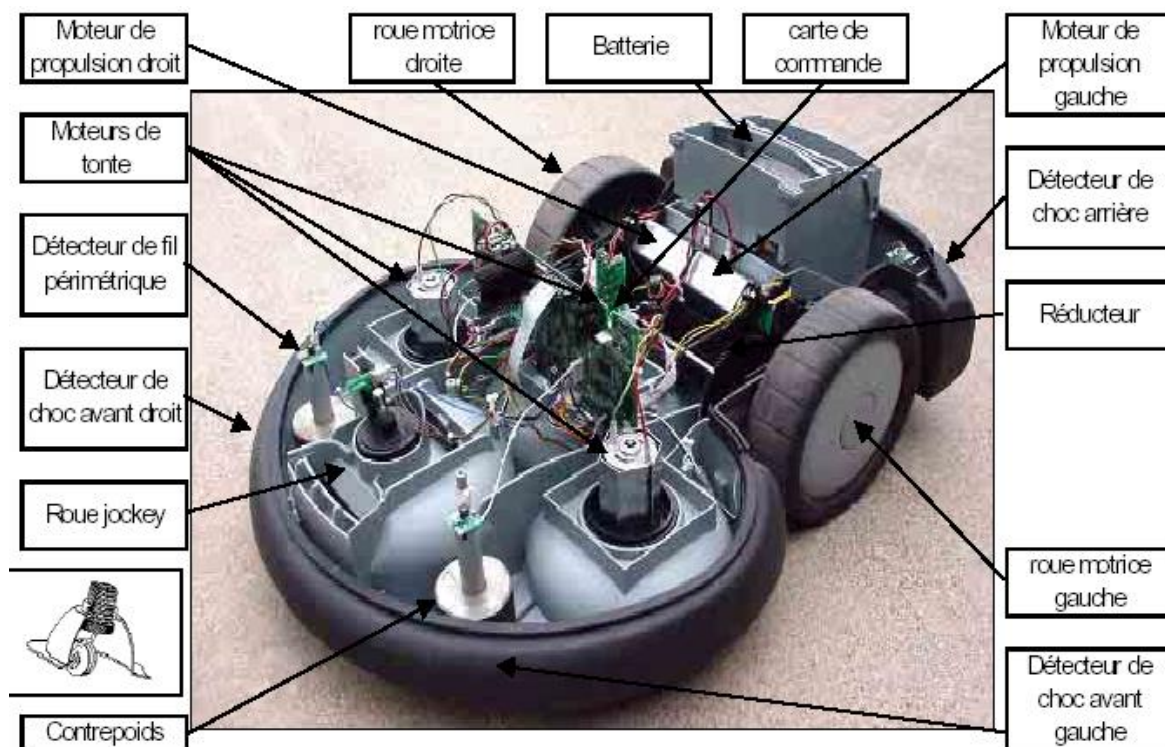


Exercice n°1 : Etude énergétique de la Tondeuse robot RL500 * (bac S-SI)

La tondeuse RL 500 est une tondeuse électrique autonome, dont la structure est présentée ci-dessous :



- 1) A partir des courbes caractéristiques du moteur données en document technique DT1, compléter le tableau suivant :

	fonctionnement à vide	fonctionnement au rendement maximal	fonctionnement à la puissance mécanique maximale	fonctionnement rotor bloqué
vitesse du rotor				
puissance électrique consommée				
puissance mécanique disponible				
rendement électrique				

- 2) Donner une approximation du courant moyen consommé lors du cycle de tonte présenté en DT2.
- 3) Dans sa plaquette publicitaire, le constructeur annonce des performances comparables à celle d'une tondeuse à moteur thermique de 3600 Watts.

La tondeuse électrique de notre étude possède trois moteurs identiques entraînant chacun une lame. Quelle est la puissance mécanique totale maximale disponible pour la coupe de l'herbe ?

Ces valeurs permettent-elles de justifier cet argument publicitaire ?

Génie électrique

4) A la vitesse de déplacement de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ des essais réalisés sur le terrain ont permis de déterminer l'effort de traction maxima] lorsque la tondeuse gravit une pente de 15 degrés cet effort, mesuré parallèlement à la pente, est alors de 100 N.

Sachant que le rayon des roues arrières est de 120 mm, déterminer le couple nécessaire à chaque roue pour permettre le déplacement souhaité (on rappelle que les deux roues sont motrices et indépendantes).

5) Calculer le couple résistant correspondant sur l'axe du moteur sachant que le rendement du réducteur est de 0,9. Pour cette question, on prendra pour le rapport de réduction $K = 0,01$. En vous aidant des courbes caractéristiques du moteur, déterminer la fréquence de rotation du moteur et la puissance électrique consommée correspondant à ce couple résistant.

