

La motorisation de ce télésiège se situe à l'arrivée de la remontée, c'est à dire en amont. En aval, au point de départ du télésiège, seule une poulie de renvoi est installée.

Cette remontée est prévue pour fonctionner toute l'année compte tenu de l'altitude à laquelle elle se situe (ski d'hiver et d'été).

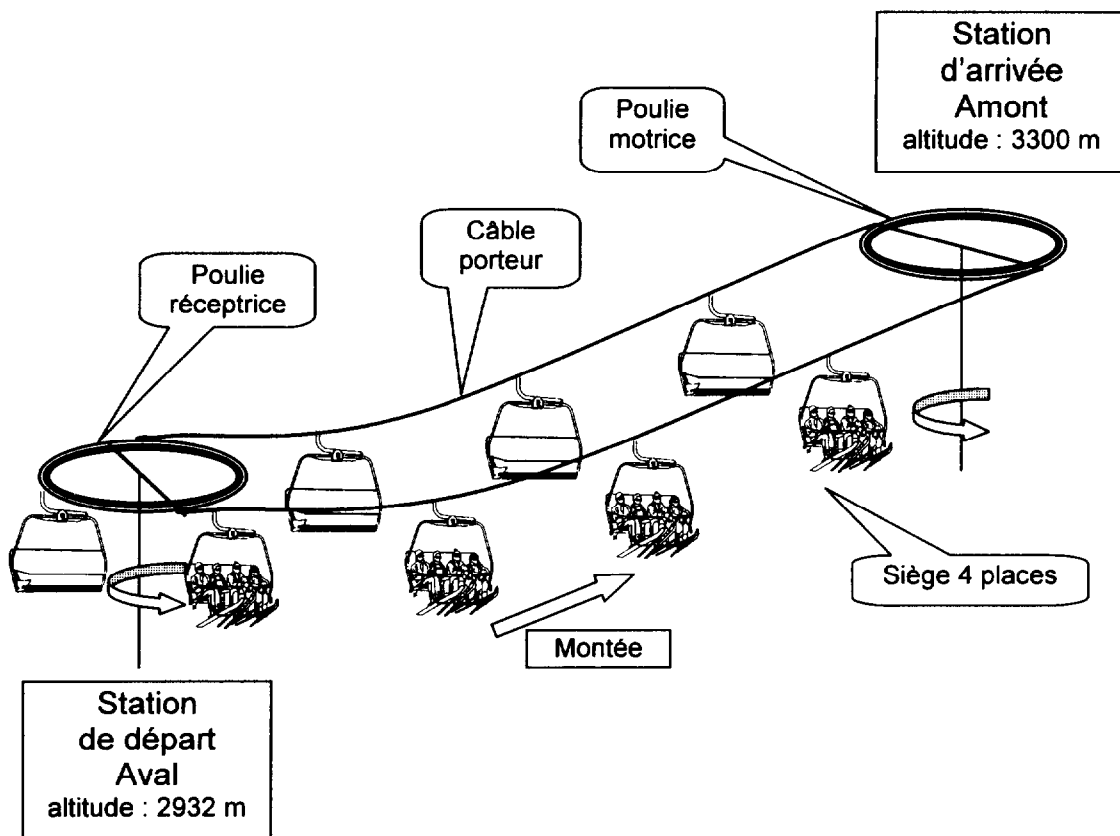
Le fonctionnement normal de la remontée est prévu pour remonter les skieurs, mais dans certains cas, on peut prévoir la descente de ceux-ci dans les cas de passagers-piétons, de descente de matériel, etc. ...

Alimentation en énergie :

Le télésiège est entraîné grâce à un moteur électrique de type asynchrone. La station se situant loin de tout réseau, l'alimentation de l'ensemble se fait par groupe électrogène.

En cas de panne du groupe électrogène, un moteur thermique prend le relais et remplacera le moteur électrique. Dans cette situation la vitesse des sièges sera en mode fonctionnement '**secours**'.

