

GESTION DE LA CABINE DU MONTE-CHARGE MC20

Dossier D

Ce dossier contient les documents suivants :

- Présentation générale :..... page D2.
- Travail demandé :..... pages D3 à D7.
- Documents réponses :..... pages D8 à D12.

Présentation

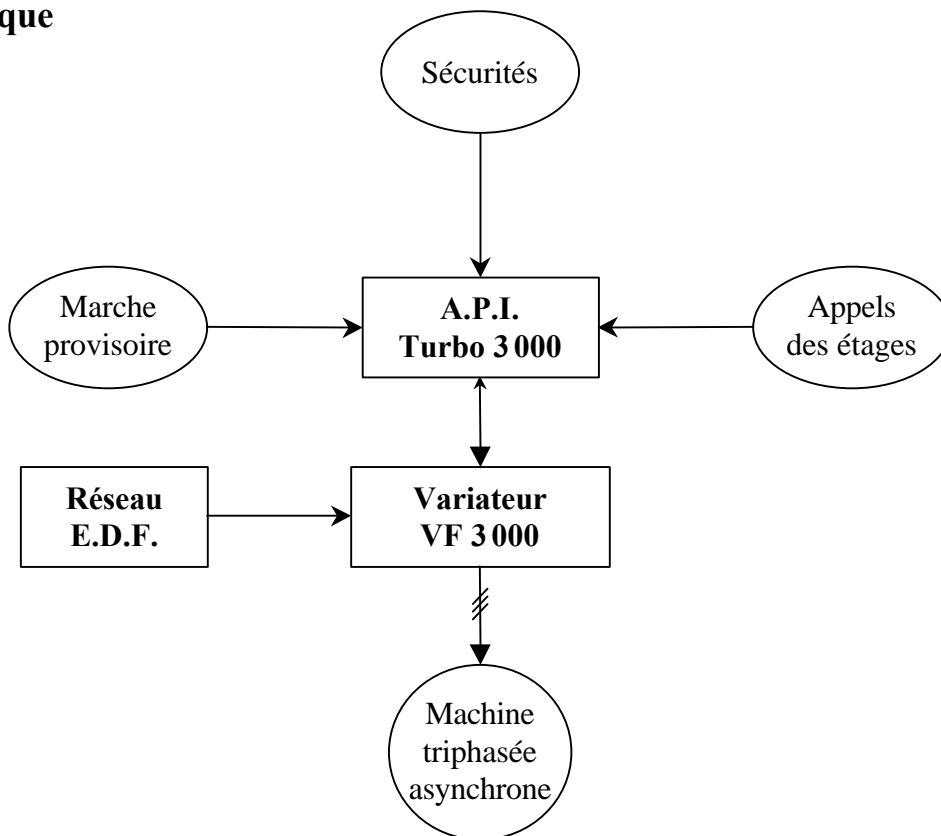
Notre étude va porter sur la gestion des mouvements de la cabine du monte-charge MC20. Comme tous les ascenseurs et monte-charge du stade, la motorisation est de type asynchrone.

La machine asynchrone est commandée par un variateur à Modulation de Largeur d'Impulsions (M.L.I.) associé à un automate.

Nous aborderons les contraintes de sécurité et les moyens mis en œuvre afin d'améliorer le confort des usagers.

**Ce dossier se décompose en 4 parties indépendantes.
Elles peuvent être traitées séparément.**

Synoptique

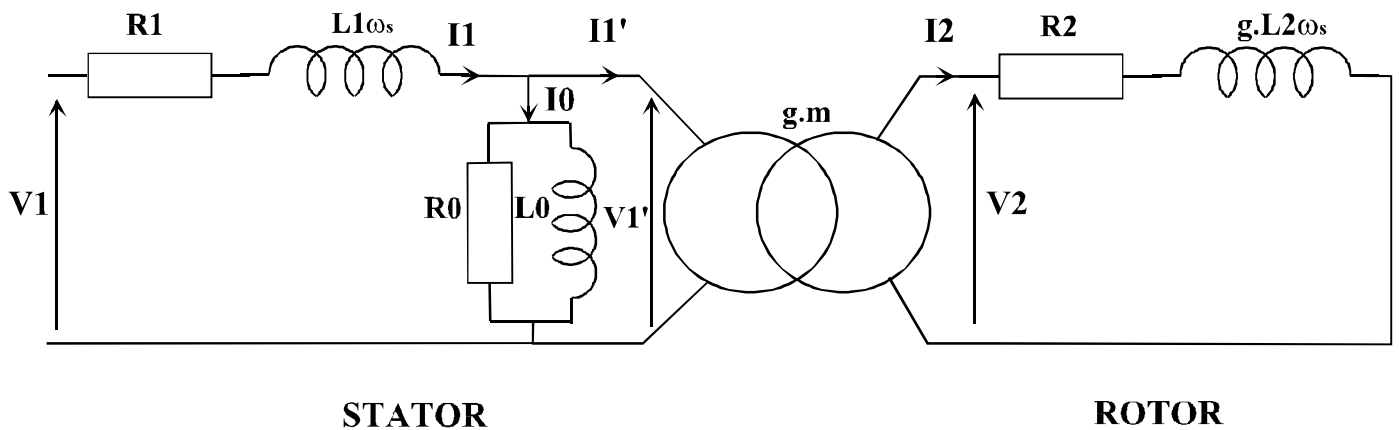


D1. Amélioration du confort des usagers du Monte-Charge

La motorisation du monte-charge MC20 est du type asynchrone triphasé à cages (encoches profondes). Ce moteur est associé à un variateur de vitesse électronique type MLI.

Le but de notre étude est de mettre en évidence que l'utilisation du moteur asynchrone avec contrôle de la caractéristique du couple en fonction de la variation de vitesse, permet d'éviter les à-coups pendant les phases de démarrage et de freinage de la cabine du monte-charge.

Schéma équivalent d'un enroulement d'un moteur asynchrone :



<p> V_1 : Tension aux bornes d'un enroulement statorique V_2 : Tension aux bornes du rotor $Z_1 (R_1, L_1\omega_s)$: Impédance d'un enroulement statorique R_0 : Résistance représentant les pertes fer. L_0 : Inductance magnétisante statorique $Z_2 (R_2, gL_2\omega_s)$: Impédance rotorique ramenée au stator. $g.m$: rapport de transformation de tension (Rotor / Stator) g : glissement = $\frac{\Omega_s - \Omega_{rotor}}{\Omega_s}$ $\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$ avec p : Nombre de paires de pôles ω_s : Pulsation des courants statorique ($\omega_s = 2\pi.f$) </p>
--

- D1.1** D'après le schéma équivalent, donner l'expression de la puissance au rotor, P_r , en fonction de V_2 , I_2 et $\cos\varphi_2$, pour les **trois** enroulements de la machine.
- D1.2** Donner l'expression de $\cos\varphi_2$ en fonction de R_2 , $g.L_2.\omega_s$.
- D1.3** On néglige l'impédance d'un enroulement statorique. Que peut-on dire des tensions V_1 et V_1' . Justifier.
- D1.4** Donner alors l'expression de V_2 en fonction de V_1 et du rapport de transformation.
- D1.5** Donner l'expression de I_2 en fonction de V_1 , R_2 , $g.L_2.\omega_s$ et du rapport de transformation.

D1.6 Remplacer I_2 , V_2 et $\cos \varphi_2$ dans l'expression de P_r et simplifier.

D1.7 On donne l'expression du couple au rotor $C_r = \frac{P_r}{g \cdot \Omega_s}$.

Démontrer que C_r peut s'écrire $3 \cdot m^2 \cdot V_1^2 \cdot \frac{p}{\omega_s} \cdot \frac{g \cdot R_2}{R_2^2 + (g \cdot L_2 \cdot \omega_s)^2}$

D1.8 Pour travailler à couple maximum $C_{r_{\max}}$, il faut que le terme $\frac{R_2}{\frac{R_2^2}{g} + g \cdot (L_2 \cdot \omega_s)^2}$ soit

maximum. On montre que : $\frac{R_2^2}{g} = g \cdot (L_2 \cdot \omega_s)^2$

Dans ce cas, donner l'expression de R_2 , puis remplacer dans l'expression du couple C_r .