6) Lors d'une tonte d'herbe dans des conditions "normales", la puissance électrique moyenne consommée par chaque moteur de coupe est de 96 watts. Placer sur les courbes du DT1, ce point de fonctionnement pour un moteur de coupe. En utilisant le résultat trouvé à la question 5, placer de même manière le point de fonctionnement pour un moteur de traction.

Les moteurs de traction sont-ils suffisamment dimensionnés?

Pour quelle raison le constructeur a-t-il choisi d'utiliser cinq moteurs identiques '?

7) Les valeurs moyennes obtenues expérimentalement lors d'un essai de tonte sont résumées dans le tableau ci-contre
Calculer la puissance totale demandée à la batterie.
La capacité "utile" de la batterie indiquée par le constructeur est de 17 A.h sous 24 V.
Calculer l'autonomie de la tondeuse pour cette capacité et pour la puissance calculée précédemment.

en watts	pour un moteur de coupe	pour un moteur de traction
puissance électrique consommée	131,4	19,6
puissance mécanique utilisée	80	6,83

8) La durée de la recharge totale de la batterie est de 24 heures. Le chargeur fournit une tension de 28 V et l'intensité de la charge est de 980mA.

Calculer le rendement énergétique global du système, c'est à dire le rapport de l'énergie mécanique utilisable (coupe + traction.), à l'énergie consommée au réseau électrique.

Commenter le résultat obtenu, compte tenu de ce qu'on attend généralement duce motorisation électrique.

Exercice n°2 : Conception d'un Système de dépose de treillis métalliques

1-Découverte du système

Le système de dépose de treillis métalliques est composé d'une table élévatrice et d'une table d'attente.

La table élévatrice va permettre de réceptionner les treillis finis sortant de la soudeuse, en limitant leur chute et d'évacuer la pile de 60 treillis sur la table d'attente. L'opérateur pourra ensuite cercler la pile de treillis sans arrêter la production de treillis.

La table élévatrice permet le déplacement suivant 2 axes :

- un axe vertical motorisé par un moteur à courant continu à aimants permanents et de 3 vérins à vis ;
- un axe horizontal composé de 2 pousseurs entraînés par 2 dispositifs pignons chaîne et motorisé par un motoréducteur asynchrone.

