

TD 1-1 Véhicule autoguidé (d'après sujet de concours)

1. VAG (Véhicule autoguidé) : Contexte

Le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Dijon Bocage Central a retenu pour sa logistique hôtelière hospitalière des VAG (véhicule auto guidé). Neuf véhicules autonomes à guidage laser (**Figure 1**) sont utilisés pour le transport de déchets, plateaux repas, linges dans les parties non accessibles au public (**Figure 2**). Le nombre de transports quotidiens par VAG est de l'ordre de 930. Chaque transport est désigné sous le terme de mission.

	
Figure 1 VAG seul	Figure 2 VAG déplaçant un chariot

Normes de sécurité et obligations spécifiques concernant les VAG

— Définitions des zones de circulation

La norme NF EN 1525 définit trois types de zones de circulation des VAG :

- zones banalisées ;
- zones propres ;
- zones dangereuses.

Pour le système étudié, les zones de déplacement des VAG sont des zones non accessibles au public. Seules des personnes autorisées peuvent y pénétrer. On peut donc considérer qu'il s'agit de zones propres.

— Définitions des catégories de sécurité

La norme NF EN 954-1 définit les niveaux de résistance aux défauts suivants :

- dispositif d'arrêt d'urgence de catégorie 2 nécessitant obligatoirement une action manuelle pour réarmer le dispositif suite à un incident.
- dispositif « bouclier » de catégorie 3 (**Figure 3**) conçu de manière à ce que le VAG s'arrête avant que ses parties rigides ou sa charge ne touchent la personne ou un obstacle, automatiquement réarmable par simple disparition de l'obstacle.

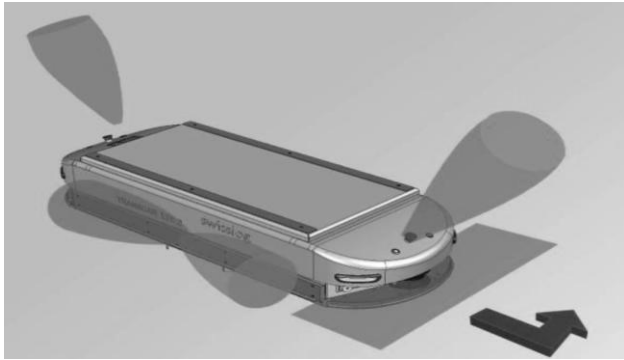


Figure 3 : Scanner laser, détecteur ultrasonore et boutons d'arrêt d'urgence participent à la sécurité. Il est possible de modifier le lobe de détection de cet appareil en fonction de la vitesse.

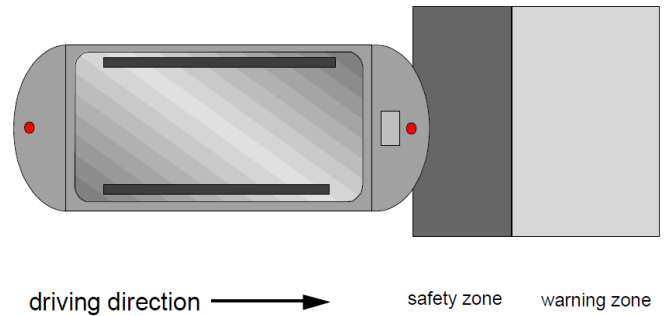


Figure 4 : les zones de sécurité (safety zone) et d'alerte (warning zone) sont ajustables. Un arrêt est provoqué lorsque un obstacle est détecté dans la zone de sécurité.

