consiste à :

- ☐ Piloter l'électrovalve proportionnelle (PC1) en réglant l'intensité aux bornes de l'électrovalve et en visualisant la valeur du courant.
- ☐ Piloter l'électrovalve (AV) de commande d'isolation du circuit principal, donc commande du circuit de secours. Le pilotage de l'électrovalve proportionnelle (PC1) est assuré de la manière suivante :

- Tourner le potentiomètre afin d'obtenir l'intensité souhaitée de courant aux bornes d'électrovalves proportionnelle (plage de réglage de 0 à 800mA)
- Visualiser sur l'afficheur.

Le tableau ci-dessous indique l'effort au niveau des étriers, la pression dans le circuit et le niveau de freinage hydraulique par rapport à l'intensité du courant aux bornes de l'électrovalve proportionnelle réglée par le potentiomètre :

Pression bar	Courant HVI mA
1	0
3,2	63,7
9,7	106,3
13	128
16,2	149
19,5	170,6
22,7	191,6
29,2	234,3
32,5	255,9
35,7	276,9
38,9	297,9
45,4	340,6
51,9	383,2
58,4	425,9
61,7	447,5
110	800

La figure ci-dessous indique la variation de la pression en fonction du couple requis.

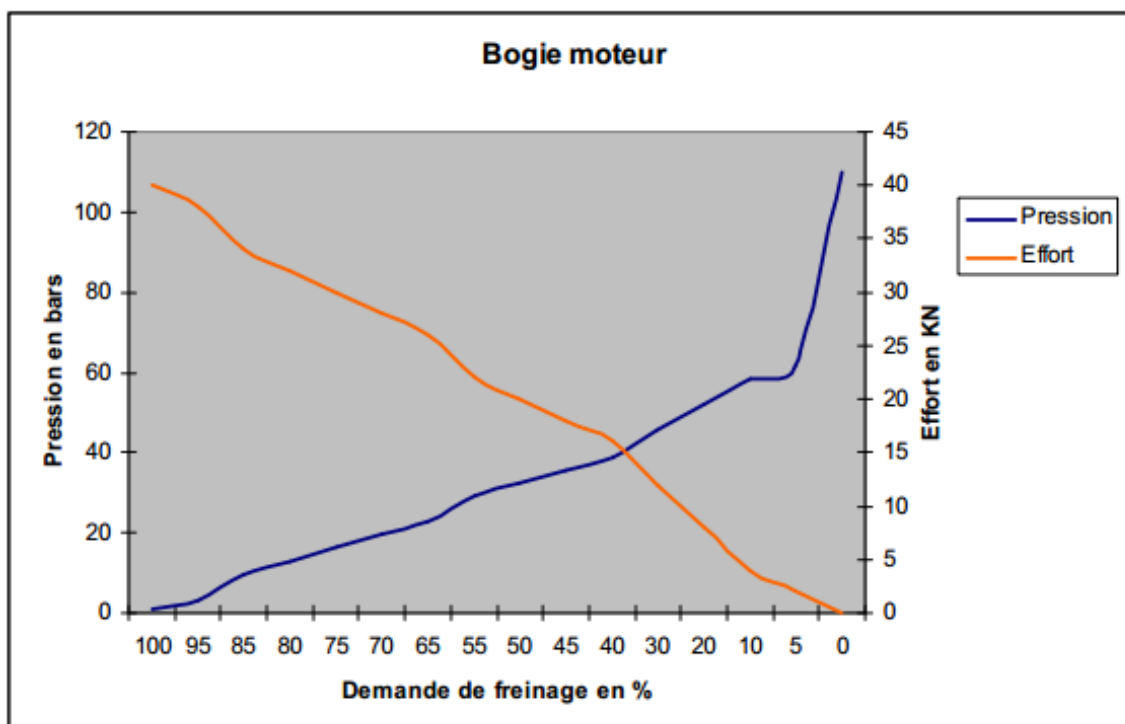


Figure 34: Variation de la pression en fonction du couple requis pour le bogie moteur

Le pilotage de l'électrovalve d'isolation (AV) est assuré de la manière suivante :

- Tourner le bouton (AV) en position "ON" le bouton s'allume, voir Figure 5.
- L'électrovalve (AV) est alimentée en 24V, ce qui permet l'alimentation du circuit de secours.