D1.9 Démontrer alors $C_{r_{\max}} = K \cdot \left(\frac{V_1}{f}\right)^2$. Définir la constante K .

Cette démonstration met en évidence que le couple maximum dépend du rapport $\frac{V_s}{f}$. Si ce rapport est maintenu constant, la caractéristique du couple se déplace horizontalement en suivant la variation de la fréquence de rotation, le couple maximum pouvant être disponible tout au long de ce déplacement, et ce, dans les limites de fonctionnement de la machine, des caractéristiques du réseau et de divers paramètres.

D1.10 Sur le document réponse DR D1, on a tracé une partie de la caractéristique « nominale » du moteur $\frac{C}{C_n} = f\left(\frac{N}{N_s}\right)$ du monte-charge MC20, pour $V_1 = U = 400$ V par enroulement statorique et $f = 50$ Hz. On précise $C_n = 28$ Nm, $N_n = 1488$ tr/min.

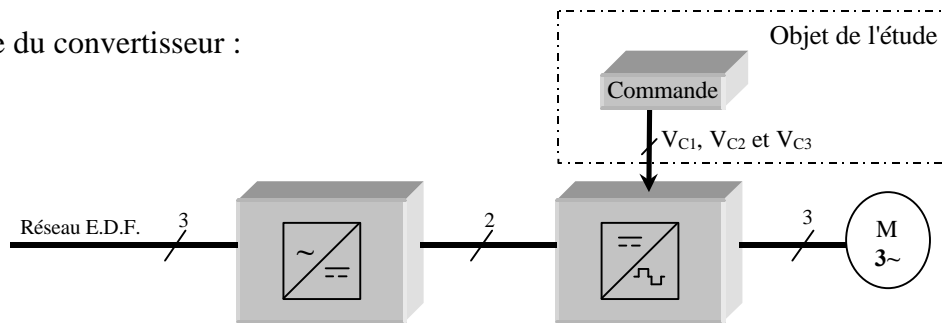
a) Calculer K .

b) Pour un rapport $\frac{V_1}{f} = \text{cste}$, tracer pour $N = 0,75 \cdot N_s$ et $N = 0,5 \cdot N_s$, les nouvelles caractéristiques de couple. Indiquer dans chaque cas les valeurs N et C_{\max} .

c) Conclure sur l'intérêt de l'utilisation d'un moteur asynchrone avec une loi de commande en $\frac{V_1}{f} = \text{cste}$, et couple résistant constant.

D2. Mise en œuvre simplifiée de la Modulation de Largeur d Impulsion.

Structure du convertisseur :



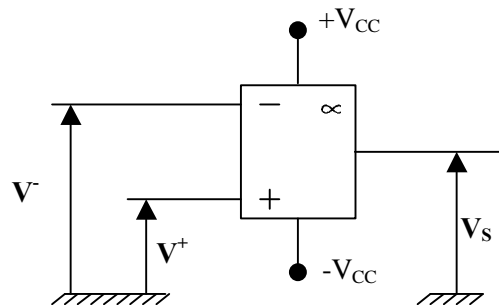
Dans le variateur, le commutateur MLI sinus est composé de 6 IGBT et 6 diodes de "roue libre". Ce pont onduleur a pour but de fournir au moteur un système de tension alternative triphasée d'amplitude et de fréquence variables. La variation de fréquence de la tension appliquée, au moteur est obtenue en faisant varier la fréquence des signaux de commande des IGBT.

La mise en œuvre d'une régulation par Modulation de Largeur d'Impulsions est complexe. Nous n'aborderons ici que le principe de base.

Travail demandé

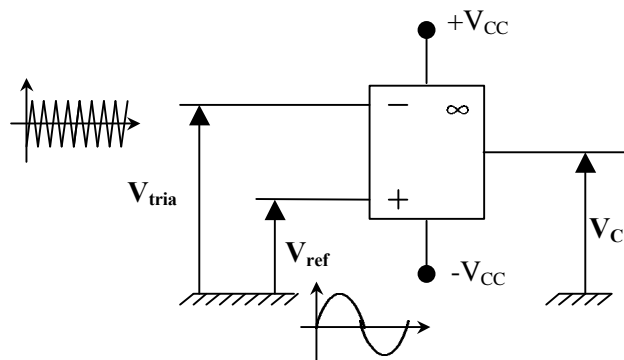
D2.1 Étude d'un montage comparateur.

D'après le schéma suivant, compléter le document réponse DR D2.1.



D2.2 En réalité, la tension de référence n'est plus un signal carré, mais une sinusoïde de fréquence f .

Compléter le document réponse DR D2.2.



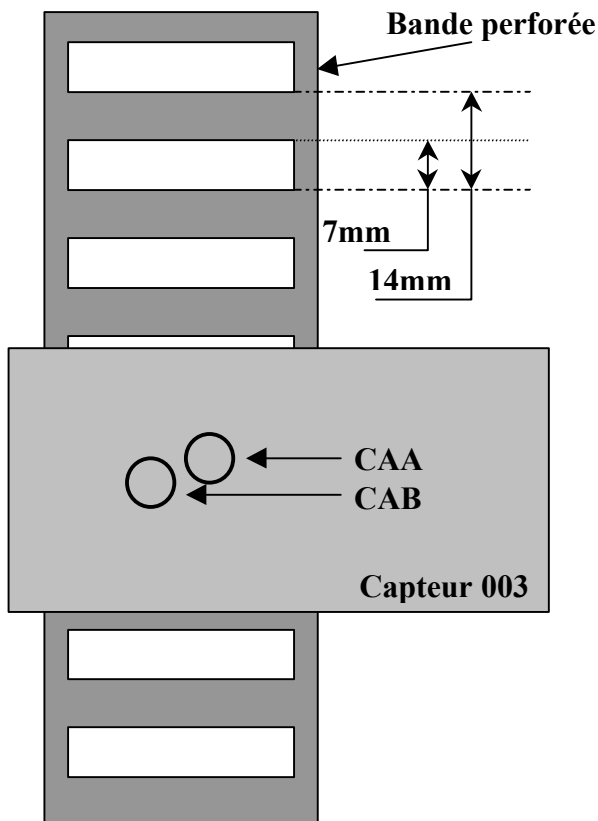
D2.3 Pour pouvoir commander une machine asynchrone, les signaux de commande V_{C1} , V_{C2} et V_{C3} doivent permettre de reconstituer un réseau triphasé.

Quelle particularité doivent avoir les signaux de référence pour satisfaire à cette exigence ?

D3. Étude du positionnement de la cabine

Le confort des personnes dépend de la précision à laquelle la cabine se positionne, et des distances d'accélération et décélération. Pour cela, un dispositif optoélectronique 2 voies a été placé sur la cabine, en regard d'une bande perforée tout du long de la course du monte-charge.

Dans cette partie, nous allons étudier la gestion du positionnement de la cabine grâce à ce lecteur incrémental qui permet de réguler la vitesse et d'avoir une bonne précision d'arrêt.



Capteur « 003 » :

Alimentation 24 V CC

CAA et CAB : Cellules photoélectriques en quadrature (déphasage 1/4 de période) permettant de doubler la résolution.

Gestion des fronts montants et descendants permettant de quadrupler la précision.

Cellules à l'état "1" lorsqu'elles reçoivent le faisceau lumineux.

Détection magnétique des étages.

