

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES  
—  
SESSION 2022  
—  
**INGENIERIE, INNOVATION  
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

(Classes de terminale série STI2D)

EPREUVE D'ADMISSIBILITE

Durée : 5 heures

—  
Aucun document autorisé

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Le sujet est à traiter dans sa globalité quel que soit l'option du candidat

**Consignes aux candidats**

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Numérotter chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

**1. Option Architecture et construction :**

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ARCO

Session : 2022

**2. Option Energies et environnement :**

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ENEN

Session : 2022

**3. Option Innovation technologique et éco-conception :**

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ITEC

Session : 2022

**4. Option Systèmes d'information et numérique :**

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : SINU

Session : 2022







# CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

## STI2D - Sciences et Technologies

### de l'Industrie et du Développement Durable



Constitution du sujet :

- **Sujet** (mise en situation et questions à traiter par le candidat)
  - PARTIE 1** ..... Page 4
  - PARTIE 2** ..... Page 4
  - PARTIE 3** ..... Page 11
  - PARTIE 4** ..... Page 14
  - PARTIE 5** ..... Page 20
- **Dossier Technique DT1 à DT16** ..... Page 24
- **Documents Réponse DR1 à DR5** ..... Page 43

**Le dossier sujet comporte cinq parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Les documents réponses seront à rendre (mêmes vierges) avec les copies.**

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 1/44

# Mise en situation

Le Plan Agriculture-Innovation 2025 souligne l'importance du développement de technologies et d'outils en lien avec l'agriculture numérique pour contribuer à la transformation de l'économie rurale. Le plan de recherche-développement Ecophyto II fixe, quant à lui, des objectifs de réduction des produits phytopharmaceutiques de 50% pour 2025.

De nombreux projets de recherche sont menés notamment en collaboration avec des industriels du milieu agricole. Les enjeux actuels, sur un plan démographique ainsi qu'écologique, font peser une charge de travail de plus en plus forte sur les agriculteurs. De plus, en France, le nombre d'agriculteurs a été divisé par quatre en quarante ans. Afin de réduire le nombre d'heures de travail par semaine et faciliter les conditions de travail, de nombreuses tâches vont être automatisées. C'est pourquoi les enjeux de la robotique agricole sont importants et nécessaires.

## De la spécificité des robots des champs

C'est en réponse à ces enjeux que des chercheurs des centres INRAE de Clermont-Ferrand et de Montpellier se sont lancés en 2014 dans le projet Adap2E. Leur but est de concevoir un robot reconfigurable pour s'adapter à la diversité des tâches agricoles, plus particulièrement la viticulture, un des secteurs agricoles aux contraintes les plus complexes (pénibilité, variabilité des types de parcelles et des opérations culturales).

## Expression du besoin

La solution doit répondre aux attentes des viticulteurs pour le traitement des parcelles et la collecte d'informations visuelles sur la santé du cépage.