Utilisation de l'outil sur la centrale hydraulique du bogie porteur BP :

L'utilisation de l'outil sur la centrale hydraulique du bogie porteur consiste à :

- Piloter l'électrovalve proportionnelle (PC1) en réglant l'intensité aux bornes de l'électrovalve et en visualisant la valeur du courant.
- Piloter l'électrovalve (AV) de commande d'isolation du circuit principal
- Piloter l'électrovalve (IV) de commande de freinage de sécurité.

Le pilotage de l'électrovalve proportionnelle (PC1) est assuré de la manière suivante :

- Tourner le potentiomètre afin d'obtenir l'intensité souhaitée de courant aux bornes de l'électrovalve proportionnelle souhaitée (plage de réglage de 0 à 800mA).
- Visualiser sur l'afficheur.



Le tableau ci-dessous indique l'effort au niveau des étriers, la pression dans le circuit et le niveau de freinage hydraulique par rapport à l'intensité du courant aux bornes de l'électrovalve proportionnelle réglée par le potentiomètre :

Pression bar	HVI (BCU) courant mA
100	700
95	666
85	603,7
80,7	572,2
75,9	540,7
71,2	509,8
66,4	478,6
56,9	416
52,1	384,5
47,3	353
42,5	321,5
33	259,2
23,4	196,2
13,9	133,9
9,1	102,4
1	0

La figure ci-dessous indique la variation de la pression en fonction du couple requis.

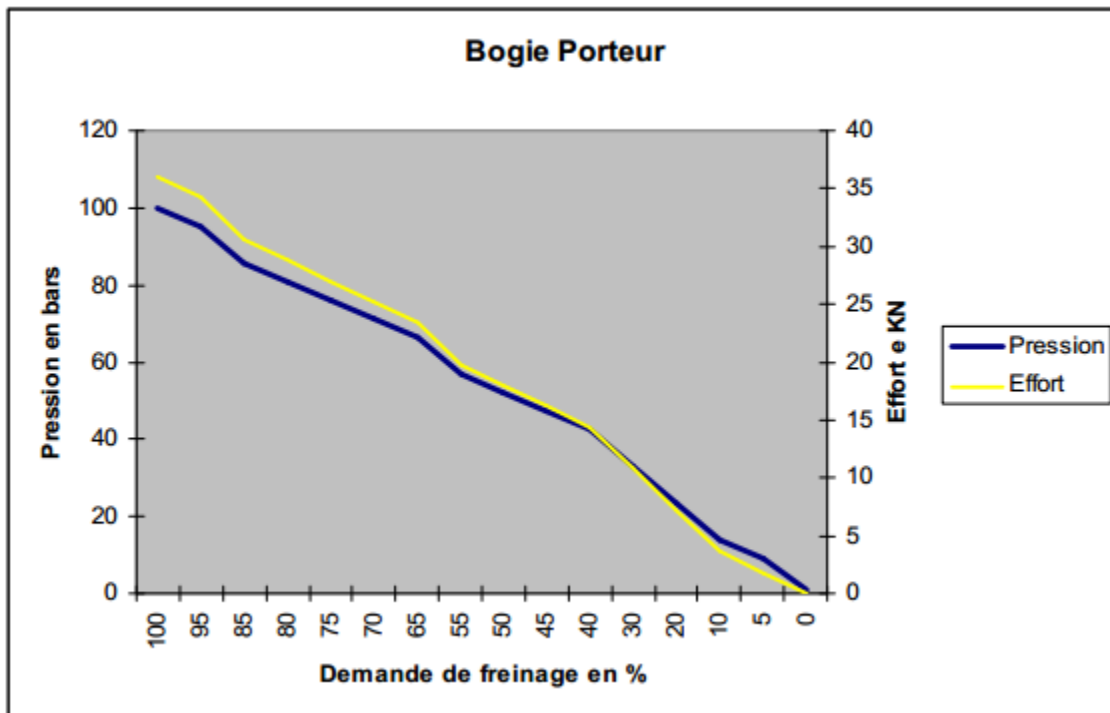


Figure 35: Variation de la pression en fonction du couple requis pour le bogie porteur

Le pilotage de l'électrovalve d'isolation (AV) est assuré de la manière suivante :

- Tourner le bouton (AV) en position "ON" voir Figure 7 le bouton s'allume.
- L'électrovalve (AV) est alimentée en 24V, ce qui permet le retour à la bête du circuit principal d'alimentation des étriers

Le pilotage de l'électrovalve (IV) est assuré de la manière suivante :

- Tourner le bouton (IV) en position "ON" voir Figure 7 le bouton s'allume.
- L'électrovalve (IV) est alimentée en 24V, ce qui permet la commande de freinage par le limiteur de pression taré à 53 bars.