Rappels des données mécaniques :

Course totale : 23260 mm

Vitesse de déplacement : $V = 1\text{ m/s}$

Étages : 0→1 : 6,33 m

1→2 : 3,43 m

2→3 : 2,43 m

3→5 : 7,02 m

5→6 : 3,87 m

- D3.1** Tracer sur le document réponse DR D3 l'allure des signaux V_{CAA} et V_{CAB} en descente à vitesse nominale (2 périodes), ainsi que le signal résultant de la gestion automate $V_g = V_{CAA} \oplus V_{CAB}$. Indiquer les fronts sur les signaux.
- D3.2** Calculer la précision globale du système P_G .
- D3.3** Calculer la résolution R_G du capteur en points par mètre (pts/m).
- D3.4** Calculer le nombre de points total à acquérir pour déplacer le monte-charge de l'étage 1 à l'étage 5.
- D3.5** Le cahier des charges impose le passage en petite vitesse (approche) à une distance de 162 cm. Déterminer le nombre de points à partir duquel, l'information du ralentissement sera donnée, pour un déplacement de l'étage 6 vers l'étage 5.

D4. Les sécurités

Un monte-charge est toujours équipé d'un système de sécurité servant à palier un défaut d'alimentation. Un frein à "manque de courant" joue son rôle s'il n'est pas alimenté. Ainsi pour le débloquer, il est nécessaire de le commander. Nous allons étudier la mise en œuvre de ce frein.

Durant les phases de maintenance, il est utile aux employés de pouvoir déplacer la cabine comme ils le souhaitent. Ainsi, avant toute intervention, une procédure doit être respectée. En voici un extrait :

Pour effectuer la marche provisoire « chantier », il est indispensable de rester sous le contrôle des sécurités mécaniques et électriques : régulateur de vitesse, parachute, bouton Stop à accrochage...

Procédure à suivre :

- Maintenir la platine Turbo 3000 (automate + variateur) sous tension,
- S'assurer qu'il y a bien du 110V AC entre 1S et CV,
- Câbler le contact NF du régulateur de vitesse entre 1S et 3S
- Câbler entre 4S et 6S le contact du parachute NF et le Bouton Stop NF,

- Raccordement à effectuer (à retirer à la mise en Service normale)

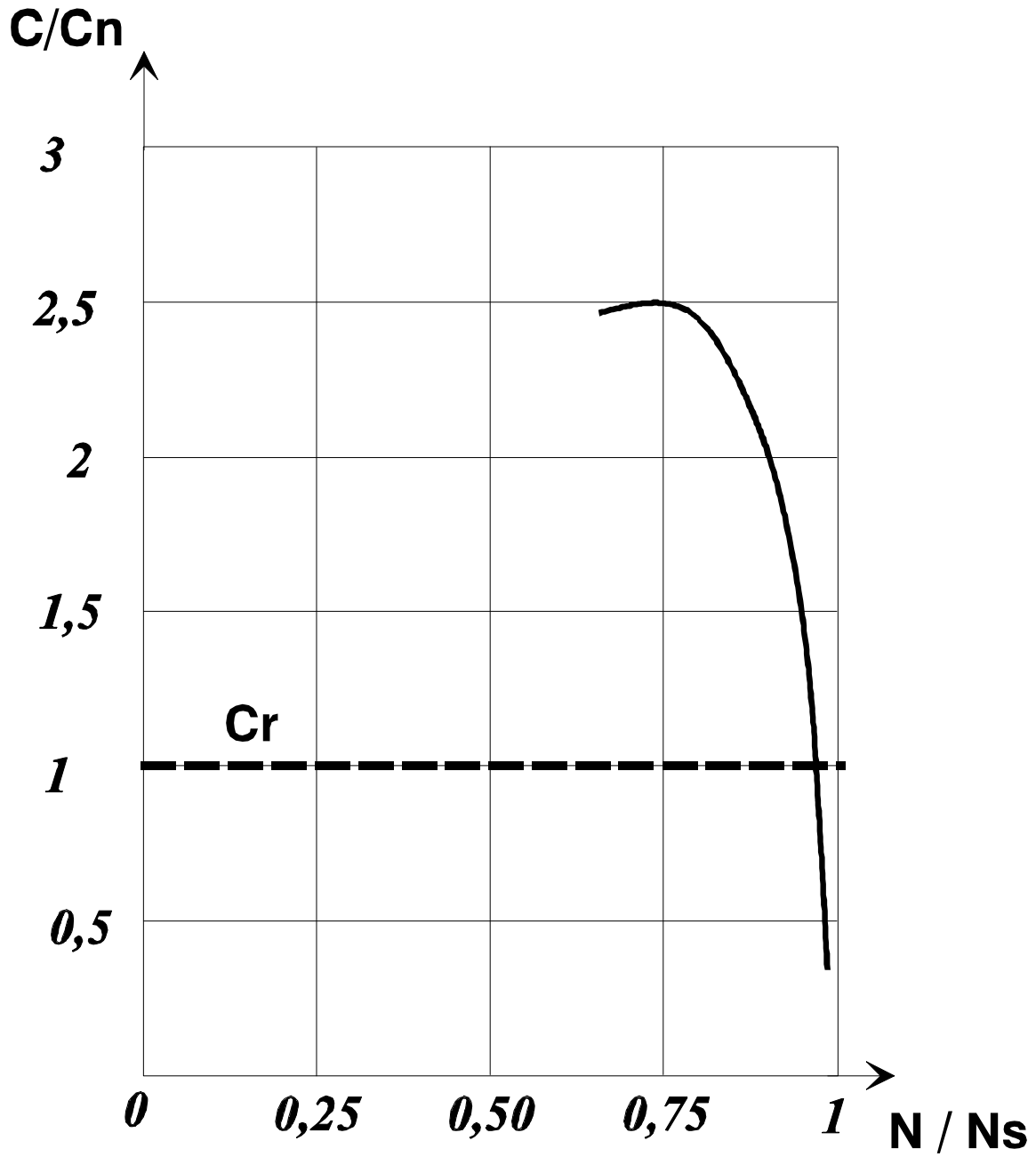
24V ⇔ EM ⇔ EB ⇔ CA ⇔ CB MU4 ⇔ STH 3S ⇔ 4S 6R ⇔ 8S ⇔ 10S

- Brancher les boutons poussoirs NO Montée (MO) et Descente (DE) respectivement entre MREV ⇔ MU4 et DREV ⇔ MU5

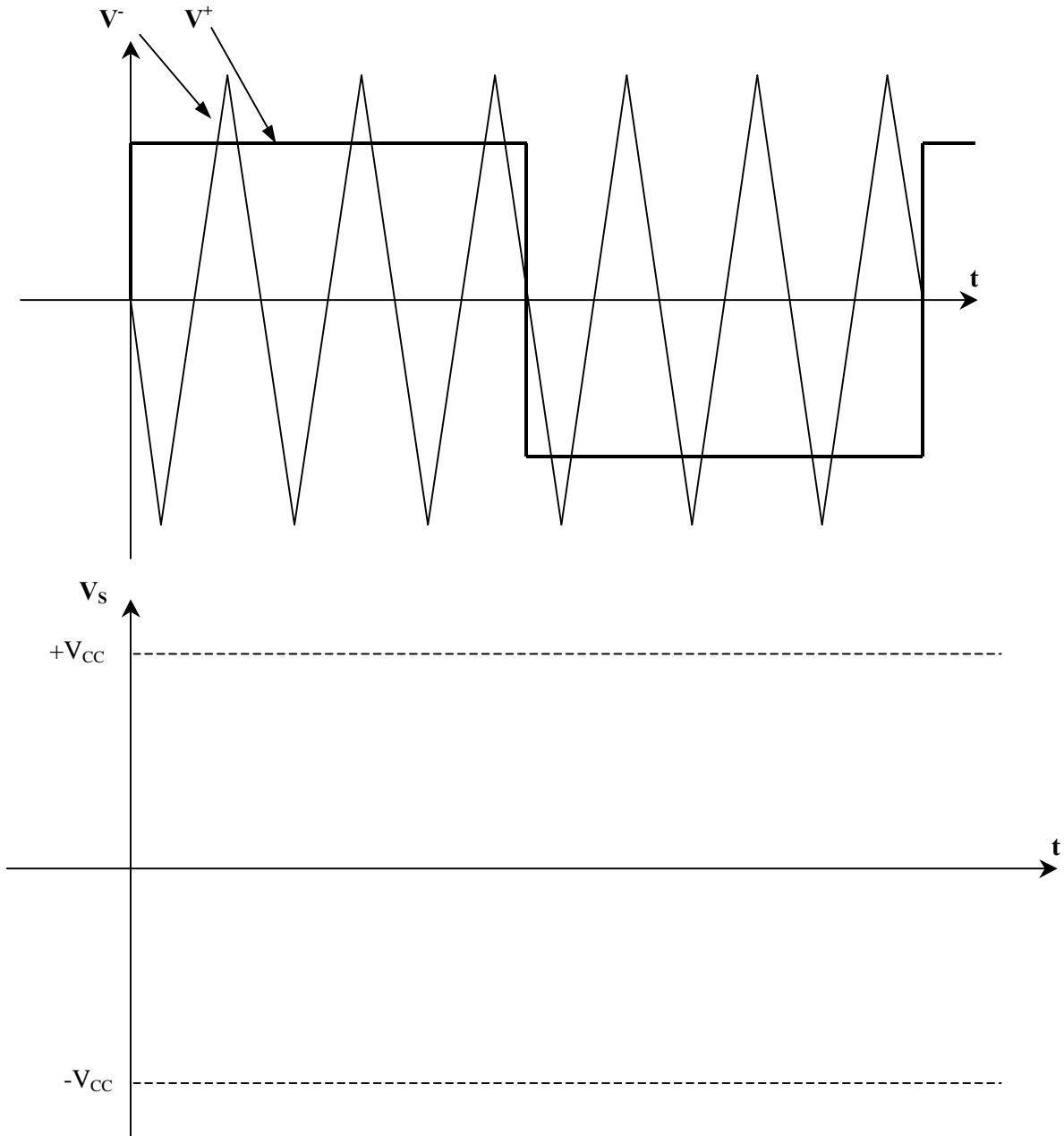
D4.1 En tenant compte de la procédure, complétez le schéma du document réponse DR D4.