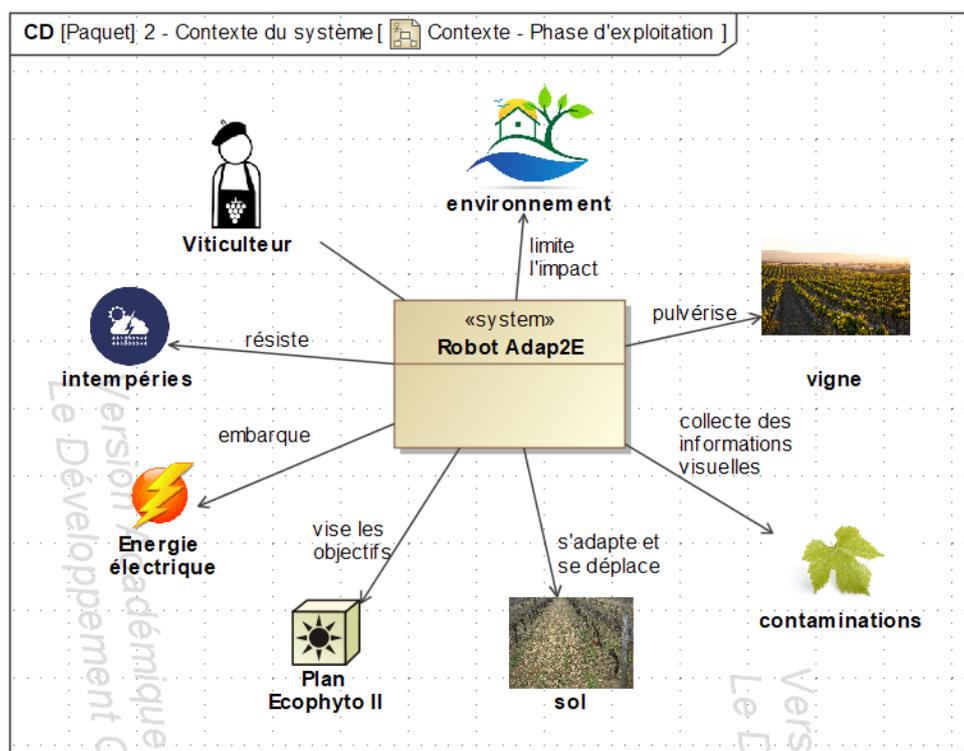


Figure 1 - Diagramme de contexte

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 2/44

Le projet Adap2E propose un système robotique agile, capable d'effectuer de façon autonome :

- Des opérations complexes de pulvérisation réduisant l'impact environnemental de cette tâche, en s'adaptant à la diversité des situations rencontrées en milieux naturels ;
- Une détection et une analyse de l'état de santé de la vigne.