Schéma de principe :



Données techniques retenues pour l'étude :

| | | | |
|--|---------|------|-------------------|
| Vitesse principale des sièges (et du câble) | : V_1 | 2,3 | $m.s^{-1}$ |
| Vitesse de secours des sièges (et du câble) | : V_2 | 1,1 | $m.s^{-1}$ |
| Débit | : Q | 1600 | personnes / heure |
| Altitude station de départ | : H_d | 2932 | m |
| Altitude station d'arrivée | : H_a | 3300 | m |
| Longueur du câble | : L | 1946 | m |
| Espace entre chaque siège | : l | 20,7 | m |
| Masse d'une nacelle | : M_n | 160 | kg |
| Masse d'un passager | : M_p | 80 | kg |
| Masse du câble | : M_c | 5,74 | $kg.m^{-1}$ |
| Accélération de la pesanteur | : g | 9,81 | $m.s^{-2}$ |

Questionnement

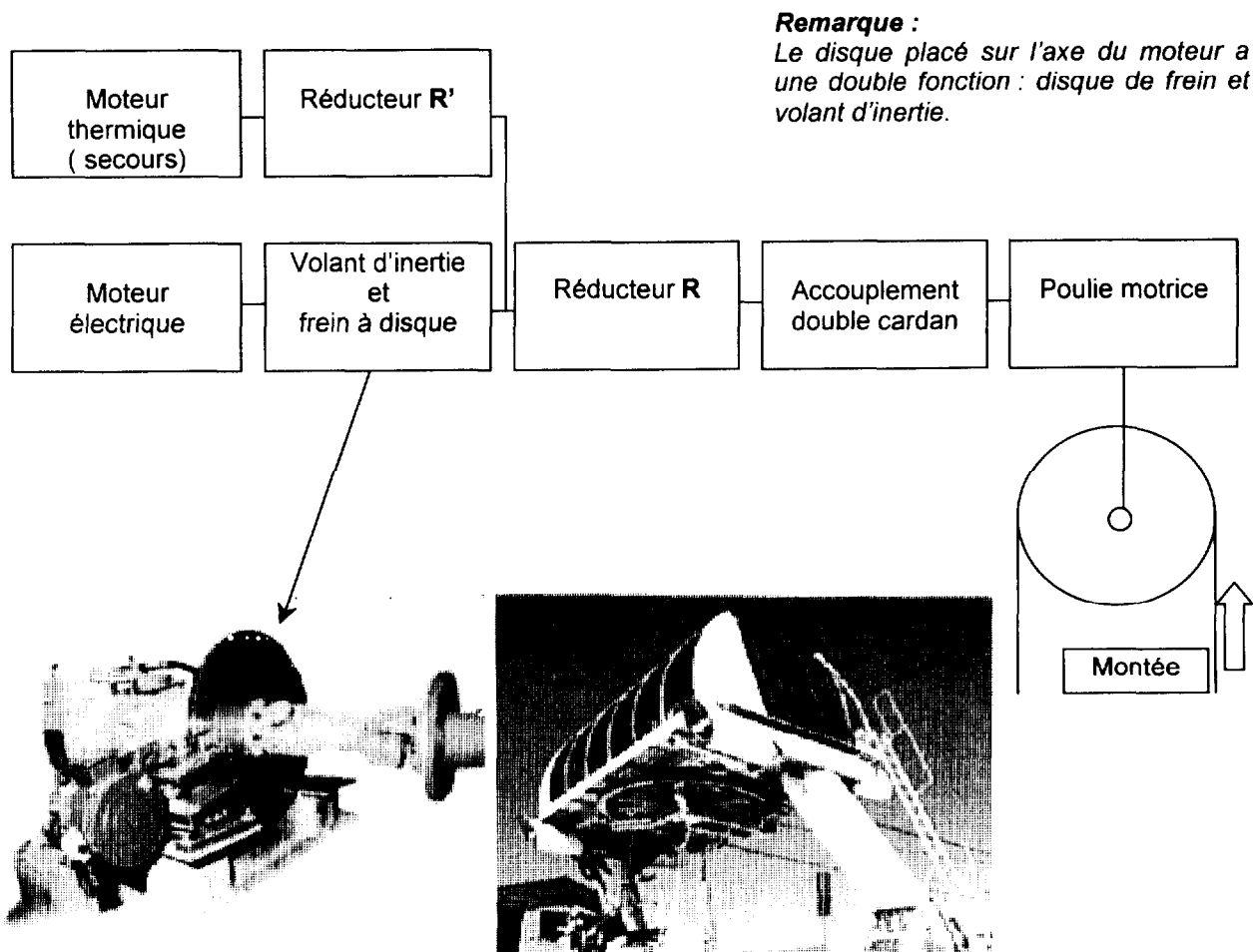
Partie A : Etude de la motorisation du télésiège