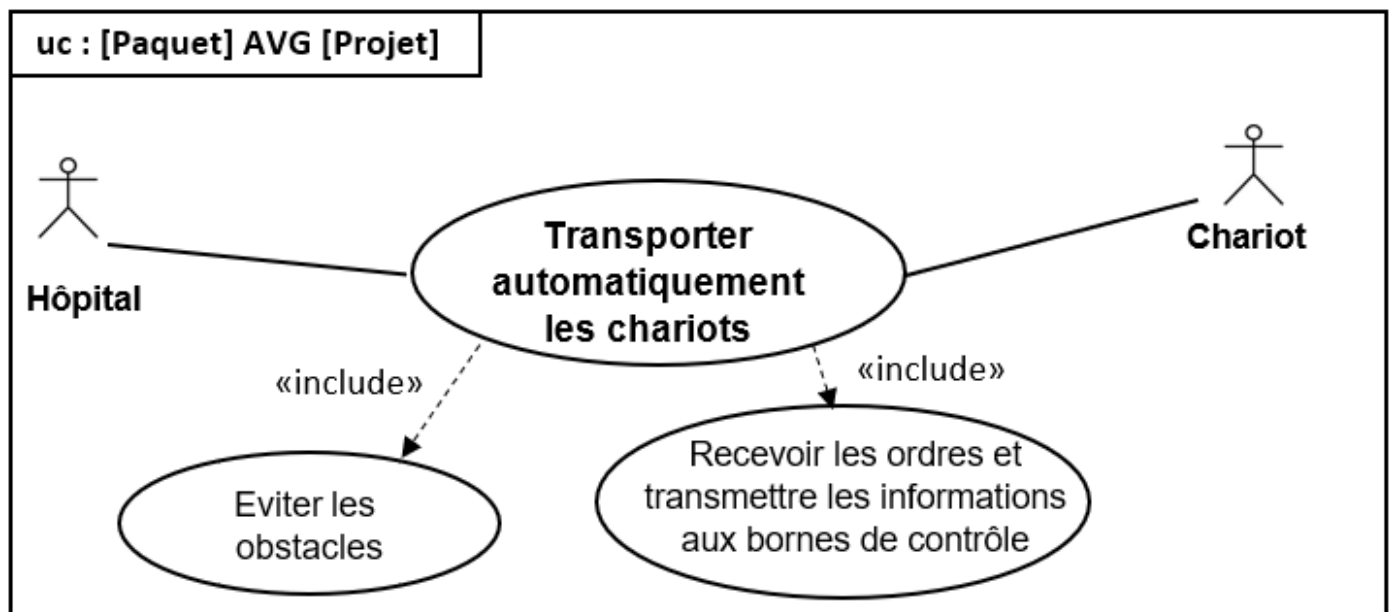


Figure 5

2. VAG (Véhicule autoguidé) : chaîne fonctionnelle

Cette partie porte principalement sur le déplacement du VAG en ligne droite dans un environnement hospitalier.