Le schéma hydraulique de la centrale du bogie porteur, et la commande via l'outil est représenté par le schéma ci-dessous :

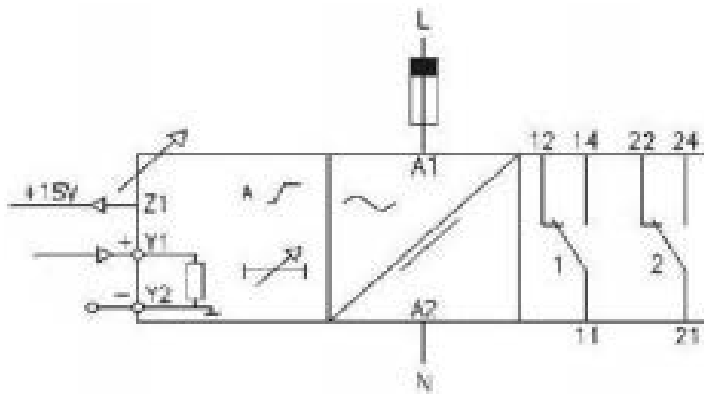
Arrêt de l'outil :

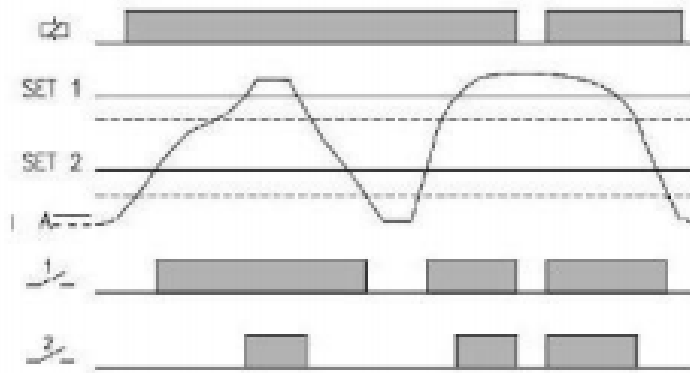
L'arrêt de l'outil est effectif au terme des opérations suivantes :

- Vérifier que tous les boutons (potentiomètre et boutons d'excitations électrovalves) soient en position "OFF".
- Appuyer sur le bouton d'arrêt.
- Mettre le sectionneur général sur "O", le voyant de mise sous tension s'éteint.
- Déconnecter le cordon d'alimentation du secteur.
- Enrouler le cordon d'alimentation sur son support.

V.2.Faisabilité technique**Solution proposée et retenue :**

Nous avons pensé dans un premier temps de modifier le boîtier de forçage pour les centrales hydrauliques, puis nous avons proposé qu'il suffit de remplacer l'alimentation intégrable mono-sortie : 24 VDC -10 A par une autre alimentation de 24 VDC mais avec un ampérage important de 80 A en ajoutant un relais à seuils qui délivre une alimentation 15VCC pour alimenter le capteur de pression PGO qui fait sortir une boucle de courant 4-20 mA .

Fonctionnement du relais à seuils :



Le relais à seuils **SAKA** dispose de 2 seuils d'alarmes indépendants réglables avec une hystérésis fixe de 10%.

Lorsque l'intensité du courant de contrôle est inférieure à la valeur ajustée, les 2 relais sont désactivés.