A1. Estimation de la puissance à fournir à la poulie motrice

- QA-11 : Calculer le nombre de sièges (N_s) présents sur cette remontée mécanique. En déduire le nombre de sièges montant.
- QA-12 : Calculer le temps de montée (T_m) pour un passager exprimé en seconde et en minute en fonctionnement normal.
- QA-13 : Dans le cas où la remontée serait chargée à 100 % de sièges montant et 0 % de sièges descendant, calculer le travail à fournir à la poulie (W) pour élever ces personnes présentes sur ce télésiège en fonctionnement normal.
- QA-14 : En déduire la puissance à fournir (P) pour élever ces personnes présentes sur ce télésiège.

A2. Motorisation de la poulie amont

Schéma structurel de la partie opérative



Données :

| | | | |
|---|---------------|--------|------------|
| Vitesse principale des sièges (du câble) | : V_1 | 2,3 | $m.s^{-1}$ |
| Vitesse de secours des sièges (du câble) | : V_2 | 1,1 | $m.s^{-1}$ |
| Diamètre poulie motrice | : D_p | 4 | m |
| Réducteur R (vitesse $_{moteur}$ / vitesse $_{sortie}$) | : k | 114,55 | |
| Rendement réducteur R | : η_R | 0,96 | |
| Inertie du volant d'inertie sur l'axe moteur | : J_{eq} | 15 | $kg.m^2$ |
| Inertie du rotor sur l'axe moteur | : J_m | 8,2 | $kg.m^2$ |
| Réducteur R' (vitesse $_{moteur}$ / vitesse $_{sortie}$) | : k' | 3,37 | |
| Rendement réducteur R' | : $\eta_{R'}$ | 0,96 | |
| Tension câble <i>tendu</i> en montée | : T | 88 000 | N |
| Tension câble <i>mou</i> en descente | : t | 25 000 | N |
| L'accélération supportée par les passagers | : a | 0,5 | $m.s^{-2}$ |

Dans cette première approche , nous voulons évaluer le couple et la vitesse du moteur électrique ainsi que la vitesse du moteur thermique en régime permanent.

- QA-21 : Dans le cas d'utilisation du **moteur thermique**, calculer la valeur absolue de la fréquence de rotation maximale du moteur thermique en $tr.min^{-1}$ notée $N_{mot\ therm}$.
- QA-22 : Dans le cas d'une utilisation du **moteur électrique (utilisation normale)**, calculer la valeur absolue de la fréquence de rotation maximale du moteur électrique en $tr.min^{-1}$ notée $N_{mot\ élect}$.
- QA-23 : A partir des données techniques du câble, calculer le couple à fournir (C_p / $I_{axe\ poulie}$) à la poulie motrice en régime permanent exprimé sur l'axe poulie motrice.
- QA-24 : Calculer le couple à fournir (C_p / $I_{axe\ moteur\ électrique}$) à la poulie motrice en régime permanent 'ramené' sur l'axe moteur électrique.

Dans cette deuxième approche, nous voulons évaluer le couple et la vitesse du moteur électrique en régime transitoire (démarrage ou redémarrage), la durée du démarrage après un arrêt d'urgence par exemple.

Hypothèse : On se place dans le cas où la remontée mécanique serait chargée à 100 % de sièges montant et 0 % de sièges descendant.