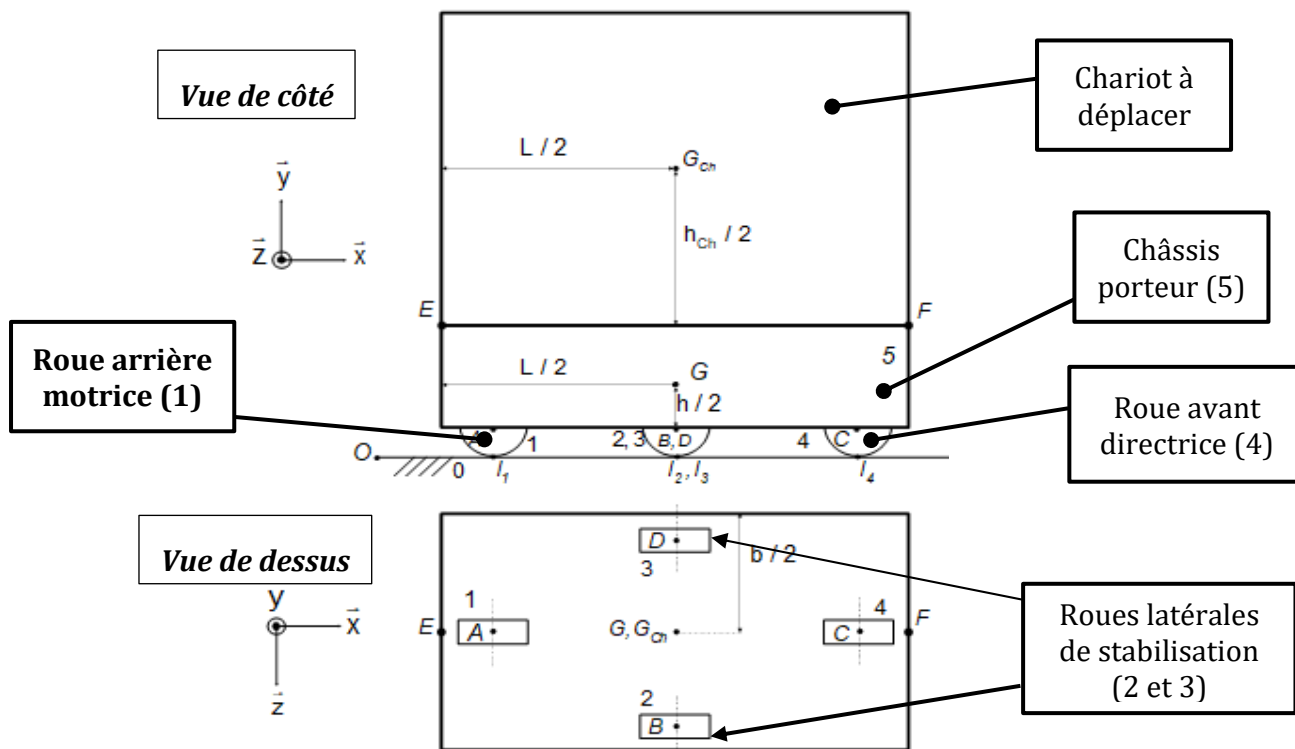


Figure 6

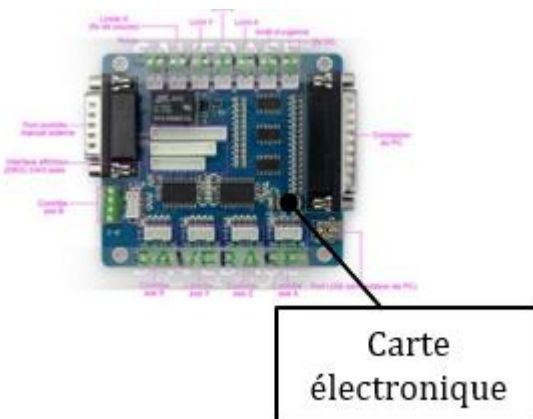
Composition du VAG seul :

Il est constitué d'un **châssis porteur (5)** (voir figure 6) sur lequel sont montés les composants suivant :