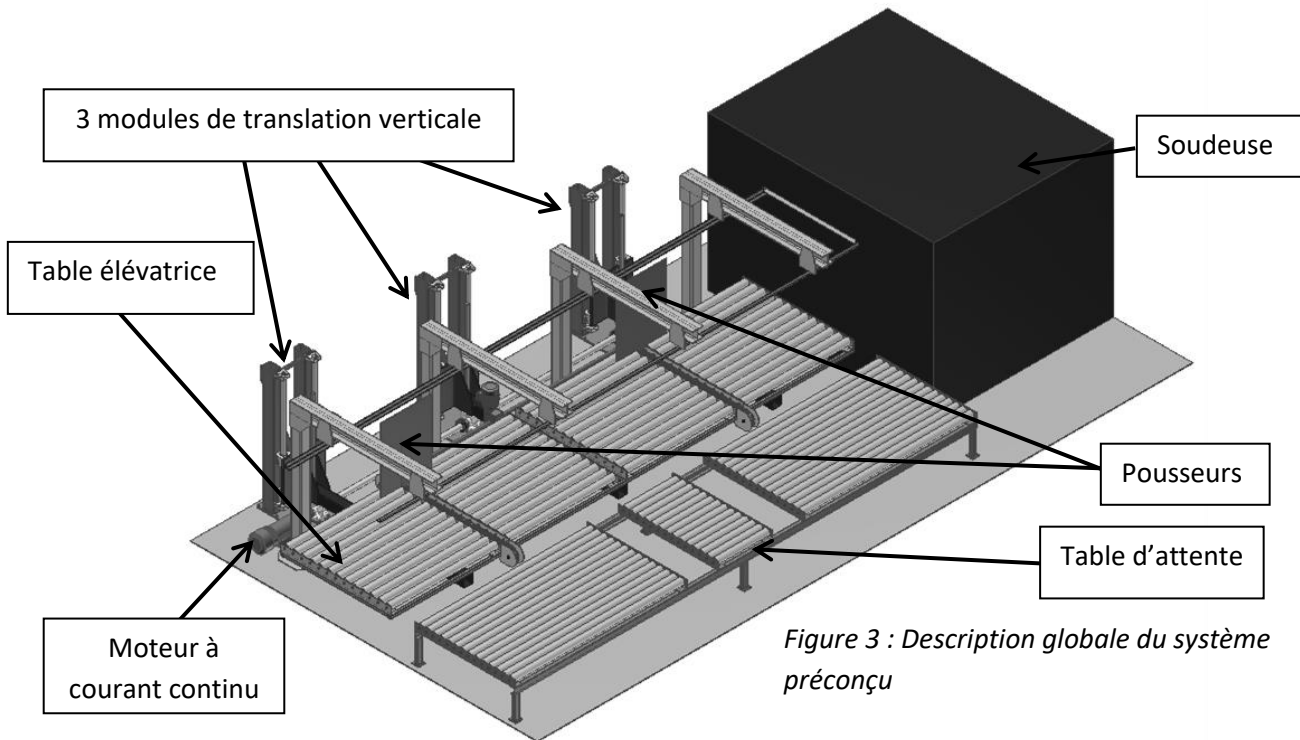


Figure 3 : Description globale du système préconçu

2-Problématique

Le moteur à courant continu, qui agit sur le déplacement vertical de la table élévatrice, sera sollicité avec des régimes variés (montée à vide, descente en charge variable, montée en charge...). Il faut vérifier la capacité du moteur présélectionné.

2-Étude de la fonction technique FT113 : « Descendre les treillis »

Dans un premier temps, on souhaite définir les grandeurs physiques du moteur à partir des valeurs nominales. Les caractéristiques nominales du moteur à courant continu choisi sont répertoriées dans le tableau suivant :

P (kW)	N (tr/min)	C (N.m)	U (V)	I (A)	η	R (Ω)
0,73	1080	6,46	230	4	0,796	5,22

- Q1:** Déterminer la force électromotrice **E**, et en déduire la constante électrique **Ke** du moteur.
- Q2:** Déterminer les pertes du moteur par effet Joule **Pj**. Tracer le diagramme de puissance du moteur à courant continu, en déduire les pertes collectives **Pf** puis le couple de pertes **Cf**.
- Q3:** Exprimer le couple électromagnétique **Cem** en fonction du couple de pertes **Cf** et du couple utile **Cu**. Faire l'application numérique et en déduire la constante de couple électromagnétique **Km**. Commenter le résultat obtenu.

On s'intéresse dans un deuxième temps au comportement du moteur lors de la montée et de la descente.

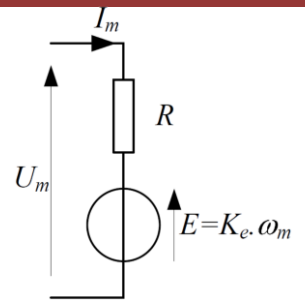
-couple utile pour les différents cas de charge pour la montée et pour la descente :

Cu (N.m)	Masse maximale	Masse minimale
Montée	5,6	1,86
Descente	1,39	0,46

-la fréquence de rotation minimum en montée du moteur doit être de 850 tr/min en mode automatique si l'on veut respecter le cahier des charges en termes de temps de cycle ;

-la fréquence de rotation en descente du moteur est de 12 tr/min en mode automatique ;

Le schéma équivalent du moteur en régime établi est défini ci-contre :



Q4: Exprimer la tension d'alimentation U du moteur en fonction de la fréquence de rotation N_m , du couple utile C_u , de R , du couple de frottement C_f et des constantes K_m et K_e .

Q5: Faire l'application numérique pour une fréquence de rotation de 850 tr/min lors de la montée lorsque la table est en charge maxi.

Pour la tension déterminée, calculer la fréquence de rotation du moteur lorsque la table est cette fois-ci à vide. Conclure vis-à-vis du respect du cahier des charges.

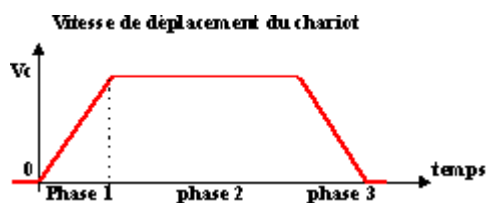
Q6: Faire l'application numérique pour des fréquences de rotation de 12 tr/min et de 850 tr/min lors de la descente lorsque la table est à vide.

Pour les tensions déterminées, calculer les fréquences de rotation du moteur lorsque la table est en charge maxi. D'après vos résultats, la présence d'un capteur de position angulaire est-il indispensable ?

Exercice n°3 : Choix d'une motorisation de chariot automatisé:

On désire déplacer un chariot de masse M_0 ($M_0 = 1600\text{kg}$) et sa charge de masse M_c ($M_c = 500\text{kg}$).

Ce déplacement se fait sur le plat à vitesse constante V_c ($V_c = 0,7\text{m/s}$). Pour passer d'une vitesse de déplacement nulle à la vitesse de déplacement V_c (phase d'accélération), et pour passer d'une vitesse de déplacement V_c à la vitesse de déplacement nulle (phase de décélération), un profil de vitesse a été adopté. Ce profil de vitesse est représenté ci-dessous.



Q1. En considérant que la transmission mécanique est parfaite (rendement unitaire), donner l'expression du moment d'inertie ramené (J) au niveau du moteur, en fonction des masses M_0 et M_c , de la vitesse de déplacement du chariot (V) et de la vitesse de rotation du moteur (Ω).