- QA-25 : Calculer la masse de la ligne *montante* (M) en tenant compte de la masse du câble et des nacelles chargées de ses passagers.
- QA-26 : Calculer la masse de la ligne *descendante* (M') en tenant compte de la masse du câble et des nacelles vides.
- QA-27 : Appliquer le principe fondamental de la dynamique exprimé sur l'axe moteur afin de déterminer le couple de démarrage que devra fournir le moteur électrique, noté $C_{dém/axe\ moteur}$.
- Remarque : les inerties des poulies motrice et réceptrice seront négligées
- QA-28 : Calculer la durée de démarrage notée t pour atteindre la vitesse principale des sièges.

A3. Détermination du moteur

Le choix du moteur se fait dans la gamme ABB. On privilégie les critères d'économie d'énergie en vitesse variable, ainsi que de coût d'investissement, sans tenir compte des critères de poids. Pour cette question on prendra les valeurs suivantes :

- Couple permanent maximum : 1050 Nm
- Couple pendant le démarrage : 2100 Nm
- Durée de démarrage : 8s
- Nombre de démarrages : 10 / heure
- Vitesse nominale : 1300 tr.mn⁻¹
- Température ambiante 40°C

QA-31 : A l'aide du document technique fourni en page 14, déterminer le couple équivalent thermique C_{et} du moteur.

QA-32 : Après avoir indiqué les critères les plus déterminants dans le choix du moteur et leurs valeurs, donner le type du moteur.

A4. Choix du variateur

Dans cette partie, le moteur a été choisi en prenant un coefficient de sécurité. Il s'agit du moteur M2BA 355 SMA 4 de 315 kW.

QA-41 : Après avoir indiqué les critères les plus déterminants et leurs valeurs, choisir le variateur le mieux adapté à cette machine sans tenir compte de l'altitude dans la famille ACS.600 de marque ABB.

QA-42 : Vérifier ce choix en tenant compte de l'altitude. Dans le cas où le variateur ne convient plus, donner la nouvelle référence et la valider par un nouveau calcul.

A5. Schéma

Le variateur sera piloté dans l'installation par un automate programmable industriel (API). Le cahier des charges est le suivant :

- Pilotage de la vitesse du variateur par la sortie analogique de l'API
- La validation du démarrage se fera par la sortie TOR « **S2** » de l'API
- Le sens de rotation sera commandé par la sortie TOR « **S3** » de l'API
- Le retour d'information **variateur prêt** sera effectué par la sortie « **relais1** » du variateur câblée sur l'entrée « **E1** » de l'API
- Le retour d'information **marche** sera effectué par la sortie « **relais2** » du variateur câblée sur l'entrée « **E2** » de l'API
- Le retour d'information **défaut variateur** sera effectué par la sortie « **relais3** » du variateur. Il est demandé que cette information soit envoyée sur l'entrée « **E3** » de l'API et qu'un voyant alimenté en 24V AC indique directement la présence du défaut variateur. Il est donc nécessaire de relayer la sortie du variateur, ce qui sera fait en 24VAC.

QA-51 : A l'aide des documents techniques, compléter le schéma de commande du variateur ACS600.

Partie B : Freinage d'arrêt

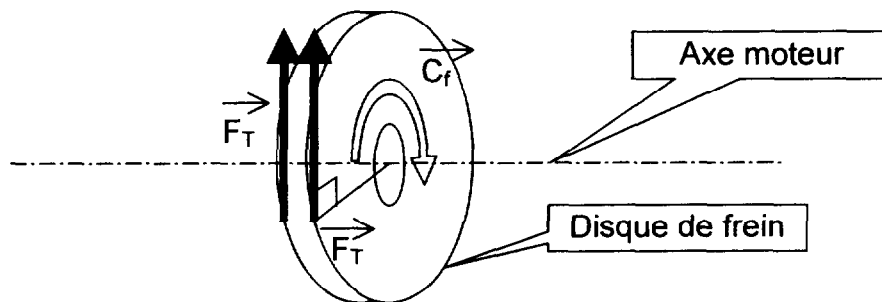
Voir *cahier technique , document 1 et 2*

Le freinage d'arrêt normal et de maintien est réalisé par un frein à disque placé sur l'axe du moteur. Les deux plaquettes de freinage ou patins repère 4 agissent sur le disque de frein repère 5, qui est solidaire de la ligne d'arbre du groupe moteur. L'effort de freinage est développé grâce à un empilage de 12 rondelles ressorts repère 6. L'alimentation en énergie de l'électro-aimant permet de libérer le freinage, donc de comprimer les rondelles ressorts. En cas d'absence d'énergie électrique l'électro-aimant n'est donc plus alimenté, le freinage s'effectue.