D4.2 Est-il possible, lors du démarrage de la cabine, que le moteur soit alimenté alors que le frein retient le monte-charge ? Justifier votre réponse par rapport aux autorisations L et S.

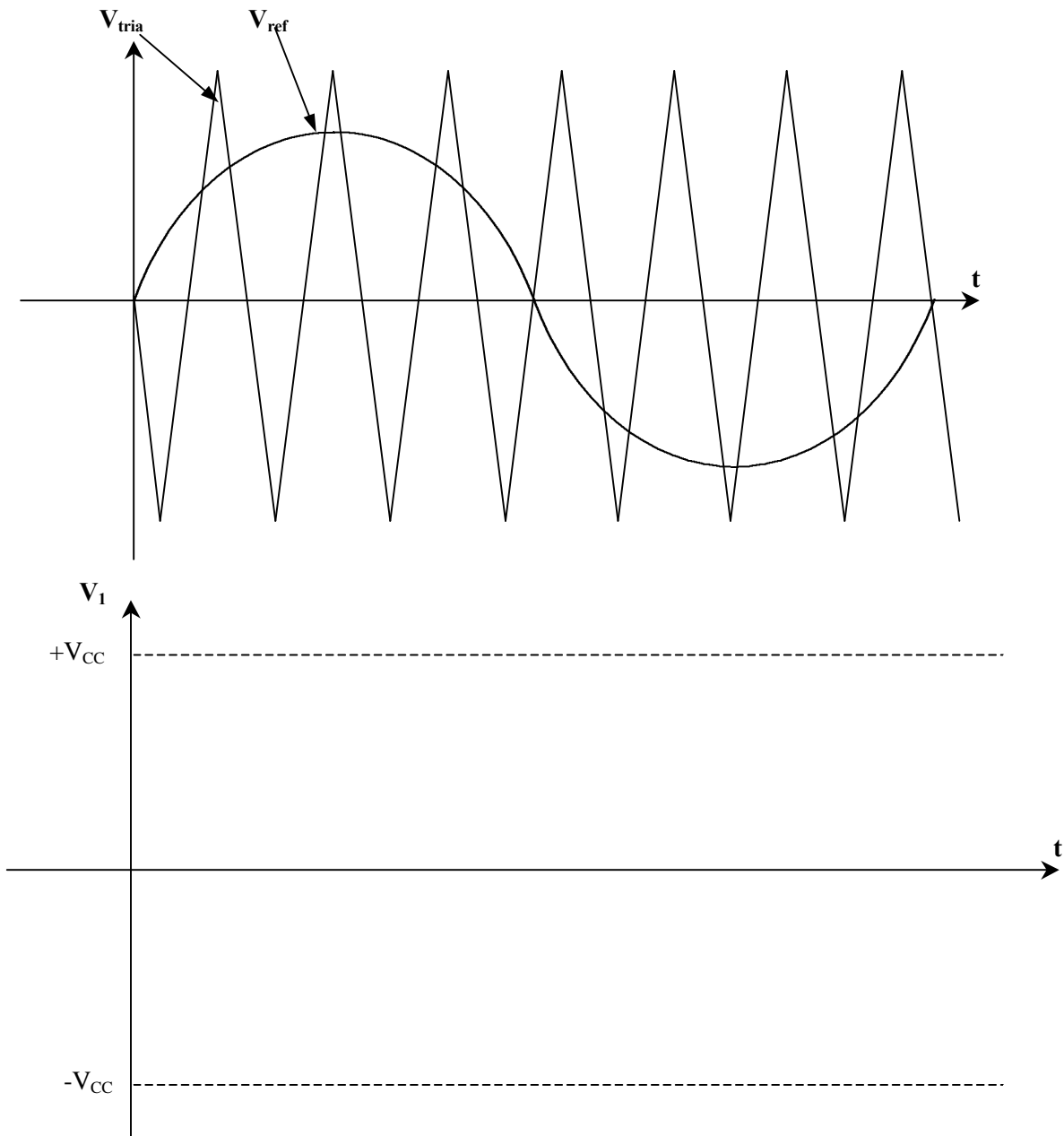
Document réponse DR D1



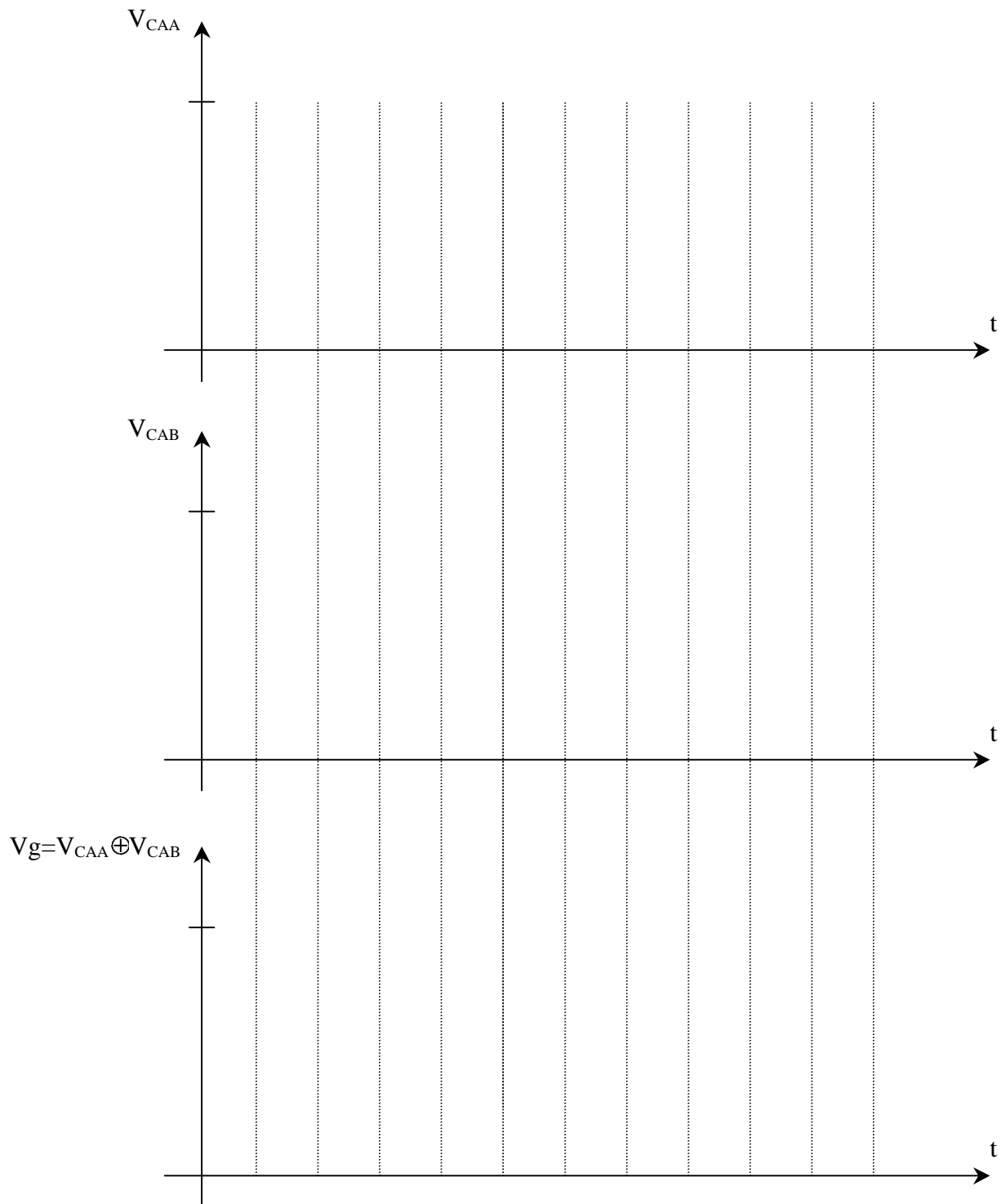
Document réponse DR D2.1



Document réponse DR D2.2

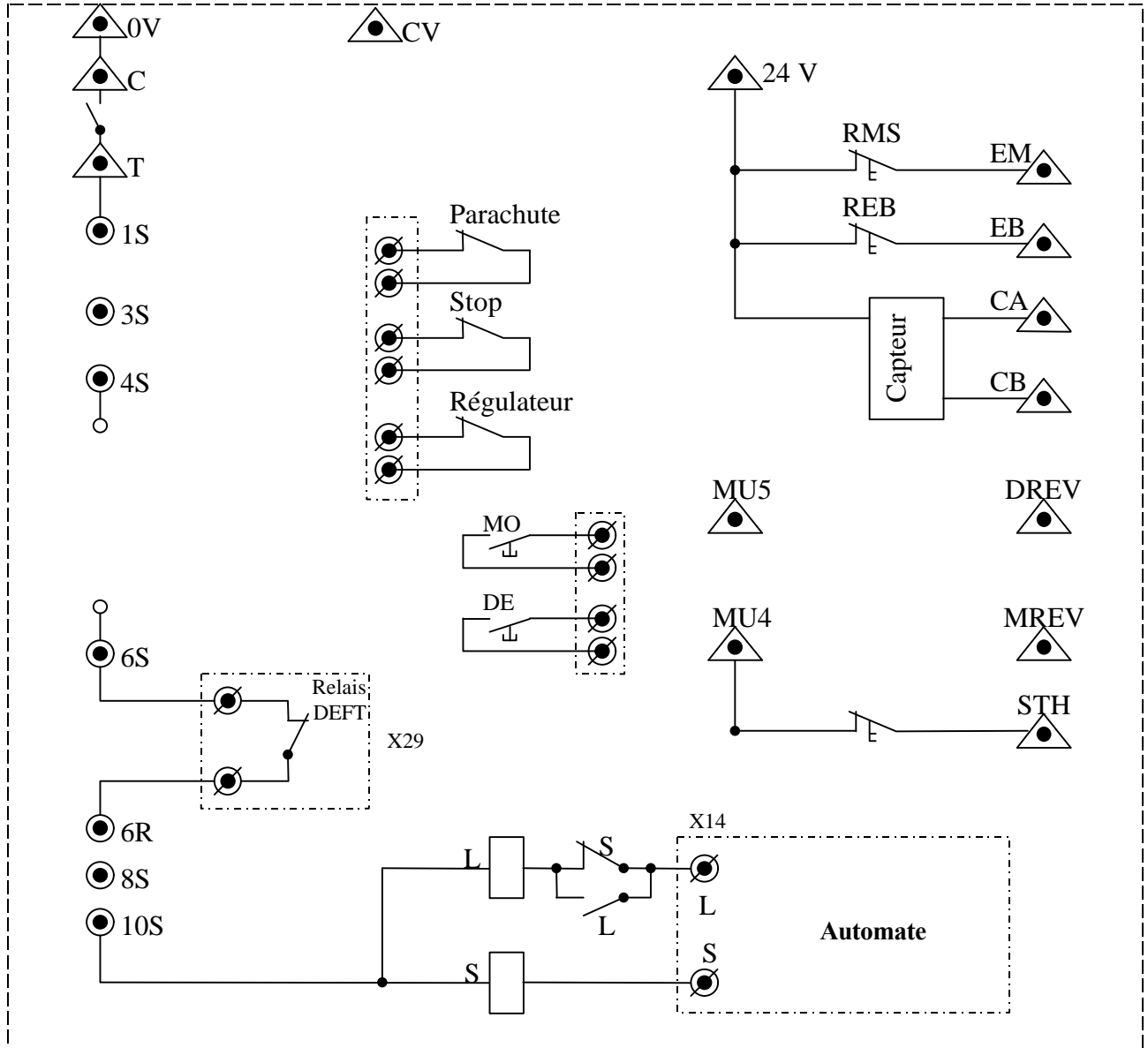


Document réponse DR D3



Document réponse DR D4

Schéma de raccordement de la platine Turbo 3000



- REB : Réglage et arrêt révision bas