2) Rappeler l'équation mécanique permettant d'exprimer le couple moteur (C_m) en fonction du moment d'inertie (J), de l'accélération angulaire et du couple résistant (C_r).

3) Étant donné que le couple résistant est non nul et constant si la vitesse n'est pas nulle, tracer l'allure du couple moteur (C_m) en fonction du temps (t), pour tout le profil de vitesse.

AN : $J = 10,6 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$; $C_r = 1\text{Nm}$; $\Omega = 314\text{rad/s}$ pour $V = V_c$; durée de la phase 1 = 2s ; durée de la phase 2 = 30s et durée de la phase 3 = 2s.

4) Tracer la puissance instantanée (fournie par le moteur) en fonction du temps, pour tout le profil de vitesse.

5) Calculer, pour les trois phases du profil de vitesse, l'énergie fournie par le moteur.

Génie électrique

6) Sachant que l'énergie est fournie par une batterie d'accumulateur ($U_0 = 48V$ et $Ca = 120Ah$), et en faisant l'hypothèse que la chaîne de conversion d'énergie est sans perte, calculer le nombre de cycles qu'il est possible d'effectuer pour une décharge de 70% (charge restante = 30%).

Pour la motorisation, on utilise un moteur électrique à courant continu (Mcc), à aimants permanents, ayant les caractéristiques suivantes :

Résistance d'induit : $R = 0,15\Omega$ (les pertes constantes sont négligées)

Coefficient de couple : $k = 0,14Nm/A = 0,14V/(rad/s)$

La MCC est alimentée par une source de tension continue ($U_0=48$) à travers un montage électronique.

Etude de la phase 2 :

7) calculer le courant consommé par le moteur.

8) Calculer l'énergie en Ampère heure, consommée durant cette phase.

9) En considérant que l'énergie d'un cycle est uniquement due à la phase 2. Retrouver une approximation du nombre de cycles possibles pour un chargement.

10) Calculer la tension moteur dans la phase 2. Remarque.

Etude de la phase 1 :

11) Donner l'expression de $\Omega(t)$ durant cette phase.

12) Si l'on considère l'établissement des grandeurs électriques instantané (cela revient à négliger le terme $L di/dt$), donner l'évolution de la tension $U(t)$ aux bornes du moteur.

13) Donner la tension maximale à imposer. Pourra-t-on imposer ce profil de vitesse et avec quel montage entre le moteur et la batterie?

Etude de la phase 3 :

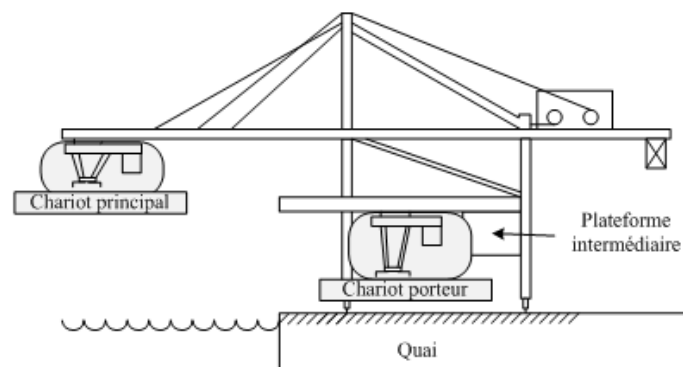
14) Placer dans le plan courant / tension les points de fonctionnement de cette phase

15) Quel est le mode de fonctionnement de la MCC ? A quelle condition peut-on avoir ce mode de fonctionnement ?

Exercice n°4 : Portique porte conteneur (concours CCP)

L'étude va consister à définir la référence des moteurs utilisés pour les portiques porte conteneur du port du Havre. Un portique est constitué :

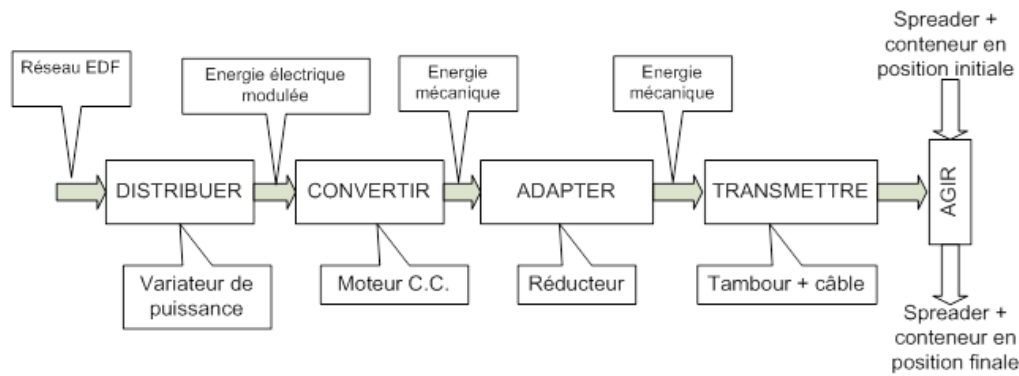
- d'une structure acier qui se déplace le long de rails ancrés dans le béton du quai,
- d'un chariot porteur qui saisit un conteneur sur le quai pour le poser sur une plateforme intermédiaire arrimée à la structure,
- d'un chariot principal qui permet de déplacer un conteneur de la plate-forme intermédiaire jusqu'au bateau.