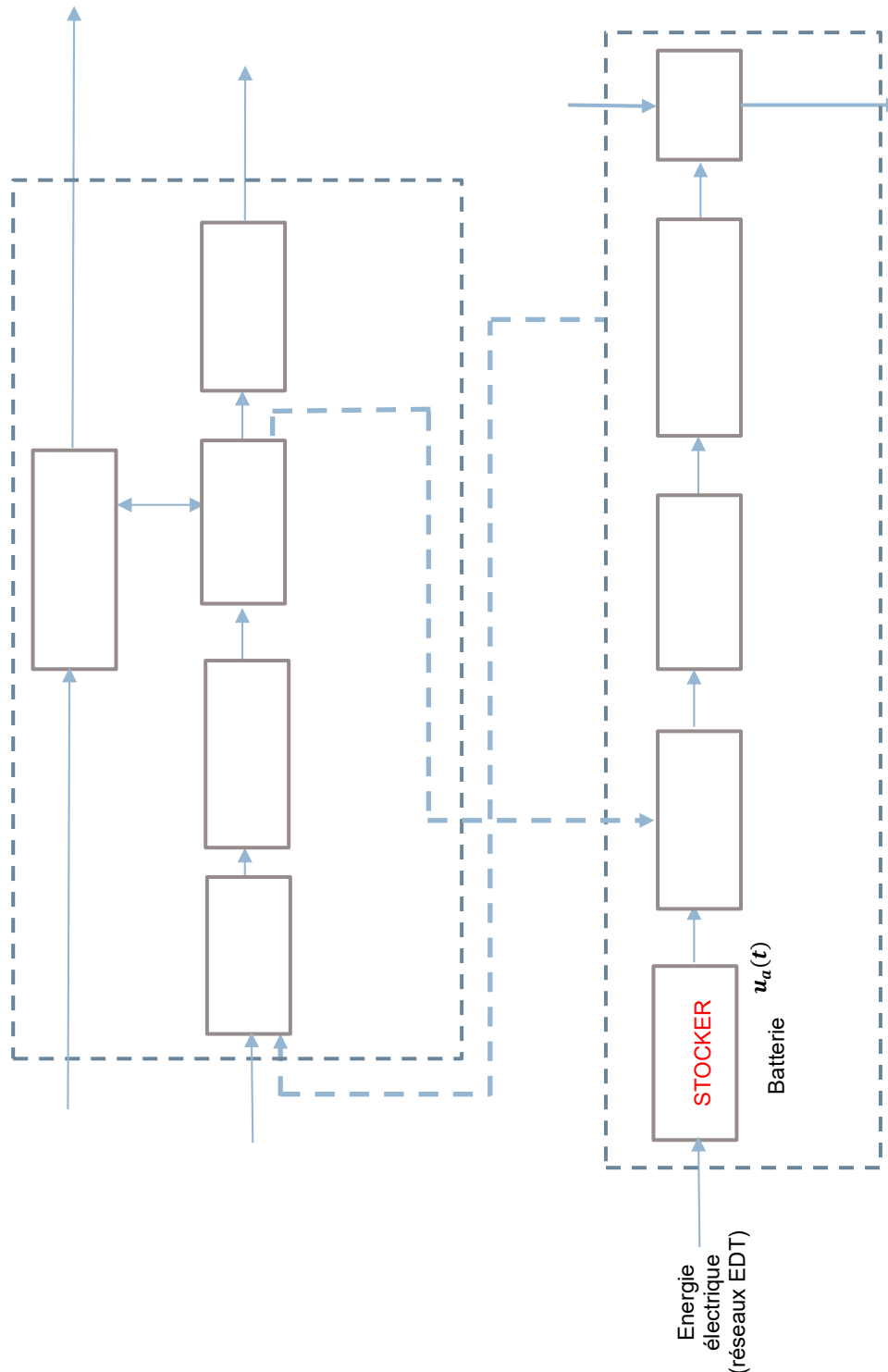
- une batterie qui délivre une tension d'alimentation $u_a(t)$;
- un *motoréducteur* constitué :
 - d'un moteur électrique asynchrone ;
 - suivi d'un réducteur à engrenage de gain $K_{red} = \frac{\omega_{poulie\ moteur}}{\omega_{moteur}}$ (voir figure 7).
- un système poulie-courroie de gain $K_{pc} = \frac{\omega_{poulie\ réceptrice}}{\omega_{poulie\ motrice}}$. La roue motrice (1), de rayon R , en contact avec le sol et solidaire de la poulie réceptrice transforme la vitesse de rotation $\omega_{poulie\ réceptrice}(t)$ en vitesse de translation $v_{VAG}(t) = \dot{x}(t)$ du VAG ;
- un codeur incrémental qui mesure l'angle $\theta_{poulie\ motrice}(t)$ (angle de rotation de la poulie motrice en degré) et renvoie une tension $u_{capt}(t)$ proportionnelle à la dérivée de $\theta_{poulie\ motrice}(t)$;



- 4 roues dont une seule roue motrice ;
- un scanner laser ;
- un détecteur ultrasonore ;
- des boutons d'arrêt d'urgence manuels ;
- une **carte électronique** constituée :
 - d'un **module de conditionnement** qui reçoit les signaux issus des capteurs et les conditionne ;
 - d'un **module de traitement** qui reçoit des signaux du module de conditionnement, élabore une tension de pilotage $u_{pi}(t)$ à destination du pré-actionneur, elle envoie également des signaux au connecteur ;
 - d'un **module de puissance** qui délivre une tension d'alimentation au moteur $u_{mot}(t)$ fonction de la tension de pilotage $u_{pi}(t)$;
 - d'un émetteur-récepteur wifi pour communiquer avec les bornes de contrôle ;
- un dispositif de direction (hors étude).



Q2.1.A partir des informations sur le système, compléter la chaîne fonctionnelle par le nom des chaînes, les fonctions assurées, les composants technologiques associés, les grandeurs physiques en entrée-sortie).
Vous préciserez l'effecteur et la matière d'œuvre.