- RMS : Réglage et arrêt révision haut
- : Bornier électromécanique
- △ : Bornier automate
- CA : Faisceau capteur supérieur
- CB : Faisceau capteur inférieur
- L : Autorisation d'alimentation du moteur
- S : Autorisation d'alimentation du frein

Eléments de correction

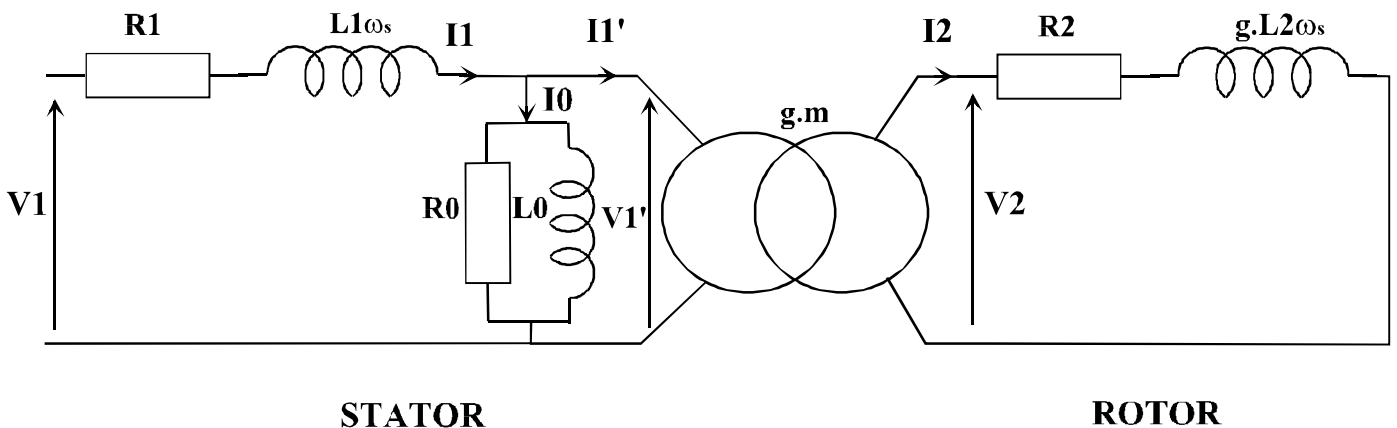
Partie D

D1. Amélioration du confort des usagers de l'ascenseur

La motorisation de l'ascenseur MC20 est du type asynchrone triphasé à cages (encoches profondes). Ce moteur est associé à un variateur de vitesse électronique type MLI.