Chaque chariot est constitué d'une salle des machines et d'un spreader, bloc d'accroche des conteneurs, reliés par quatre câbles.



Le système de levage du spreader peut être décrit pour sa partie puissance par le diagramme page suivante :



Electrotechnique de levage du spreader :

Le schéma de puissance du système de levage retenu est présenté dans le **document technique DT1**.

Q.1. A l'aide de ce document, donner le type de moteur utilisé pour le levage. Justifier.

Q.2 Toujours à l'aide de cette documentation, caractériser l'alimentation en tension des variateurs : nature (continue, alternative monophasée ou triphasée) et valeur (préciser s'il s'agit d'une grandeur moyenne, efficace ou maximale).

Dans la suite de l'énoncé, cette tension d'alimentation sera notée U_{VN} .

Des simulations de motorisation ont permis d'établir les valeurs présentées dans le **tableau 4** ci-après.

Inertie équivalente à l'ensemble {tambour + réducteur + frein + accouplement + rotor} ramenée au moteur	(par moteur)	$J_e = 38,5 \text{ kg.m}^2$
Charge	Masse du spreader seul	$M_s = 6 \text{ tonnes}$
	Masse maxi des conteneurs	$M_C = 71,4 \text{ tonnes}$
	Charge nominale totale	77,43 tonnes
Mouvement de la charge		Vitesse correspondante du moteur
Montée lente	1,33 m/s	657 tours/min
Montée rapide	3 m/s	1478 tours/min
Descente lente	- 1,33 m/s	- 657 tours/min
Descente rapide	- 3 m/s	- 1478 tours/min
Accélération en montée	0,8 m/s ²	
Décélération en montée	- 1,5 m/s ²	
Accélération en descente	1,5 m/s ²	
Décélération en descente	- 0,8 m/s ²	

Simulation par moteur	Simulation sous charge nominale : 77,43 tonnes en vitesse lente					
	Montée à 1,33 m/s			Descente à 1,33 m/s		
	P(kW)	I(A)	T(Nm)	P(kW)	I(A)	T(Nm)
Accélération	717	1549	10427	- 165	356	2397
	114 %	114 %	114 %	- 26 %	26 %	26 %
Constante	562	1214	8175	- 456	984	6622
	89 %	89 %	89 %	- 72 %	72 %	72 %
Décélération	288	622	4187	- 602	1299	8747
	46 %	46 %	46 %	- 96 %	96 %	96 %

P : la puissance utile moteur,

I : le courant dans l'induit du moteur,

T : le couple mécanique moteur.

Tableau 4 : simulation constructeur sous charge nominale (les pourcentages sont relatifs aux valeurs nominales du moteur choisi pour la simulation).

Le type de variateur utilisé impose au moteur une tension nominale U_N supérieure à 1,1 fois la valeur efficace de la tension d'alimentation U_{VN} de ce variateur.

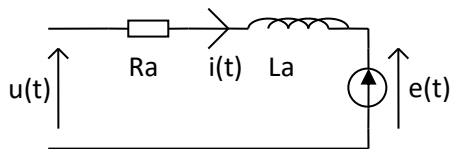
Q.3. A partir des **tableaux 3 et 4, du DT1**, calculer les grandeurs moteurs suivantes :

- P_N : la puissance nominale du moteur choisi pour la simulation,
- U_N minimale,
- T_N : le couple nominal minimale du moteur choisi pour la simulation
- n : la vitesse nominale minimale pour cette motorisation (en tours/min).

Q.4 Avec l'aide de la **documentation technique DT3**, en déduire le moteur ayant les caractéristiques les plus proches de celui choisi pour la simulation en donnant :

- sa référence à compléter : 3BSM003050U_ (choisir parmi B,C,E,F,G ou H sans tenir compte de la dernière lettre),
- sa tension d'alimentation U_N ,
- sa puissance nominale P ,
- sa vitesse nominale n .

Q.5. Donner la relation électrique de ce moteur dont le schéma équivalent est le suivant :



Donner également les lois reliant couple électromagnétique et courant d'une part, et fem et vitesse d'autre part (supposé à flux constant)

Figure 9 : modèle électrique du moteur

Q.6. Le graphique page suivante a été obtenu à partir des relevés des simulations du **tableau 4** ci-avant et du comportement du système. Il représente le fonctionnement du moteur à pleine charge. Les conventions suivantes (abrégées du **tableau 4**) sont utilisées :

- Moteur : M.
- Vitesse constante : V.
- Descente : L.
- Décélération : D.
- Générateur : G.
- Montée : H.
- Accélération : A.