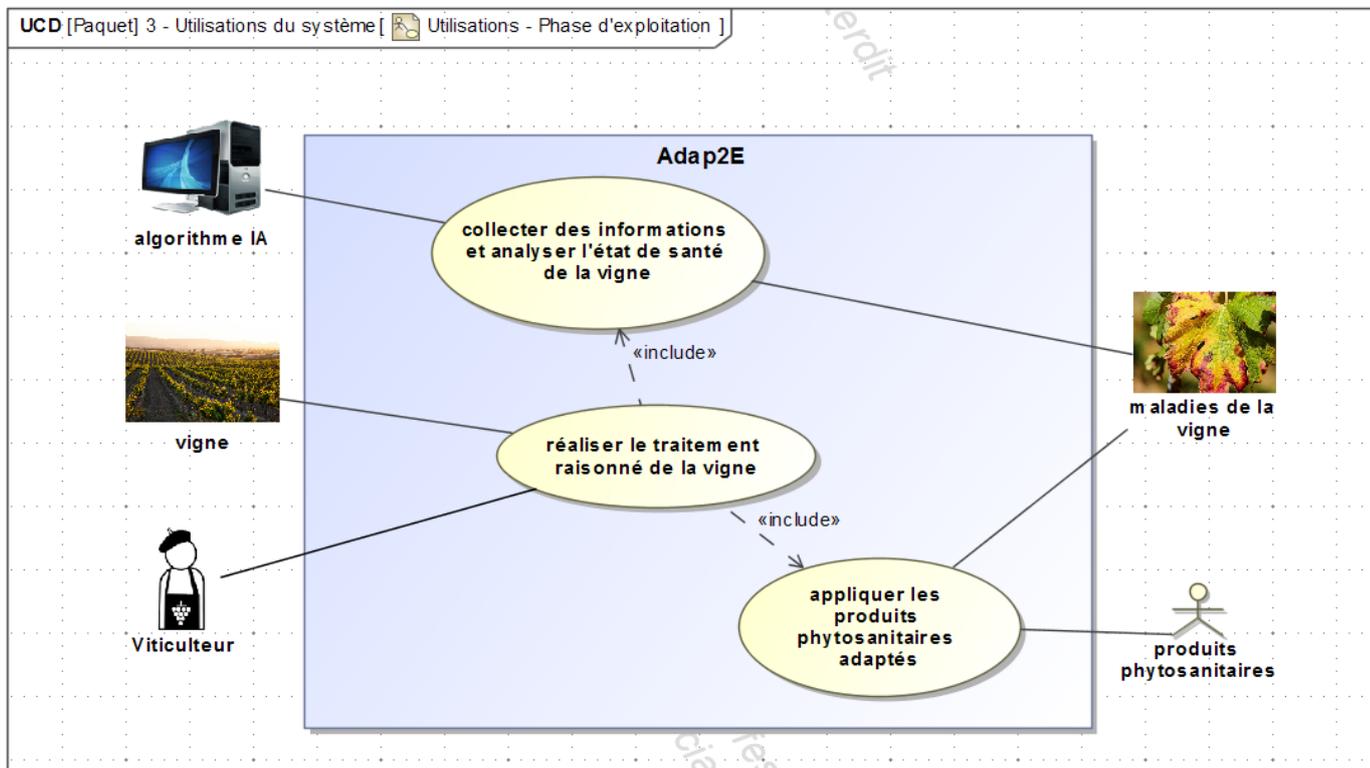


Figure 2 - Diagramme de cas d'utilisation

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 3/44

# Objectif

Il s'agit d'accroître l'efficacité des opérations agricoles, tout en préservant l'environnement. L'étude suivante doit permettre de vérifier la conformité des performances du robot Adap2E aux exigences du cahier des charges.

## Travail demandé

### Partie 1 : analyse du contexte socio-économique

*Objectif : Cette partie a pour objectif d'identifier les enjeux d'une agriculture robotisée*

Question 1.1 DT1	À partir des données de la figure 18 du DT1, <b>justifier</b> que la robotique agricole est un marché en pleine expansion.
Question 1.2 DT1	À partir de la figure 19 du DT1, <b>déterminer</b> le pourcentage de troubles musculo-squelettiques (TMS) que présente la viticulture par rapport aux TMS de l'ensemble du secteur agricole de 2008 à 2012.
Question 1.3 DT1	<b>Expliquer</b> en quoi l'acquisition de données des robots utilisés dans les vignobles est intéressante pour le viticulteur.
Question 1.4 DT1	Pour chacune des trois dimensions interdépendantes du développement durable, <b>proposer</b> un argument sur l'intérêt d'utiliser des robots dans le secteur agricole, notamment en viticulture.

### Partie 2 : étude du suivi de trajectoire

*Objectif : Le suivi de trajectoire par le robot Adap2E impose le contrôle de plusieurs paramètres comme la rotation et l'orientation des roues. Dans cette partie, il s'agit de vérifier si les solutions techniques choisies permettent le suivi de la trajectoire comme spécifié dans le cahier des charges.*

#### Braquage des roues

Le robot Adap2E dispose de quatre roues directrices et motorisées.

Le mouvement du châssis du robot et la trajectoire du point C appartenant au châssis dans son mouvement par rapport au sol sont fonction :

- de l'orientation ;
- de la vitesse de rotation des roues par rapport au châssis ;
- des caractéristiques des liaisons roues-sol (glissement, adhérence).

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 4/44

Lors du traitement des vignes, le robot doit effectuer un demi-tour en bout de rang. On suppose un roulement sans glissement des roues sur le sol et on se place dans le cas d'un mouvement de rotation du châssis autour du point noté CIR, la trajectoire circulaire du point C appartenant au robot par rapport au sol étant définie sur la figure 22 du DT5.

On précise que :  $\tan\theta_{1av} = \frac{L}{2R_M - a + 2b}$  et  $\tan\theta_{2av} = \frac{L}{2R_M + a - 2b}$ .

Les angles  $\theta_{1ar}$ ,  $\theta_{1av}$ ,  $\theta_{2ar}$  et  $\theta_{2av}$  définissent respectivement l'orientation (braquage) des roues arrière et avant gauche et des roues arrière et avant droite par rapport au châssis.

Question 2.1 | **Compléter** la chaîne d'information et de puissance du document réponse  
DR1 DT3 | DR1 avec les termes suivants : Alimenter, Acquérir, Moduler, Convertir, Traiter, Adapter.