3. VAG (Véhicule autoguidé) : grandeurs physiques

L'asservissement de vitesse du **VAG** en phase de test (étudié paragraphe 4) fonctionne à partir d'une **consigne** $v_{c\text{VAG}}(t)$ de vitesse du VAG par rapport au sol (0). Cette consigne est **définie par les segments de droites en gras** sur la figure 9. Cette consigne a été installée, dans la mémoire du module de traitement. On veut vérifier que le comportement théorique du VAG est conforme à l'exigence Id 1.

Cahier des charges relatif aux exigences Id 1.1 et Id 1.2.**dérivées de l'exigence principale Id 1. : se déplacer en ligne droite selon $+\vec{x}$**

Exigence	Critère	Niveau
Id 1.1. : Assurer l'avancement en sécurité	Accélération au démarrage : Phase 1	$\ddot{x}(t) = \ddot{x}_1 = 0,5 \text{ m.s}^{-2}$
	Vitesse maximale : Phase 2	$\dot{x}(t) = v_1 = v_2 = v_{max} = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$
	Dérapage du VAG	Aucun
	Basculement du chariot	Aucun
	Distance d'arrêt à partir de la vitesse maximale : Phase 3	$x(t_3) - x(t_2) = x_3 - x_2 \leq 0,25 \text{ m}$
	Masse totale du VAG avec chariot	$M = 450 \text{ kg}$
	Pente maximale franchissable	5%
Id 1.2. : Orienter le VAG+chariot suivant une trajectoire prédéterminée	Dérive latérale maximale du point G (voir figure 6) du VAG en ligne droite	+/-5 mm par mètre parcouru

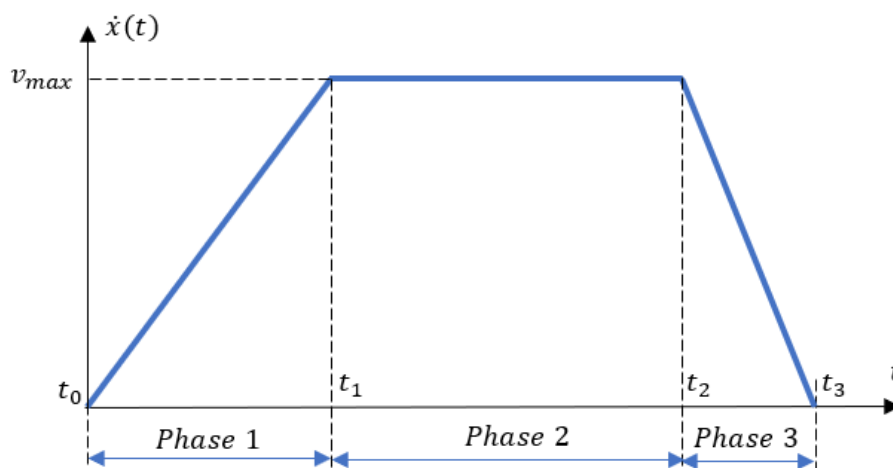
Tableau 1**Evolution de la matière d'œuvre**

Les vitesses et positions à l'instant t_i seront notées respectivement v_i et x_i . Les accélérations (constantes) au cours des phases 1, 2 et 3 seront notées $\ddot{x}_i$.

On pose :

$$t_0 = 0 \text{ s}, x_0 = 0 \text{ m}$$

$$\text{et } v_0 = 0 \text{ m/s.}$$

**Figure 9**

- **Phase 1 : démarrage $t_0 \leq t \leq t_1$**

L'accélération au cours de cette phase a été choisie, dans le cahier des charges, pour éviter le basculement du chariot vers l'arrière (voir figure 8 **Cas 1**) et préserver certains produits transportés (plateaux-repas).