Le but de notre étude est de mettre en évidence que l'utilisation du moteur asynchrone avec contrôle de la caractéristique du couple en fonction de la variation de vitesse, permet d'éviter les à coups pendant les phases de démarrage et de freinage de la cabine d'ascenseur.

Schéma équivalent d'un enroulement d'un moteur asynchrone :



<p>V_1 : Tension aux bornes d'un enroulement statorique</p> <p>V_2 : Tension aux bornes du rotor</p> <p>$Z_1 (R_1, L_1\omega_s)$: Impédance d'un enroulement statorique</p> <p>R_0 : Résistance représentant les pertes fer.</p> <p>L_0 : Inductance magnétisante statorique</p> <p>$Z_2 (R_2, gL_2\omega_s)$: Impédance rotorique ramenée au stator.</p> <p>$g.m$: rapport de transformation de tension (Rotor / Stator)</p> <p>g : glissement = $\frac{\Omega_s - \Omega_{rotor}}{\Omega_s}$</p> <p>$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$ avec p : Nombre de paires de pôles</p> <p>ω_s : Pulsation des courants statorique ($\omega_s = 2\pi.f$)</p>
--

D1.1 $Pr = 3.V2.I2.\cos \varphi_2$

D1.2 $\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}}$

D1.3 $V_1 = V_1'$ car la chute de tension due à $Z_1.I_1$ est négligée.

D1.4 $V_2 = m.g.V_1' = m.g.V_1$.

D1.5 $I_2 = \frac{V_2}{Z_2} = \frac{m.g.V_1}{\sqrt{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}}$

D1.6 $Pr = 3.(m.g.V_1)^2 \cdot \frac{m.g.V_1}{\sqrt{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}} \cdot \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}}$

$$Pr = 3.(m.g.V_1)^2 \cdot \frac{R_2}{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}$$

D1.7 On donne l'expression du couple au rotor $Cr = \frac{Pr}{g.\Omega s}$.

$$Cr = \frac{3.(m.g.V_1)^2 \cdot \frac{R_2}{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}}{g.\Omega s}$$

avec $\Omega s = \frac{\omega s}{p}$

$$Cr = 3.m^2.V_1^2 \cdot \frac{p}{\omega s} \cdot \frac{g.R_2}{R_2^2 + (g.L_2.\omega s)^2}$$

D1.8 Pour Cr_{max} on a : $\frac{R_2^2}{g} = g.(L_2.\omega s)^2$

$$R_2^2 = g.g.(L_2.\omega s)^2$$

$$R_2 = g.L_2.\omega s$$

On a donc :

$$Cr = 3.m^2.V_1^2 \cdot \frac{p}{\omega s} \cdot \frac{g.L_2.\omega s}{(g.L_2.\omega s)^2 + (g.L_2.\omega s)^2}$$

$$Cr = 3.m^2.V_1^2 \cdot \frac{p}{\omega s} \cdot \frac{1}{2.g.L_2.\omega s}$$

D1.9 Démontrer alors $Cr_{max} = K \cdot \left(\frac{V_1}{f}\right)^2$. Définir la constante K.

Avec $\omega_s = 2 \cdot \pi \cdot f$

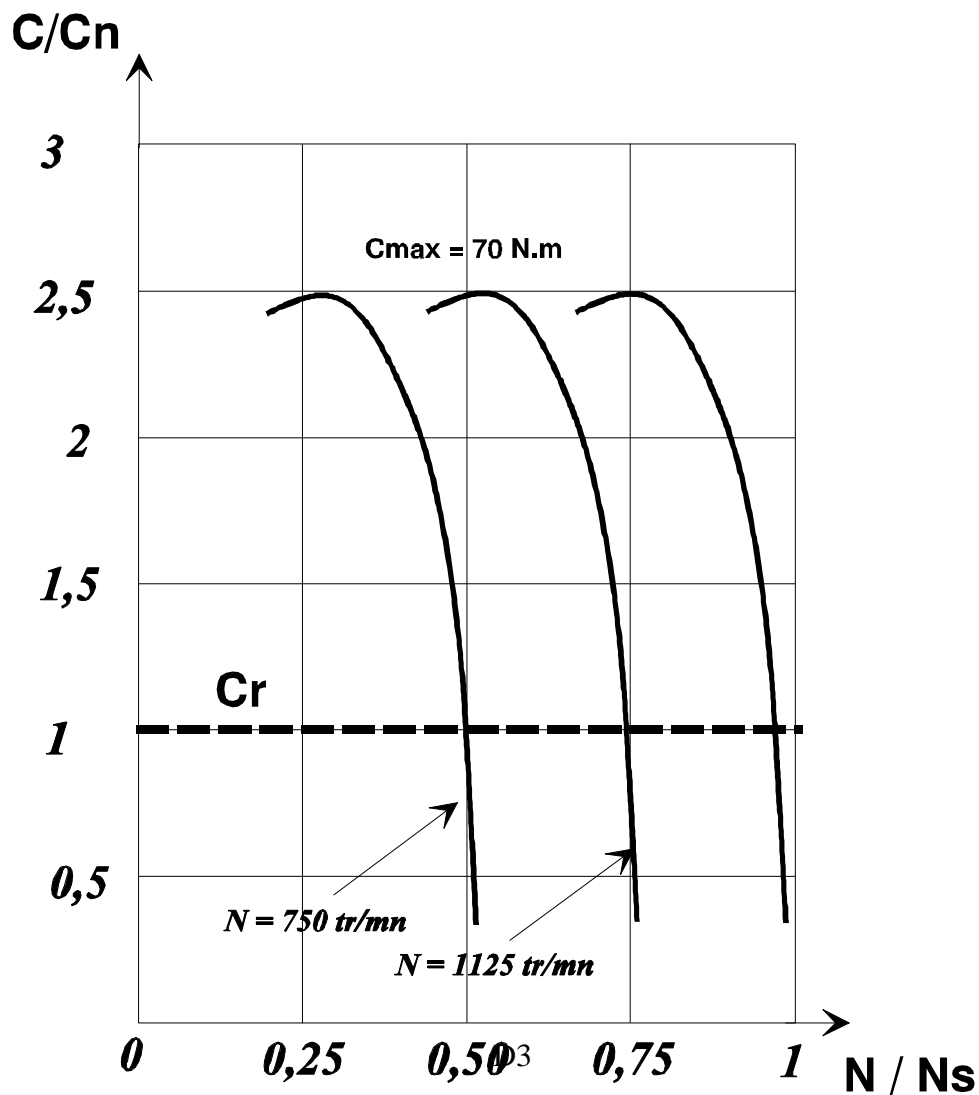
$$C_r = 3 \cdot m^2 \cdot V_1^2 \cdot \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot \frac{1}{2 \cdot g \cdot L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$C_{r_{\max}} = K \cdot \left(\frac{V_1}{f} \right)^2 \quad \text{avec} \quad K = 3 \cdot m^2 \cdot \frac{p}{8 \cdot \pi^2 \cdot g \cdot L^2}$$

D1.10 $U = 400 \text{ V}$ et $f = 50 \text{ Hz}$. On précise $C_n = 28 \text{ Nm}$, $N_n = 1488 \text{ tr/min}$.

a) $K = \frac{C_{r_{\max}}}{\left(\frac{U}{f} \right)^2}$ avec $C_{\max} = 2,5 \cdot C_n = 2,5 \times 28 = 70 \text{ N.m}$
 $K = 1,09$

b) Pour un rapport $\frac{U}{f} = \text{cste}$, tracer pour $N = 0,75 \cdot N_n$ et $N = 0,5 \cdot N_n$, les nouvelles caractéristiques de couple. Indiquer dans chaque cas les valeurs N et C_{\max} .