Dans cette partie nous voulons choisir les rondelles élastiques pour effectuer le freinage optimal.

Données :

| | | | |
|--|-------|-------------------|----------------|
| Vitesse principale des sièges (et du câble) | : 2,3 | m.s ⁻¹ | V ₁ |
| Couple de freinage admissible | : 250 | m.daN | C _f |
| Diamètre du disque de frein à l'axe des patins | : 690 | mm | D _f |
| Coefficient de frottement patin/disque | : 0,3 | | f ₀ |



- QB-1 : Calculer l'effort tangentiel F_T exercé par le disque de frein sur un patin.
- QB-2 : Calculer l'effort normal F_N à appliquer sur **chaque patin** pour obtenir le freinage souhaité.
- QB-3 : Déterminer l'action mécanique que devront exercer les rondelles élastiques sur la mâchoire repère 2.
Isoler l'ensemble **mâchoire et patin**. Résoudre analytiquement.

Hypothèses :

La force F_N appliquée au point B est d'intensité 1 200 daN

Action de la pesanteur négligée

Liaisons parfaites, sans jeu

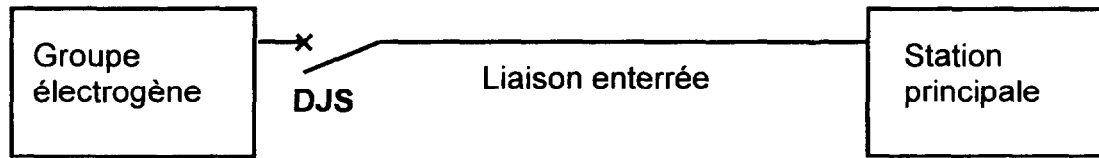
Frottement négligé sauf en B

Etude réalisée dans le plan du croquis document 2 du cahier technique

- QB-4 : Les rondelles élastiques sont montées *en série*. Justifier ce choix par rapport au montage *en parallèle* ou *mixte*. Si besoin, expliciter votre réponse par un croquis.
- QB-5 : Choisir la référence des 12 rondelles élastiques pour obtenir au moins un effort de **850 daN** lorsque que celles-ci sont empilées et comprimées à 0,5 fois de leur hauteur.
Déterminer l'écrasement 'f' de chacune des rondelles dans ce cas.
Déterminer l'écrasement total 'f_{total}' de l'empilage des rondelles.

Partie C : Alimentation en énergie

On s'intéresse dans cette partie à l'alimentation en énergie de la station amont par un groupe électrogène à travers des conducteurs disposés en caniveau.



Caractéristiques de la liaison :

- Longueur 100 m
- Conducteurs unipolaires en cuivre
- Section maximum 150 mm² par conducteur
- Symétrie des conducteurs non respectée
- Isolant PR
- Le terrain peut être considéré comme humide (enneigement)
- La température du sol ne dépasse pas 10°C en raison de l'altitude

Caractéristiques du groupe électrogène :

- Marque CATERPILAR
- Puissance 410 kVA 328 kW 400 V 50 Hz
- Les réactances et résistances de l'alternateur ne sont pas connues ; toutefois on supposera que la réactance transitoire X'_d est égal à 30%.

Caractéristiques de la station amont :

- Moteur M2BA 355 SMA 4 de 315 kW alimenté par un variateur ACS 607-0490-3 (On considère que le moteur n'est jamais chargé à plus de 280 kW de puissance utile.)
- L'ensemble des circuits auxiliaires consomme 20 kVA avec un facteur de puissance de 0,8.
- La protection des personnes est assurée en régime TNS par coupure au premier défaut.