Question 2.2 | L'angle de braquage de chaque roue du robot par rapport au châssis est  
DT2 DT4 | de  $\pm 45^\circ$ , **calculer** la valeur du rayon minimal  $R_{Mmin}$  du robot. **Conclure**  
DT5 | sur la validation de l'exigence du cahier des charges.

Question 2.3 | **Justifier** succinctement que toutes les roues n'ont pas la même vitesse  
DT4 DT5 | de rotation. **Préciser** quelles sont celles qui tournent le plus vite.

La figure 23 du DT6 représente le modèle volumique et le modèle cinématique partiel de l'orientation d'une roue et de sa suspension.

Dans le cas d'engrenages sans jeu :  $\left| \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_3} \right| = \frac{Z_3}{Z_2}$  et  $\left| \frac{\Delta\theta_5}{\Delta\theta_3} \right| = \frac{Z_3}{Z_5}$  avec  $Z_i$  nombre de dents de la roue  $i$ .

Afin de contrôler la position angulaire des roues par rapport au châssis du robot, Adap2E utilise des codeurs absolus qui donnent une valeur numérique identifiable par la partie commande.

La mesure indirecte de l'orientation de chaque roue est réalisée par un codeur multi-tours absolu à arbre plein de référence **RM9000\_RMS0024-C24/US** (DT7).

Question 2.4 | **Relever** la valeur N (résolution) du nombre de pas par tour des codeurs  
DT6 DT7 | utilisés, en déduire sa précision  $\Delta\theta_5$  en degrés.

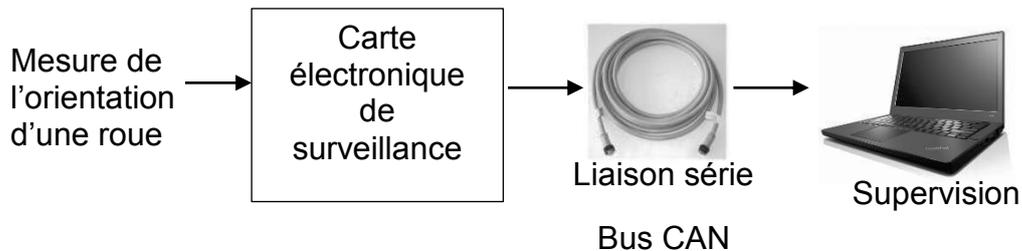
Question 2.5 | **Calculer**  $\Delta\theta_3$  en degrés et **justifier** le respect de l'exigence.  
DT6 DT2

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 5/44

## Transmettre l'information « orientation des roues »

Le bus CAN (Control Area Network) est un bus de communication série, principalement conçu pour mettre en réseau diverses cartes électroniques. Il est utilisé dans de nombreux moyens de transport pour faire dialoguer les divers systèmes de contrôle ou de commande.

Ci-dessous le schéma synoptique de la supervision de l'orientation des roues :



Question 2.6 | **Indiquer** le débit de transmission sur l'interface de communication bus  
DT7 CAN.

Question 2.7 | En **déduire T**, la durée de transmission d'un bit sur le bus CAN ainsi  
DT7 configuré.

Question 2.8 | **Déterminer** le nombre d'octets nécessaires pour transmettre l'information  
DT7 issue d'un capteur multi-tours absolu (DATA) ?

Question 2.9 | **Calculer** le temps nécessaire  $T_{\text{TRAME\_CAN}}$  pour transmettre la position d'un  
DT7 codeur.

Question 2.10 | **Calculer** le rendement  $\frac{\text{données utiles}}{\text{trame standard}}$  du protocole CAN lorsqu'il émet une  
DT7 trame de données complète (cas de la trame CANopen standard).

Question 2.11 | **Déterminer** le temps nécessaire  $T_{\text{TOT\_TRAME\_CAN}}$  pour transmettre la position  
DT2 des quatre codeurs. En justifiant la réponse, **vérifier** le respect du cahier des charges.

## Asservissement en position angulaire du moyeu d'une roue

Il est indispensable de maîtriser la position angulaire des roues. C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir recours à un asservissement, c'est-à-dire un système capable d'atteindre et de maintenir la consigne en utilisant la mesure.