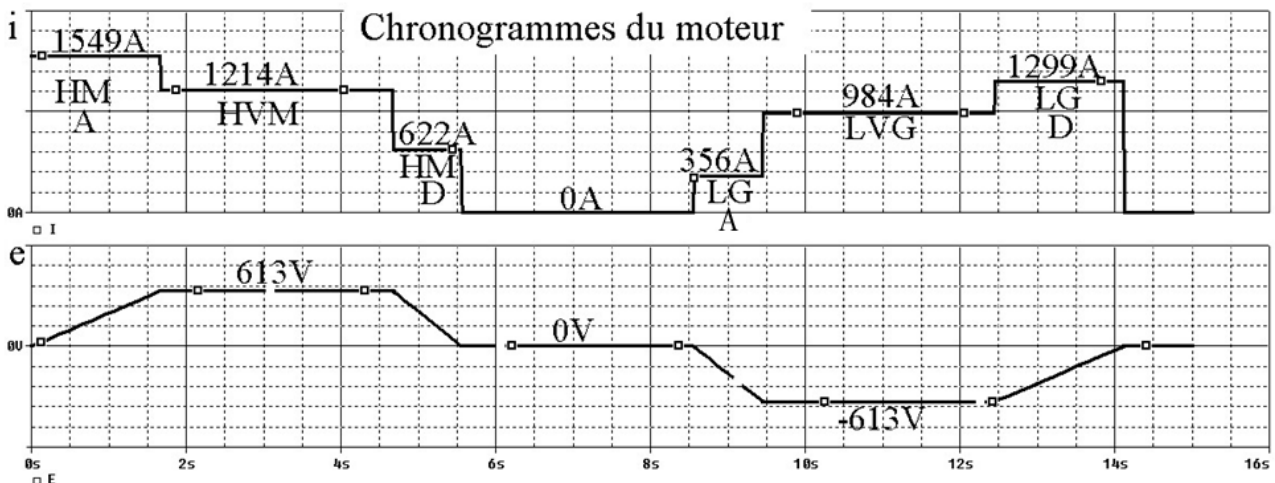


Figure 10 : relevés moteur à pleine charge.

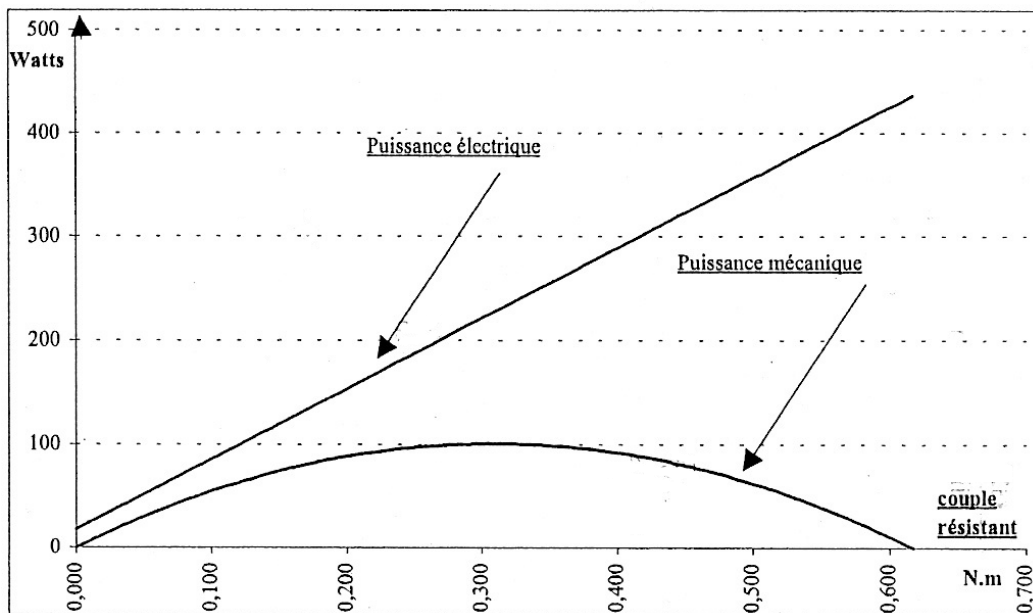
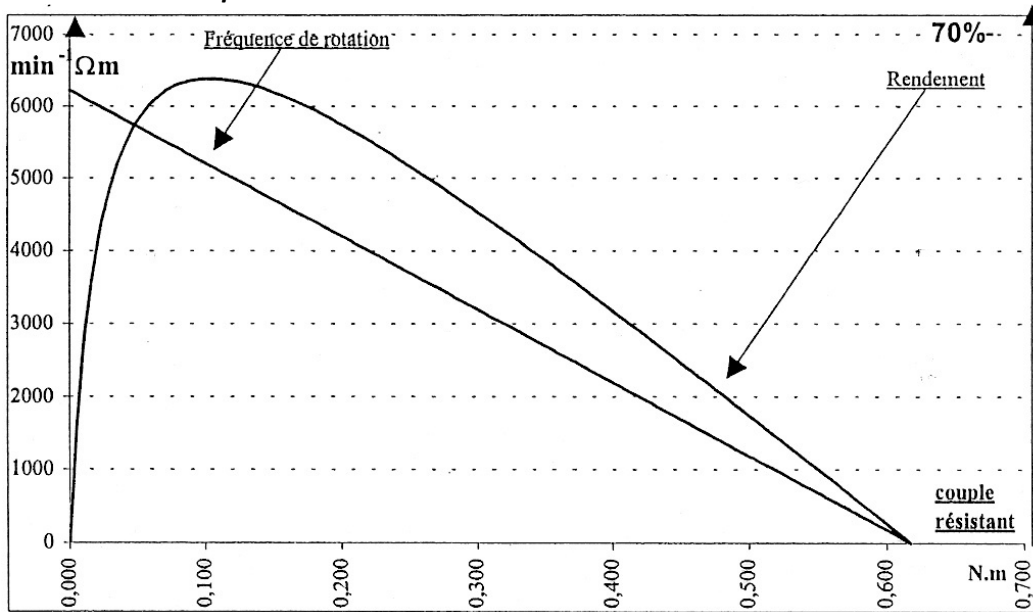
A l'aide de ce graphique, est-t-il nécessaire d'utiliser un convertisseur quatre quadrants ? Justifier votre réponse.