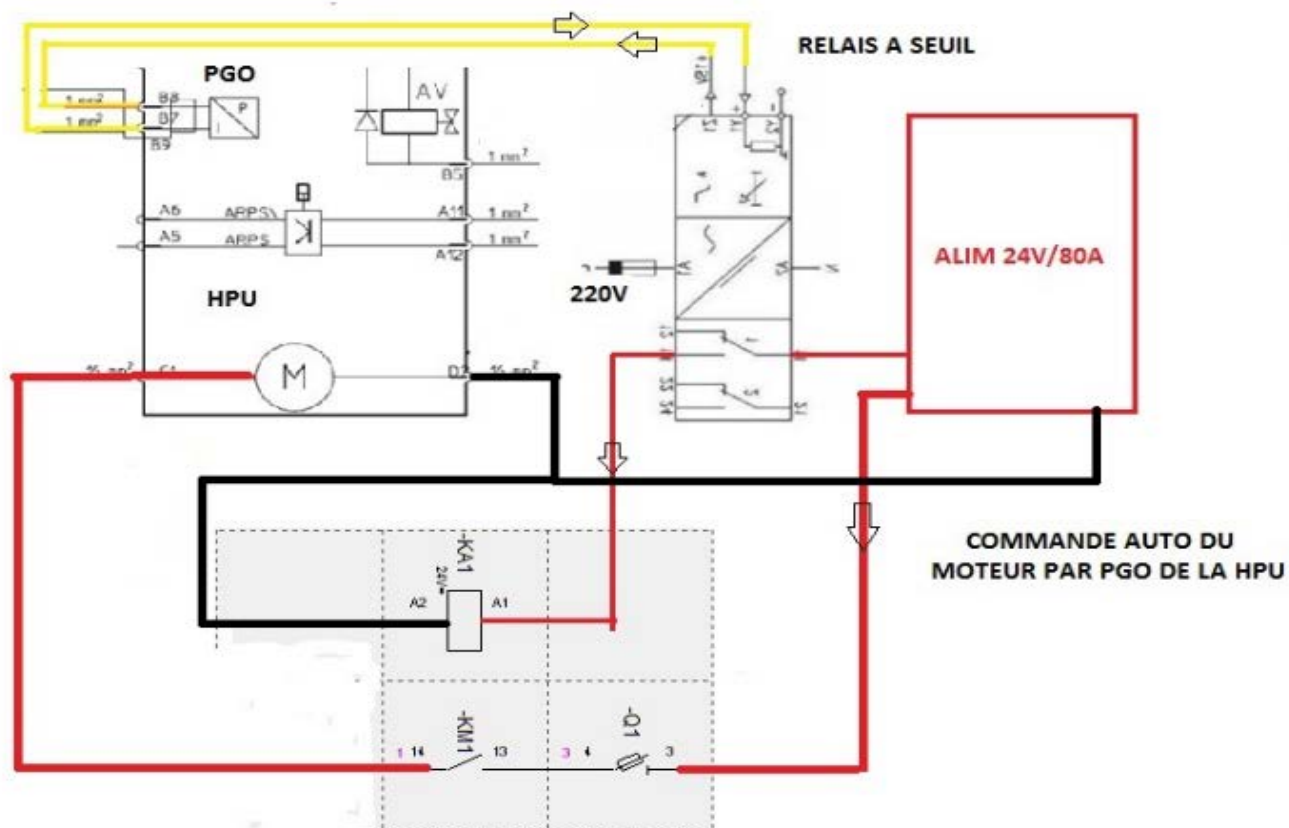
Quand l'intensité du courant de contrôle est supérieure aux valeurs ajustées, chaque sortie relais est activée en fonction de la valeur de réglage et maintient cette position jusqu'à ce que la valeur d'intensité redescende en dessous de 10% de chaque valeur réglée.

La question qui se pose maintenant c'est :

 **Pour quel courant de PGO le moteur démarre ?**

Selon les consignes de réglage du fournisseur : 4 mA du PGO correspond à 0 bar et pour 20 mA correspond à 200 bar le démarrage du moteur dans notre cas à 108 bar implique un courant de PGO d'environ 11 mA. Ce courant doit être réglé sur le relais à seuil afin d'assurer une régulation de pression.

Voici le schéma obtenu :



Selon la pression interne Le PGO envoie une commande au relais à seuil qui dans ce cas joue le rôle de la carte SSM.

La modification de l'alimentation externe dans le boîtier de forçage de la centrale hydraulique a permis de faciliter le test préventif. Tout en optimisant les temps d'interventions, de sécuriser l'opération et d'assurer un bénéfice pour l'entreprise.

Conclusion générale

Au terme de ce projet de fin d'étude nous avons présenté la démarche suivie pour répondre au besoin de mettre en œuvre des alimentations externes pour certains équipements du tramway.

Dans un premier temps, nous avons présenté la mission que nous a confié, ainsi, nous avons déterminé la problématique présente sur ces différents équipements, ensuite nous avons étudié leurs principes de fonctionnement et proposé par la suite des alimentations externes qui répondent au cahier des charges prédéfinie.