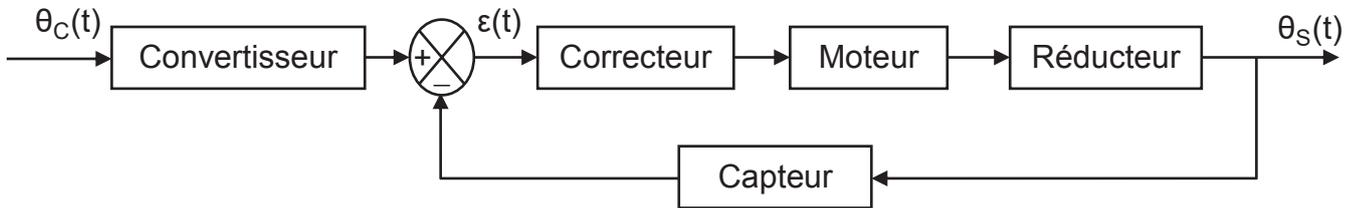


Figure 3 - Schéma bloc de l'asservissement en position du moteur

Question 2.12 | À partir de la réponse indicielle simulée avec un correcteur proportionnel DT8 DT2 (DT8 figure 24), **justifier** le fait que ce correcteur proportionnel ne permet pas de satisfaire les performances attendues.

Question 2.13 | En analysant la réponse indicielle avec un correcteur PID (DT8 figure 25), DT8 DT2 **déterminer** l'écart de position, le dépassement, le temps de réponse à 5% et conclure sur les performances attendues.

## Déplacement en ligne droite du robot

En ligne droite le robot doit pouvoir évoluer dans des parcelles dont la pente est conforme au cahier des charges.

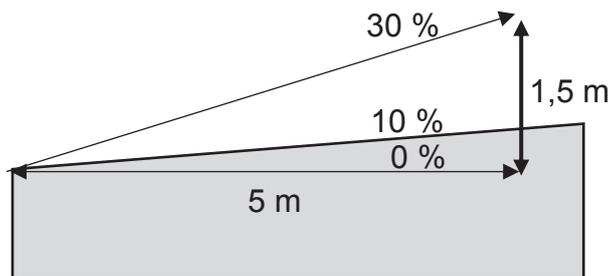


Figure 4 – Définition de la pente en %

Question 2.14 | **Indiquer** la pente maximale sur laquelle doit pouvoir se déplacer Adap2E. DT2 **Déterminer** l'angle  $\beta$  en degrés correspondant à la pente maximale utile pour le modèle de simulation.

Question 2.15 | À partir des résultats de simulation pour une pente de 30%, **déterminer** DT9 la vitesse maximale de déplacement du robot.

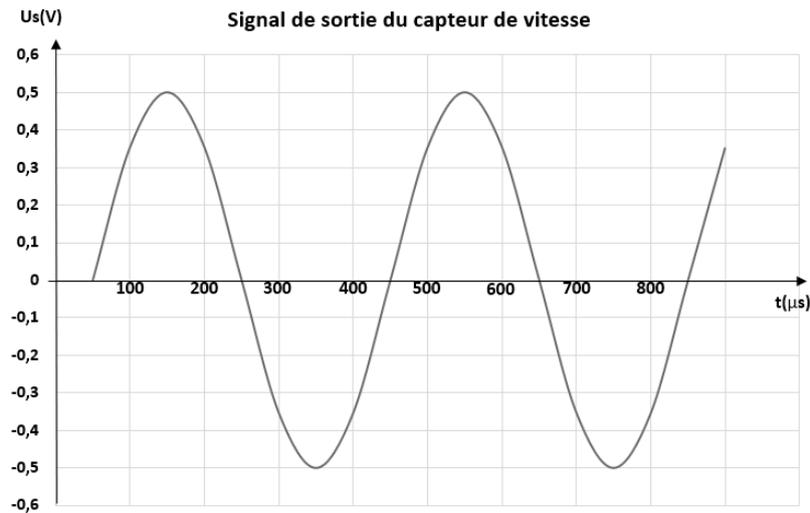
Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 7/44

Question 2.16 | **Relever** les paramètres externes pris en compte dans la simulation.  
DT9

### Acquisition de l'information « fréquence de rotation des roues »

Question 2.17 | **Déterminer** la sensibilité en  $\text{kHz}\cdot\text{tr}^{-1}\cdot\text{s}$  du capteur de fréquence de rotation des roues.  
DT10

Le relevé du signal de sortie du capteur de vitesse conduit à la représentation ci-dessous.