A partir du modèle de la **figure 9** et des relevés de la **figure 10**, calculer la valeur de la tension appliquée aux bornes de l'induit du moteur pendant la phase de montée à vitesse constante.

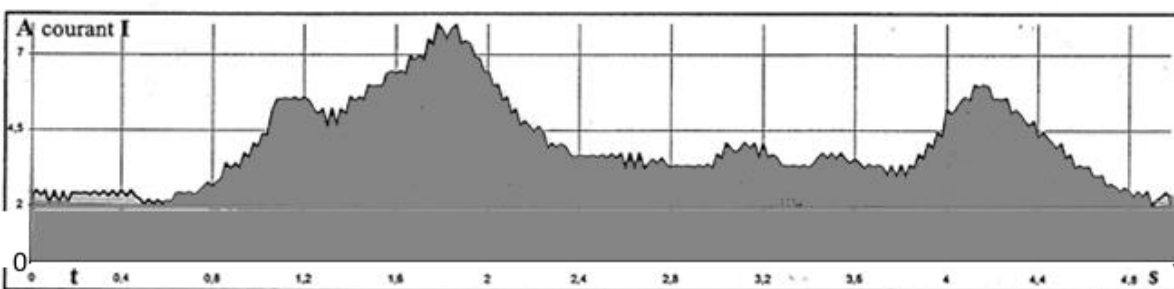
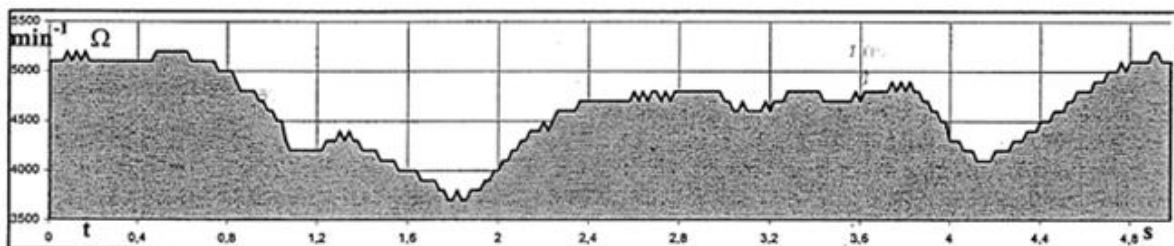
On prendra $R_a = 31 \text{ m}\Omega$ et $L_a = 0,62 \text{ mH}$.