C1. Bilan de puissance

On désire dans cette partie valider le choix de la puissance du groupe électrogène.

QC-11 : En tenant compte des rendements au niveau du moteur et du variateur, déterminer la puissance active P et la puissance apparente S nécessaire au fonctionnement de la station amont, ainsi que le courant en ligne.

Nb : On prendra le cas le plus défavorable pour ce qui concerne le facteur de puissance du variateur.

Pour la suite on prendra un courant en ligne de 450 A.

QC-12 : Sachant que les variateurs de la famille ACS 600 comportent un pont à 6 diodes en entrée, indiquer les principales harmoniques de courant, de rang inférieur à 10, produites par ce type de récepteur.

En déduire l'importance des courants harmoniques circulant dans le conducteur neutre de la liaison par rapport aux courants dans les phases (donner une estimation : moins de 2%, environ 5%, plus de 10%) ainsi que leur(s) fréquence(s) éventuelles.

C2. Choix des conducteurs

On considèrera le neutre peu chargé.

QC-21 : A l'aide des documents techniques, déterminer la lettre de sélection, puis les coefficients de correction, et enfin le courant fictif $I'z$.

QC-22 : En déduire le nombre et la section des conducteurs nécessaires à la liaison principale. La section du neutre sera réduite autant qu'il est possible, après avoir apporté des justifications.

C3. Etude de la protection de la liaison principale

On se propose de choisir le disjoncteur placé en tête de la liaison principale.

QC-31 : Indiquer précisément le rôle joué par le disjoncteur de source DJS dans la protection des biens et des personnes.

QC-32 : Calcul du courant de court circuit.

A l'aide des documents techniques, établir la valeur du courant de court circuit triphasé aux bornes de l'alternateur.

QC-33 : Choix du disjoncteur.

En déduire le disjoncteur le mieux adapté dans la gamme compact NS, ainsi que son déclencheur.

Préciser les réglages à effectuer sur le déclencheur : long retard I_r , court retard I_m en tenant compte de la précision de réglage de celui-ci.

QC-34 : Protection des personnes.

Expliquer pourquoi on limite la longueur des câbles en schéma TN.

A l'aide des documents, vérifier si la protection des personnes est bien assurée.

Indiquer les dispositifs de protection des personnes recommandés en distribution terminale dans notre cas.

Partie D : Etude de la logique d'arrêt

Les dispositifs d'arrêt du télésiège sont au nombre de 3 :

- le moteur électrique agissant en récupération,
- le frein à disque disposé sur l'axe du moteur électrique appelé « freinA »,
- le frein agissant directement sur la poulie motrice portant le câble appelé « freinB ».

Les freins sont hydrauliques, commandés électriquement, du type à sécurité positive : une absence de pression hydraulique se traduit par un serrage des freins. La pression hydraulique est appliquée par l'intermédiaire d'électrovannes qui sont fermées au repos.

Le « freinA » est commandé par une électrovanne EVA.

Le « freinB » est commandé par 2 électrovannes : une électrovanne dite « lente » EVB1 permettant la mise en œuvre progressive du couple de freinage, et une autre dite « rapide » EVB2, permettant d'avoir le couple de freinage de façon immédiate.

Lorsque le télésiège est en mouvement, on distingue 2 types d'arrêt :

Arrêt type 1 : le ralentissement est assuré par la moteur électrique suivant une décélération programmée dans le variateur, puis à vitesse nulle le « freinA » est serré.

Arrêt type 2 : le ralentissement est assuré par le « freinB ». L'électrovanne lente est relâchée, puis après 10s, relâchement de l'électrovanne rapide.

Le système est conçu de façon à ce que les 2 freins n'agissent pas de concert, ce qui provoquerait une décélération trop brutale (sauf quant le système est au repos).

Sécurités

Contrôle du temps d'arrêt

Dans l'arrêt de type 1, le temps de ralentissement est surveillé : si l'arrêt par le variateur ne s'effectue pas dans le laps de temps prévu, on déclenche un arrêt par le « freinA ».