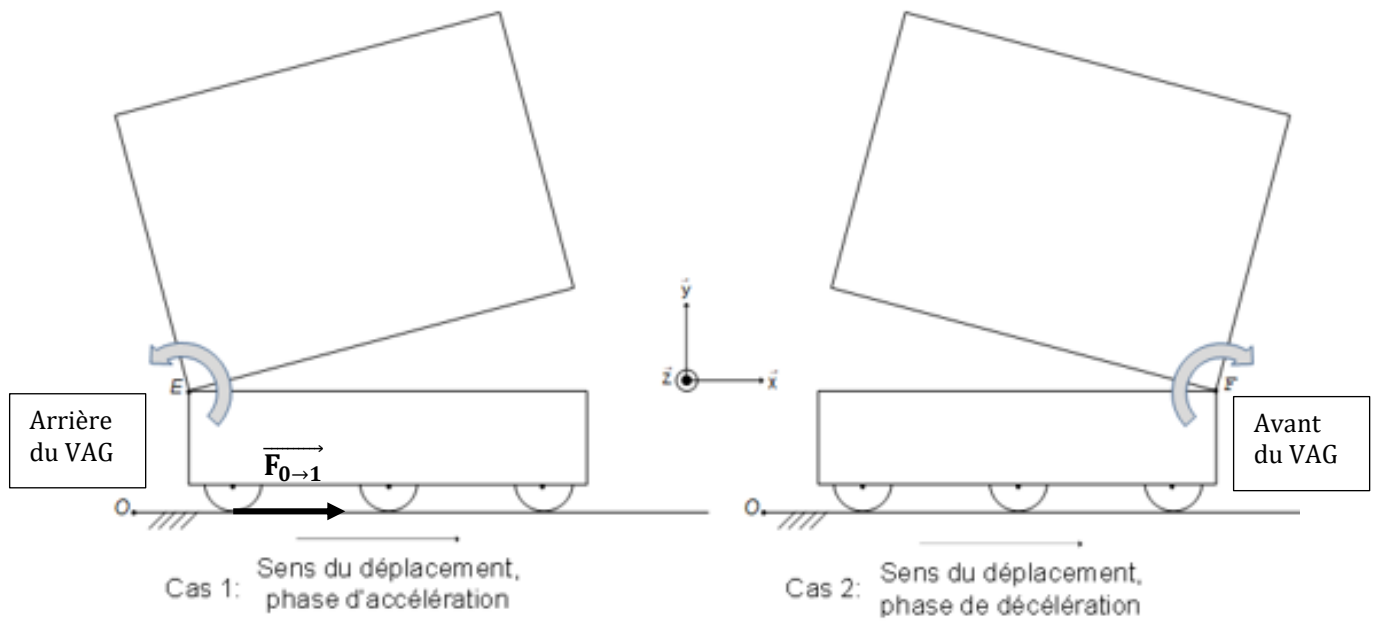


Figure 8 : Risque de basculement du chariot vers l'arrière ou vers l'avant

Un relevé de la position du point G du VAG (voir figure 6) pour $t_0 \leq t \leq t_3$ est donné ci-dessous.