Dans un deuxième temps nous avons procédé à la description de la démarche suivie pour améliorer et optimiser le temps les différents travaux de maintenance, tout en les sécurisant, effectué à partir de 30 000 kilomètre parcourue par la rame, sur les différents équipements tel que l'indicateur de vitesse, le compresseur de sablage et la centrale hydraulique.

Pour ces équipements nous avons réalisé les schémas électriques pour la mise en place des alimentations externes. Sur le logiciel SCHEMAPLIC nous avons simulé le schéma de l'alimentation externe que nous avons réalisé pour le compresseur de sablage.

Et suite aux résultats obtenus, nous avons rédigé pour le testeur d'indicateur de vitesse une procédure d'utilisation. En plus nous avons défini les besoins en matériel électrotechnique, nous avons établi le budget nécessaire et nous avons calculer le temps de retour sur investissement que nous avons diffusé aux différents responsables, et juste après leurs validation, la responsable achat a passé la commande de toutes les articles à réception le 2 Juillet.

Enfin, nos solutions proposées vont permettre une facilité d'utilisation, une optimisation du temps de travail de maintenance et surtout une meilleure sécurité aux intervenants. Et ses solutions vont générer des bénéfices en plus de retour sur investissement que demande le peuple.



Bibliographie et webographie

Bibliographie :

- Le support de formation à l'utilisation du matériel roulant du tramway CASABLANCA CITADIS 302.
- Le manuel de localisation des équipements TORA du tramway CASABLANCA CITADIS 302.
- Les gammes opératoires des visites préventives 30000Km et 60000Km de la maintenance du tramway de CASABLANCA-Ligne T1.
- L'extrait du plan de maintenance PDM du tramway de CASABLANCA CITADIS 302.
- Le plan ALSTOM zéro déviation « AZDP phase 2 » pour l'environnement, hygiène et santé.
- Le manuel d'utilisation de l'alimentation externe d'indicateur de vitesse (Constructeur: **TDK-Lambda**, Référence: **Genesys TM 750W/1500W**, IA575-04-01-Rev: **U**).
- La documentation du système de freinage du tramway de CASABLANCA CITADIS 302.
- La documentation technique du compresseur sur châssis réservoir (Constructeur: **ERVOR** ; Référence: **D8123050013** ; Révision : **B**; **Notice Compresseur NV/COMPACT**; Matériel de référence: **8123050**).
- La documentation du compresseur de sablage (Description-Fonctionnement) du tramway CASABLANCA CITADIS 302.
- La formation FAIVELEY TRANSPORT sur le système de frein électrohydraulique (Doc N° **FTFR0126-F01PJS**, Niveau de révision : **A**, Date de dernière édition **1^{ère} révision**).
- La notice d'utilisation de l'outillage: Boitier de forçage pour centrale hydraulique BP et BM (Référence de documentation technique: **FT0010379-00**).
- Le schéma électrique fonctionnel du compresseur de sablage du tramway CASABLANCA CITADIS 302.

Webographie :

<http://www.alstom.com/>



Annexes

Annexe 1 :