De même, dans l'arrêt de type 2, le temps de ralentissement est surveillé : si l'arrêt ne se produit pas dans le laps de temps prévu, on déclenche un arrêt par le « freinA ».

Contrôle du retour tachymétrique

Pour des raisons de sécurité, il existe 2 prises d'information vitesse par l'intermédiaire de 2 dynamos tachymétriques :

DT1 qui est placée sur l'axe du moteur électrique. Elle délivre 6 mV par tr.mn^{-1} et est raccordée à l'automate. Le mot correspondant est [RV1]. Celui-ci prend une valeur 1000 pour 1V.

DT2 qui est directement sur l'axe du treuil. Elle délivre 60 mV par tr.mn^{-1} et est raccordée à l'automate. Le mot correspondant est [RV2]. Comme pour la première entrée, celui-ci prend une valeur 1000 pour 1V.

A tous moments, on vérifie que l'écart entre les 2 informations n'excède pas 1% : la variable TOR VITOK est mise à 1 dans ce cas.

Contrôle de la tension de commande

La présence de la tension de commande est contrôlée par l'intermédiaire d'un relais KUC raccordé à l'automate.

Contrôle de la chaîne de sécurité

On considère dans cette partie qu'elle se ramène à un simple arrêt d'urgence ARU.

Variable de défaut

La variable DEF passe à 1 quand on a un arrêt d'urgence, ou absence de tension de commande, ou défaut de retour tachymètre.

D1. Elaboration du signal « VITOK »

Le suivi de la vitesse est assuré par 2 dynamos tachymétriques, comme explicité plus haut au paragraphe « sécurité ». Le bon état de ce suivi est contrôlé par la variable VITOK.

Travail demandé

QD-1 : Compléter sur le document réponse le réseau de contacts correspondant à l'élaboration de cette variable VITOK :

- mise à l'échelle des retours dans les mots [RVE1] et [RVE2]. Les valeurs numériques doivent être de 10 000 quand le moteur tourne à 1000 tr.mn^{-1} , ce qui correspond à une vitesse du treuil de $8,73 \text{ tr.mn}^{-1}$.
- calcul de la moyenne des 2 retours dans le mot [RV].
- calcul de l'écart absolu dans [EA] puis de sa valeur absolue dans [RVEA].
- calcul de l'écart relatif entre les 2 dynamos tachymètres par rapport à la valeur moyenne [RV] en % dans [RVR].
- VITOK = 1 si l'écart relatif est $< 1\%$.

D2. Etude de la gestion des freins

Cette partie a pour but de résoudre les différents types d'arrêts décrits ci-dessus. Elle sera résolue par un GRAFCET.

Description du fonctionnement

A l'état initial, les freins sont serrés. Les électrovannes sont au repos. Le desserrage des 2 freins est autorisé s'il n'y a pas de défaut, s'il n'y a pas d'arrêt d'urgence ni de demande d'arrêt et que l'opérateur demande la marche. Cet état de marche normale est signalé par la variable MAOK.

L'arrêt de type 1 sera déclenché suite à une demande d'arrêt. Le variateur exécute un ralentissement suite à la mise à 0 de la consigne vitesse par l'automate. Le relâchement du frein A se fera quand la vitesse sera nulle. Cette information est obtenue en calculant la moyenne des 2 retours tachymétriques. Toutefois, si au bout d'un temps $t_1 = 15 \text{ s}$ l'arrêt n'est pas obtenu, le relâchement du frein sera effectué tout de même et un klaxon sera enclenché. Il sera alors nécessaire d'acquitter le défaut pour reprendre la marche normale.

L'arrêt de type 2 peut être déclenché à tout moment quand la variable « défaut détecté » passe à 1 et doit être prioritaire sur l'arrêt de type 1. On relâche d'abord l'électrovanne lente puis au bout d'un temps $t_2 = 10 \text{ s}$ l'électrovanne rapide.

Travail demandé

QD-2 : Compléter le GRAFCET de gestion des freins point de vue système sur le document réponse.