- c) L'utilisation d'un moteur asynchrone avec une loi de commande en $\frac{U}{f} = \text{cste}$ avec couple résistant constant permet de faire de la variation de vitesse à couple constant.

D2. Mise en œuvre simplifiée de la Modulation de Largeur d Impulsion.

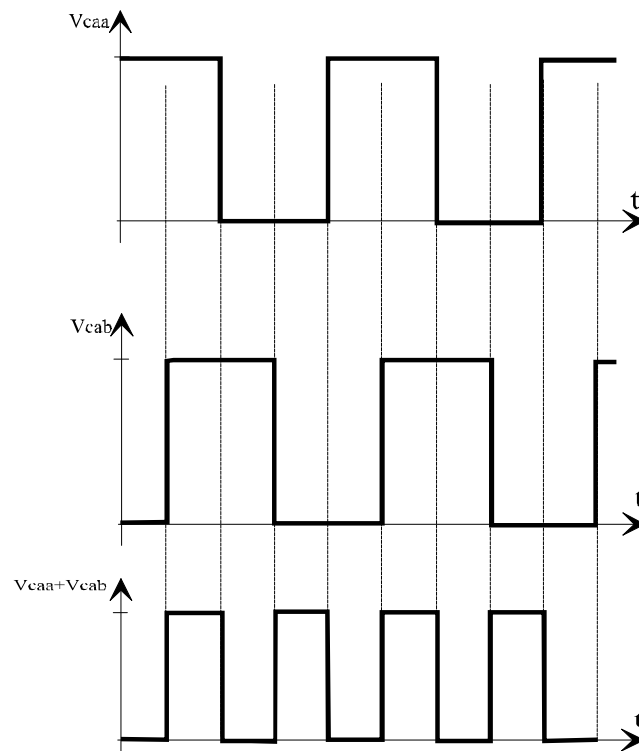
D2.1 Cf. document réponse

D2.1 Cf. document réponse

D2.3 Pour pouvoir commander une machine asynchrone, les signaux de commande V_{C1} , V_{C2} et V_{C3} doivent être déphasé de 120°

D3. Étude du positionnement de la cabine

D3.1 Calculer la précision globale P_G du capteur 003.



D3.2 P_G du capteur : Pour une voie on a $14/2 = 7$ mm.

P_G du système : 2 voies $7/2$ soit une précision de $P_G = 3,5$ mm.

D3.3 R_G du capteur : $R_G = 2 \cdot \frac{p}{d} = 2 \cdot \frac{1}{14 \cdot 10^{-3}} = 142,85$ pt/m

D3.4 Etage 1 à 5 : $D = 3,43 + 2,43 + 7,02 = 12,88$ m

$$\text{Nbr pts} = R.D = 142,85 \times 12,88 = 1840 \text{ pts.}$$

D3.5 $d = 162 \text{ cm}$. Distance de l'étage 6 vers l'étage 5 : $d' = 3,87 \text{ m}$.

$$D = d' - d = 3,87 - 1,62 = 2,25$$

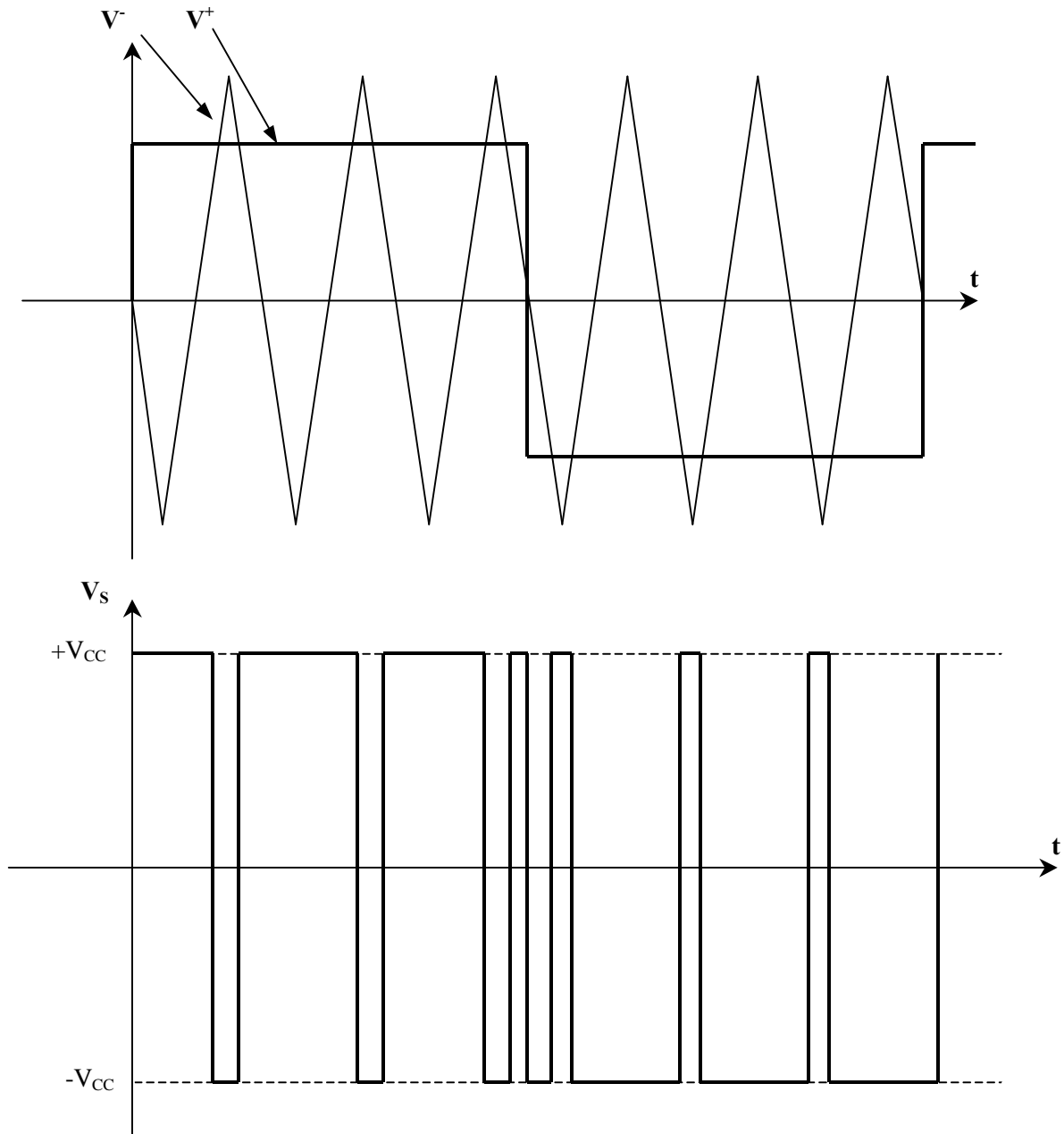
$$\text{Nbr pts} = R.D = 142,85 \times 2,25 = 321 \text{ pts.}$$