Documents techniques: pb1 tondeuse autonome :

DT 1 : caractéristiques moteurs :



DT 2 : données d'un cycle de tonte



Enregistrement de la fréquence de rotation et de l'intensité lors d'une tonte. (durée = 5 secondes)

DT3 : documentation constructeur DMI 315Z

8940-10937 Nm

Technical data

DMI 315Z

Caractéristiques techniques

Technische Daten

General data Caractéristiques générales Generelle Daten	$I_{max}/I_N = 200\%$ $T_{max}/T = 195\%$	$J = 27,0 \text{ kgm}^2$ $n_0 = 10 \text{ min}^{-1}$	$U_{IN} = 110-440 \text{ V}$ $P_1 = 9000 \text{ W}$	$V_{dis} = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$ $p_{\Delta} = 3450 \text{ Pa}$	$W = 3150 \text{ kg}$
---	--	---	--	---	-----------------------

$U_N (V) [U_N > 1,1 \times U_{vN}^1]$		$n_{vN} (\text{min}^{-1})$			$n_{vN} (\text{min}^{-1})$			Cat. No. No de catalogue Bestellnummer									
400	420	440	470	520	550	620	750		815	P	I_N	T	η	n_2	n_3	n_4	
n (min ⁻¹)									(kW)	(A)	(Nm)	(%)	(min ⁻¹)	(min ⁻¹)	(min ⁻¹)		
152									162	550	10184	71,6	481	625	721	$R_s = 175,3 \text{ m}\Omega$ $L_s = 3,70 \text{ mH}$ $U_{IN}/U_{vN} = F$	3BSM003050- = UBG ²⁾ ... = UBH ³⁾ ... = UBJ ⁴⁾
	162								173	550	10225	72,8	481	625	721		
		171							184	550	10261	74,0	481	625	721		
			186						200	550	10309	75,5	481	625	721		
				209					228	550	10373	77,7	481	625	721		
					224				244	550	10404	78,8	481	625	721		
						257			282	550	10463	81,0	481	625	721		
							319		352	550	10539	84,0	481	625	721		
								350	387	550	10565	85,1	481	625	721		
									212	675	10485	76,5	503	654	754		
193									225	675	10515	77,5	503	654	754		
	204								238	675	10542	78,4	503	654	754		
		216							258	675	10577	79,7	503	654	754		
			233						292	675	10625	81,5	503	654	754		
				262					312	675	10649	82,4	503	654	754		
					279				358	675	10694	84,2	503	654	754		
						320			377	675	10743	86,3	503	654	754		
							384		($U_{Nmax}=731V$)								
334									377	1100	10780	84,5	963	1252	1445	$R_s = 44,4 \text{ m}\Omega$ $L_s = 0,93 \text{ mH}$ $U_{IN}/U_{vN} = V$	3BSM003050- = UEG ²⁾ ... = UEH ³⁾ ... = UEJ ⁴⁾
	353								399	1100	10795	85,1	963	1252	1445		
		372							421	1100	10809	85,7	963	1252	1445		
			400						452	1096	10791	86,6	966	1256	1450		
				447					500	1083	10689	87,8	978	1271	1467		
					475				528	1075	10621	88,3	985	1281	1478		
						541			592	1055	10444	89,5	1004	1305	1506		
							663		699	1014	10060	91,1	1045	1359	1568		
								725	747	991	9843	91,7	1069	1389	1603		
									474	1350	10902	86,7	1007	1309	1510		
415									500	1350	10914	87,3	1007	1309	1510		
	438								527	1350	10924	87,8	1007	1309	1510		
		461							567	1350	10937	88,4	1007	1309	1510		
			495						626	1334	10825	89,4	1019	1325	1528		
				552					659	1320	10724	89,9	1029	1338	1544		
					587				731	1287	10469	90,9	1056	1373	1584		
						667			834	1229	10012	92,1	1106	1437	1658		
							795		($U_{Nmax}=731V$)								
514									549	1524	10197	89,1	802	1043	1203	$R_s = 20,3 \text{ m}\Omega$ $L_s = 0,39 \text{ mH}$ $U_{IN}/U_{vN} = V$	3BSM003050- = UGG ²⁾ ... = UGH ³⁾ ... = UGJ ⁴⁾
	542								579	1524	10204	89,5	802	1043	1203		
		569							609	1524	10211	89,9	802	1043	1203		
			610						653	1524	10218	90,4	802	1043	1203		
				679					728	1524	10228	91,1	802	1043	1203		
					721				771	1521	10215	91,5	803	1044	1205		
						818			844	1466	9851	92,3	834	1084	1250		
							862		861	1419	9536	92,6	862	1120	1292		
									($U_{Nmax}=651V$)								
597									559	1524	8940	90,6	922	1198	1383		
	628								588	1524	8944	90,9	922	1198	1383		
		660							618	1524	8946	91,2	922	1198	1383		
			707						663	1524	8949	91,6	922	1198	1383		
				786					737	1524	8953	92,2	922	1198	1383		
					833				781	1524	8954	92,5	922	1198	1383		
							923		866	1524	8954	92,9	923	1198	1383		
									($U_{Nmax}=608V$)								

1) Formule de la valeur minimum requise pour U_N .2) Fabriqué pour $(n_{re}/n) \leq 1,6$ 3) Fabriqué pour $1,6 < (n_{re}/n) \leq 2,2$ 4) Fabriqué pour $2,2 < (n_{re}/n) \leq 3$