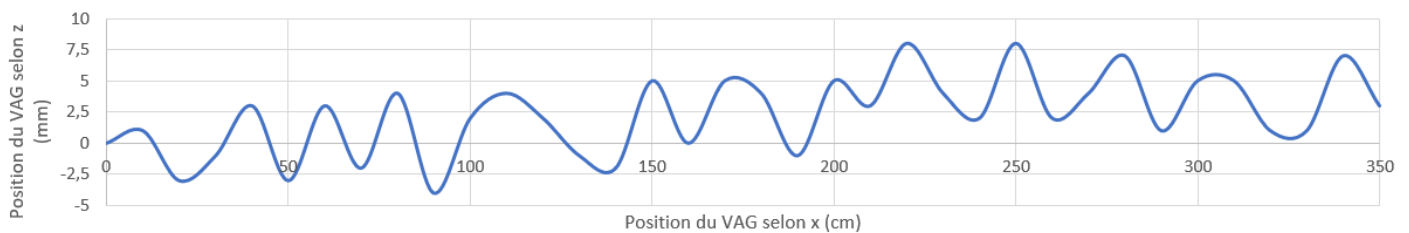
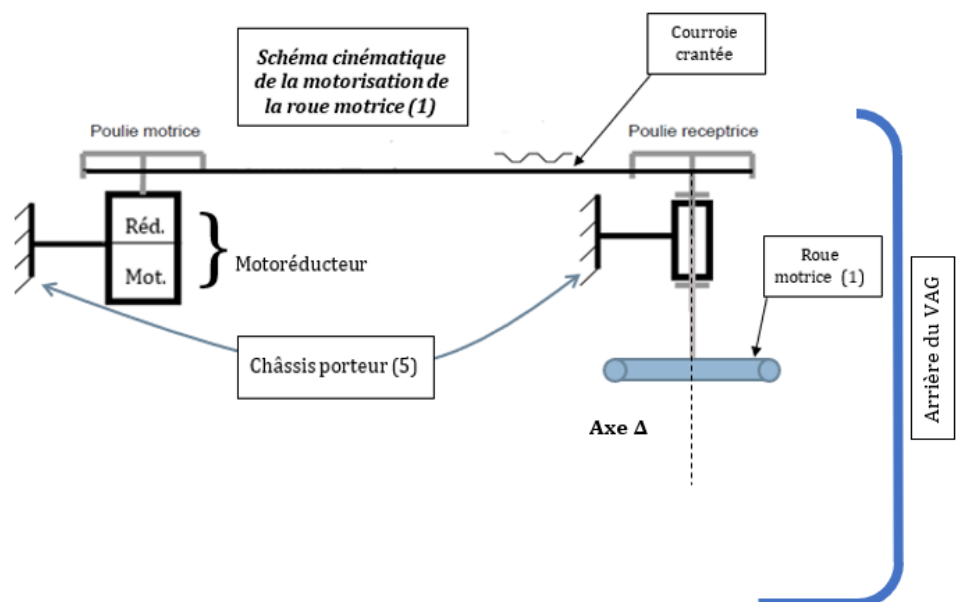


Figure 10

Q3.1.A partir du relevé de la figure 10 expliquer si l'exigence Id 1.2. est satisfaite.

**Rotation de la roue (1)
autour de l'axe Δ**

**Figure 7 (Vue de dessous
du VAG)**



Q3.2. On impose comme consigne de vitesse $v_{c\ VAG}(t) = 1,2 \cdot u(t)$ (où $u(t)$ est l'échelon unité). Calculer l'expression littérale de $\lim_{t \rightarrow \infty} v_{VAG}(t)$ (avec le professeur)

Des mesures pour l'entrée-test indicielle $v_{c\ VAG}(t) = 1,2 \cdot u(t)$ donne le relevé de la figure 11 (ordonnée en $m \cdot s^{-1}$).

Q3.3. Déterminer l'erreur statique e_{st} et le temps $t_{5\%}$ de réponse à 5 % (laisser les constructions graphiques). (voir sur internet la définition de ces grandeurs).

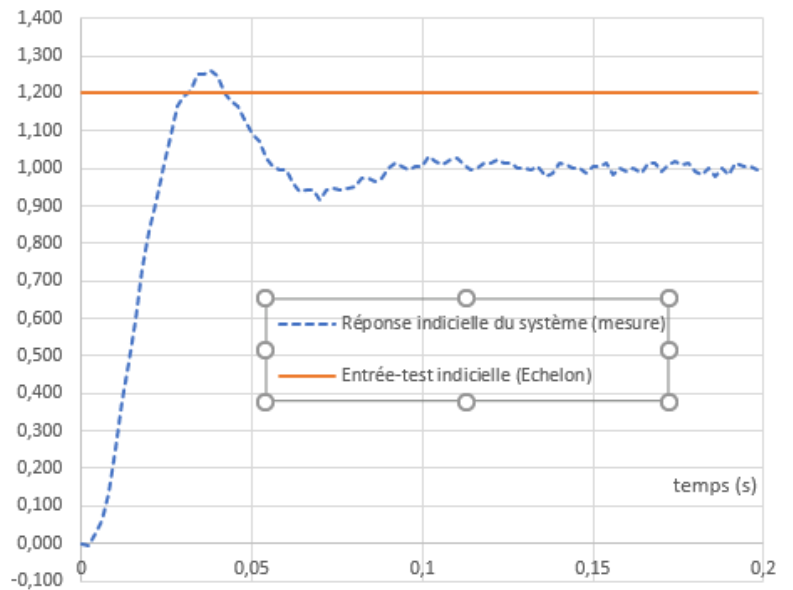


Figure 11