D4. Les sécurités

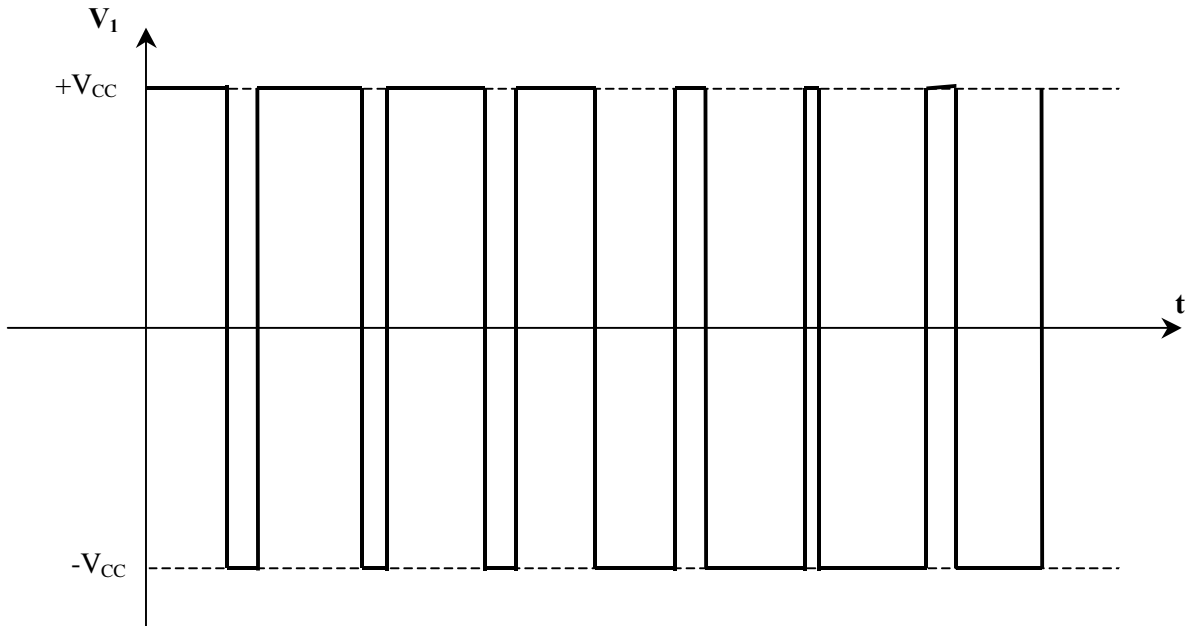
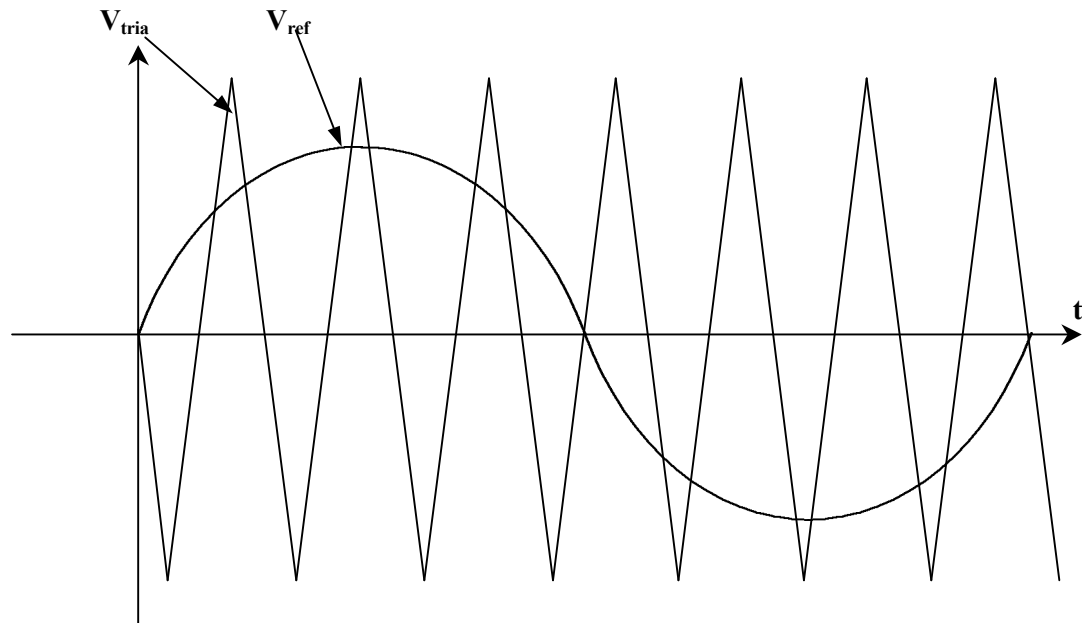
D4.1 Voir document réponse DR D4.

D4.2 Il est possible, lors du démarrage de la cabine, que le moteur soit alimenté alors que le frein retient le Monte-Charge.

Document réponse DR D2.1

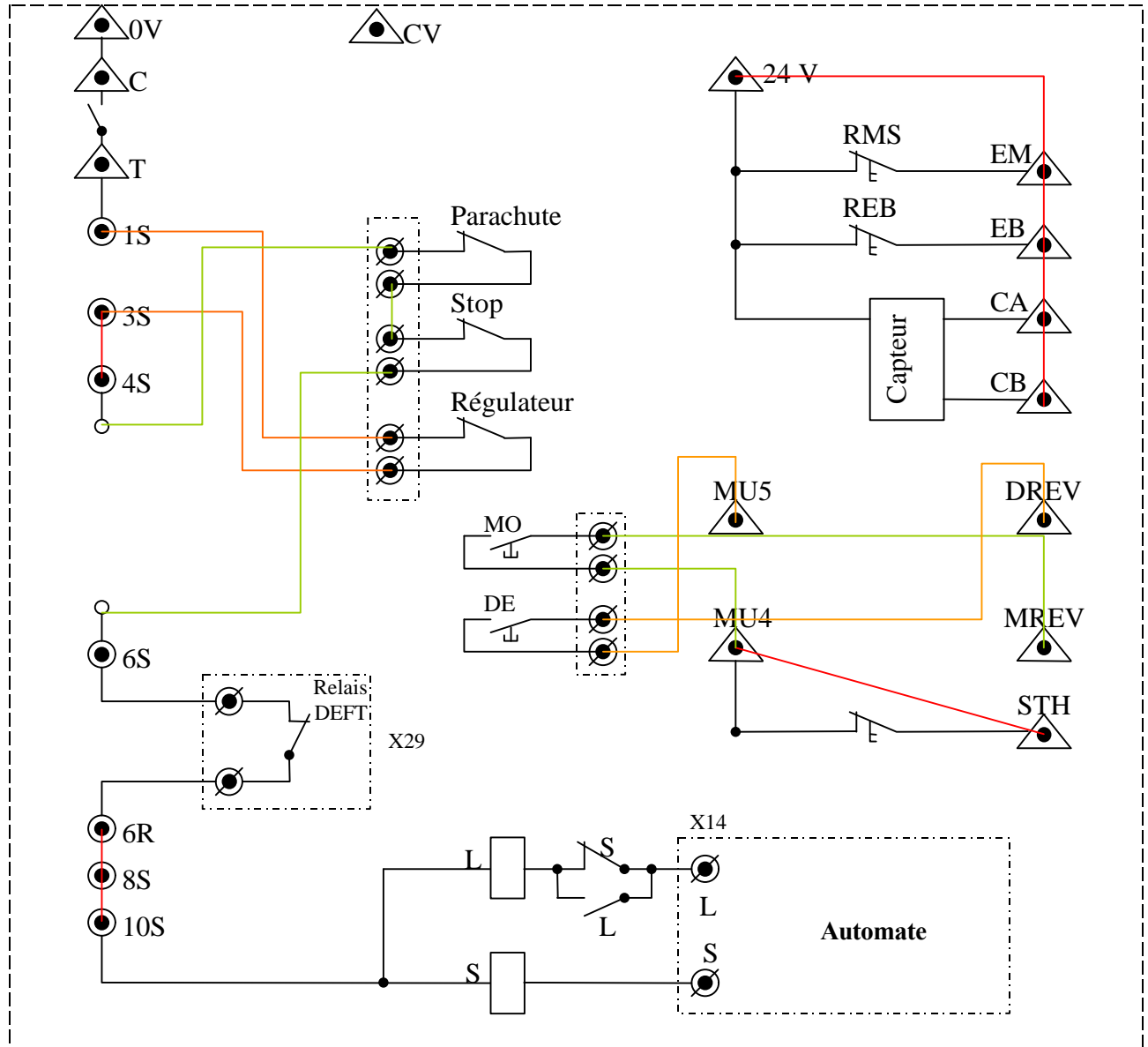


Document réponse DR D2.2



Document réponse DR D4

Schéma de raccordement de la platine Turbo 3000



REB : Réglage et arrêt révision bas
 RMS : Réglage et arrêt révision haut
 ● : Bornier électromécanique
 ▲ : Bornier automate
 CA : Faisceau capteur supérieur
 CB : Faisceau capteur inférieur
 L : Autorisation d'alimentation du moteur
 S : Autorisation d'alimentation du frein