11 directives de sécurité Alstom=11 règles vitales de sécurité Alstom

Règle vitale de sécurité n°1

Gestion des risques

EVALUEZ ET MAITRISEZ LES RISQUES AVANT DE TRAVAILLER

Règle vitale de sécurité n°2

Contrôle des sous-traitants

FAITES APPLIQUER LES REGLES DE SECURITE ALSTOM

Règle vitale de sécurité n° 3

Consignation déconsignation

UNE PERSONNE, UN CADENAS, UNE CLE

Règle vitale de sécurité n° 4

Sécurité électrique

VERIFIER L'ABSENCE DE LA TENSION ELECTRIQUE AVANT DE TRAVAILLER

Règle vitale de sécurité n° 5

Sécurités des machines

INTERDISEZ L'ACCES AUX ZONES DANGEREUSES



Règle vitale de sécurité n° 6

Travail en hauteur

ATTACHEZ VOUS EN CAS DE RISQUE DE CHUTTE

Règle vitale de sécurité n° 7

Excavations

EVITER TOUTES LES EXCAVATIONS ET OUVERTURES DANS LE SOL

Règle vitale de sécurité n° 8

Opérations de levage

RESTEZ A BONNE DISTANCE DES CHARGES SUSPENDUES

Règle vitale de sécurité n° 9

Véhicules en mouvement

RESTEZ A BONNE DISTANCE DES VEHICULES EN MOUVEMENT

Règle vitale de sécurité n° 10

Véhicules rail en mouvement

RESTEZ A BONNE DISTANCE DES VEHICULES RAIL EN MOUVEMENT

Règle vitale de sécurité n° 11



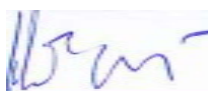
Espaces confinés

TOUS LES ESPACES CONFINES DOIVENT ETRE IDENTIFIE ET SIGNALEES
INTERDISANT L'ACCES SANS AUTORISATION

Annexe 2 :



Mode d'utilisation : testeur de l'indicateur de vitesse du tramway

	Nom	Function	Date	Signature
Rédigé par :	MAKIK Jihane HARICHLI Kenza	Stagiaires	11/02/2014	
Vérifié par :	Mohammed TANTA	Ingénieur Méthodes	14/02/2014	
	Eric TCHERNISHOFF	Responsable Ingénierie	14/02/2014	
Approuvé par :	Herve LECREST	Chef de projet	14/02/2014	

**1. QUALIFICATIONS :**

Habilitation électrique minimum (H0B0, H0B0)

2. DOCUMENTS DE REFERENCE :

Manuels
Dossier de maintenance : Mode d'emploi Genesys TM (750W /1500W)

3. EPI REQUIS POUR CHAQUE MEMBRE :

NA.

4. CONSIGNES DE SECURITE:

Les consignes de sécurité doivent être observées pendant toutes les phases de l'utilisation, entretien et réparations de cet équipement. Le non respect des consignes de sécurité et des avertissements dans ce document viole les normes de sécurité de conception, fabrication et utilisation prévue de cet équipement et peut compromettre les protections incorporées en lui.

TDK-Lambda Americas Inc. Ne sera pas responsable des conséquences si l'utilisateur ne respecte pas ces consignes (voir tableau 1).

5. AVERTISSEMENT :

Pour éviter toute lésion corporelle :

- Lire les instructions attentivement.
- Eviter d'inverser le connecteur en respectant la position et le sens d'enfichage de ce dernier.
- Il faut débrancher l'alimentation avant d'enlever le connecteur.
- Il ne faut pas dépasser 12V durant le test, pour ne pas endommager l'indicateur de vitesse.

6. MOYENS NECESSAIRES :

V.2.1 Outillages Spéciaux	Quantité	Référence
Alimentation stabilisée	1	Genesys TM

7. OBJECTIF :

L'objectif de ce testeur est de vérifier l'étalonnage de l'indicateur de vitesse en faisant varier les tensions avec une bonne résolution suivant les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

Vitesse en Km/h	Tension en V
10	1.25
20	2.5
40	5
60	7.5
80	10

La figure ci-dessous représente la variation de la vitesse en fonction de la tension :

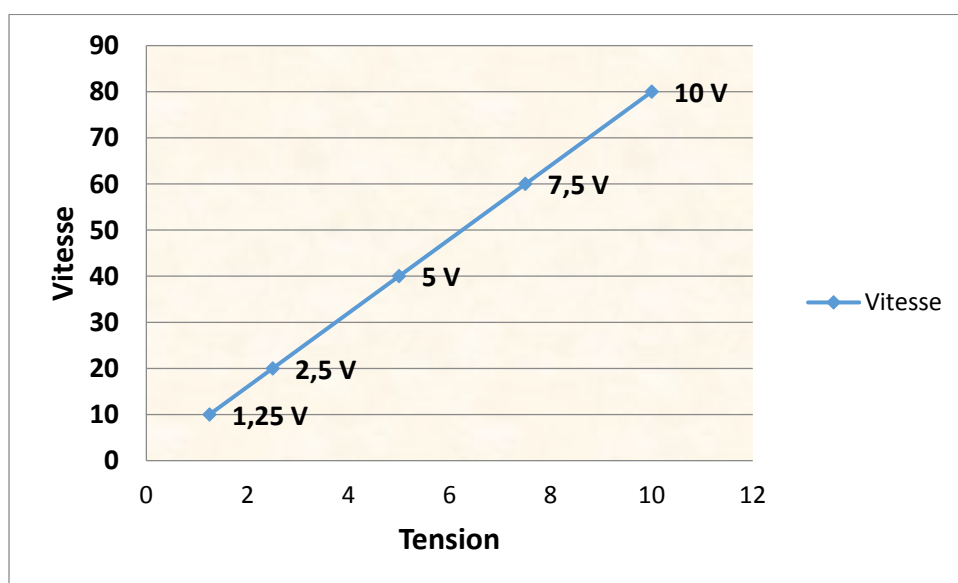
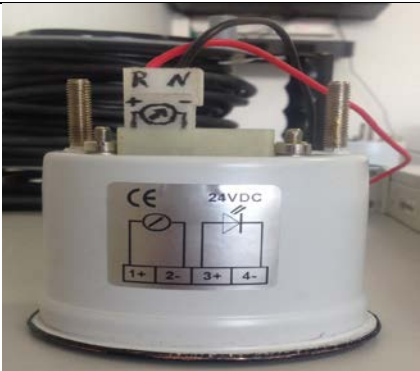



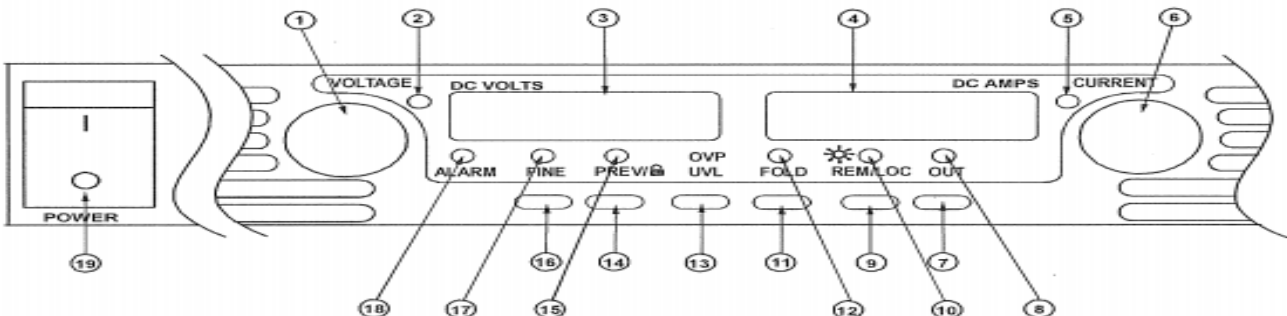








Figure : variation de la vitesse en fonction de la tension

8. PROCEDURE DE TEST DE L'INDICATEUR DE VITESSE

Branchement Avant le test il faut enficher le connecteur de telle sorte que le fil rouge de l'alimentation soit à la borne(+) et le fil noir à la borne (-) de l'indicateur de vitesse. R : désigne la couleur rouge. N : désigne la couleur noir.	
Test	
Appuyez sur le bouton POWER pour alimenter le testeur.	
Appuyez sur le bouton OUT (7) pour activer la sortie.	
Utilisez le codeur haute résolution (VOLTAGE 1) pour régler la tension de sortie.	
 <p>Pour le mode d'utilisation du reste des boutons, voir tableau 2 de l'annexe.</p>	

9. EXEMPLE D'UTILISATION :

Tension(V)	Photo	Vitesse (Km/h)	Photo
1.25		10	
2.5		20	
5		40	

7.5	 	60	
10		80	

- Appuyez sur le bouton POWER (19) pour mettre en arrêt le testeur.

10. ANNEXE

Tableau 1 : Les consignes de sécurité









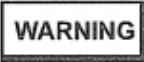
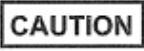
	PRECAUTION. Observez les précautions pour manipuler les composants sensibles à l'électricité statique.
	ATTENTION. Risque de choc électrique
	Symbole dans le manuel d'instructions. Ce symbole sera marqué sur l'instrument lorsque l'utilisateur doit consulter le manuel d'instructions.
	Signale une tension dangereuse.
	Signale une borne de terre.
	La borne du conducteur de terre de protection doit être connectée à la terre électrique.
	Coupée (alimentation)
	Branchée (alimentation)
	Le symbole WARNING signale un danger. Il attire l'attention sur une procédure. Si la procédure n'est pas suivie correctement, il peut en résulter des blessures. Le symbole WARNING (Attention-danger) ne doit pas être ignoré et toutes les conditions indiquées doivent être bien comprises et respectées.
	Le symbole CAUTION (Attention) signale un danger. Il attire l'attention sur une procédure. Si la procédure n'est pas suivie correctement, l'équipement peut être endommagé. Ne continuez pas après avoir rencontré le symbole CAUTION tant que vous n'avez pas parfaitement compris et respecté les conditions indiquées.

Tableau 2 : Les fonctions et commandes du panneau

Numéro	Article	Description
1	Voltage control	Codeur haute résolution pour régler la tension de sortie permet également les niveaux OVP/UVL
2	Voltage indicator	Un voyant vert s'allume en mode opération (Indicateur de tension)
3	Voltage display	Affichage de la valeur de tension
4	Current display	Affichage de la valeur de courant
5	Current indicator	Un voyant vert s'allume en mode opération (Indicateur de courant)
6	Current control	Codeur haute résolution pour régler le courant de sortie permet également les niveaux OVP/UVL
7	Out button	Activer la sortie
8	Out indicator	Un voyant vert lorsque la sortie est activée
9	REM/LOC button	Aller a la presse REM/LOC local pour mettre l'appareil en local (REM/LOCK)est désactivée en mode de verrouillage local
10	REM/LOC indicator	L' appareil en mode distant (voyant vert)
11	FOLD button	<ul style="list-style-type: none">• Protection.• Libérer repli événement d'alarme, réarmer la protection.• Annuler la protection.
12	FOLD indicator	Voyant vert indique le mode protection
13	OVP/UVL button	<ul style="list-style-type: none">• La 1^{ère} presse c'est pour mettre la protection contre les surtensions utilisent une tension codeur.• La 2^{ème} presse c'est pour mettre en dessous de la limite de tension utilisent une tension codeur.
14	PREV/button	Affichage de la tension de sortie et réglage de limite de courant dans 5s
15	PREV indicator	Un voyant vert indique le bouton PREV est pressé
16	FINE BUTTON	Permet de régler la tension avec une résolution inférieure
17	FINE indicator	Un voyant vert indique le mode FINE
18	ALARM indicator	Un voyant rouge clignote en cas de détection de défaut
19	AC power switch	La mise en marche/arrêt de contrôle

Résumé

Aujourd'hui l'évolution et la sécurité des entreprises ont engendré de nouvelles formes d'organisation. Dans ce contexte, la spécialité ingénierie a pour mission d'étudier et d'améliorer les conditions de travail et d'en assurer la mise en œuvre et le bien-être des salariés.

Cette étude aura pour résultat des propositions d'amélioration et des recommandations qu'Alstom Transport pourra appliquer pour optimiser le temps des opérations de maintenance, et éliminer les risques.

Pour atteindre cet objectif, nous avons proposé des solutions pratiques, outils électrotechniques et enfin nous avons réalisé des alimentations externes pour certains équipements du tramway dans le but de sécuriser les opérations préventives et de minimiser le temps d'exécution des travaux de maintenance.

Le plan de maintenance exige :

- Une vérification de l'étalonnage de l'indicateur de vitesse chaque fois que le tramway parcourt 60000 Km.
- Une visite préventive pour le compresseur de sablage chaque fois que le tramway parcourt 30000 Km.
- Un test préventif de la centrale hydraulique chaque fois le tramway parcourt 60000 Km.

Les opérations de maintenance préventive sur le compresseur de sablage et la centrale hydraulique nécessitent une déconsignation de l'énergie (présence d'énergie), hors selon les règles de sécurité ALSTOM nous ne devons pas travailler en fosse lorsque le tramway est énergisé, d'où la nécessité de mettre en place des alimentations externes pour ces équipements. Actuellement ces interventions sur ces équipements s'effectuent sous une dérogation.

L'énergisation du tramway s'effectue en premier lieu sur une armoire haute tension qu'alimente la ligne aérienne de contact, ensuite au niveau de la cabine conducteur, hors ces équipements en question se trouvent vers l'extérieur, cela explique le temps logistique important de préparation et dé-préparation (mise sous tension et mise hors tension) de la rame.



Sur le lieu de travail, il y a présence de coactivités, et donc le faite de déconsigner toute la rame, il y a risque d'arrêter d'autres opérations sur d'autres équipements. Cela influencera directement sur la mise à disposition des rames.