Question 2.18 | **Déterminer** la période du signal de sortie du capteur de vitesse pour le relevé ci-dessus.

Question 2.19 | **Calculer** la fréquence du signal de sortie du capteur de vitesse pour cet essai.

Question 2.20 | **Calculer** la fréquence de rotation  $n$  en  $\text{tr}\cdot\text{s}^{-1}$  de la roue pour cet essai.

Question 2.21 | Sachant que la roue du robot a un diamètre de 38,1 cm, **calculer** la vitesse de déplacement  $v$  en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  du robot pour cet essai.

Le capteur étant monté sur le robot, le signal issu de ce dernier est à nouveau analysé dans des conditions réelles de fonctionnement, mais pour une vitesse angulaire différente de la précédente. Sa représentation fréquentielle est donnée ci-dessous :

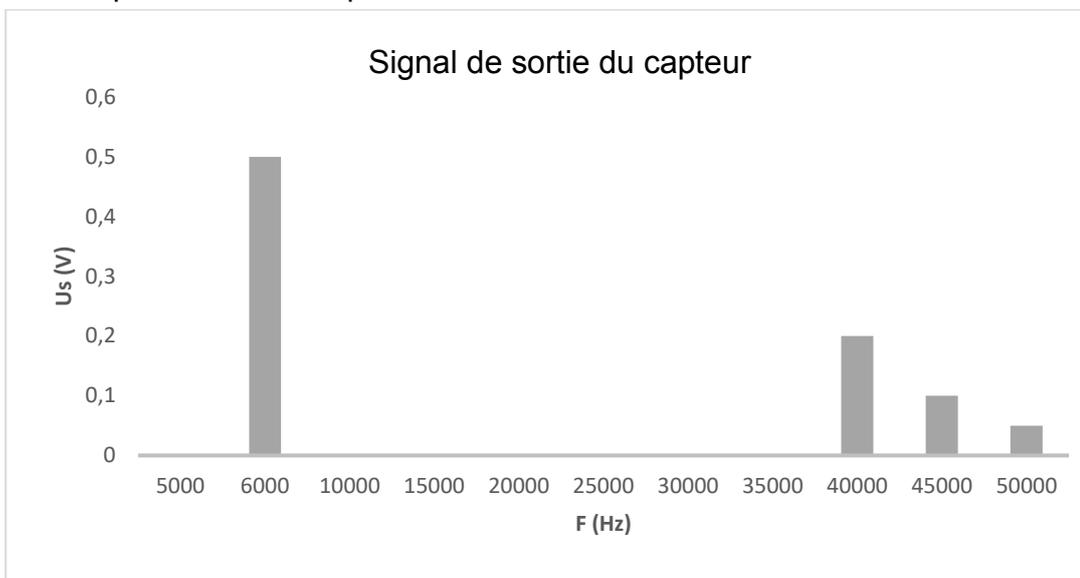


Figure 6 - Signal de sortie du capteur

Question 2.22 | **Préciser** la partie du signal qu'il faudra éliminer et celle utile qu'il faudra conserver pour pouvoir mesurer la vitesse angulaire de la roue.

Question 2.23 | **Indiquer** et **justifier** le type de filtre à utiliser pour éliminer les fréquences DT11 inutiles.

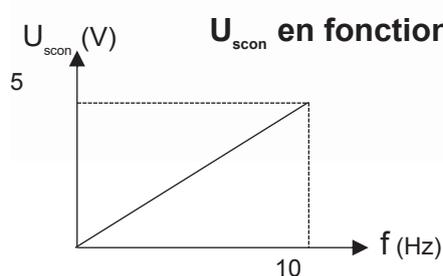
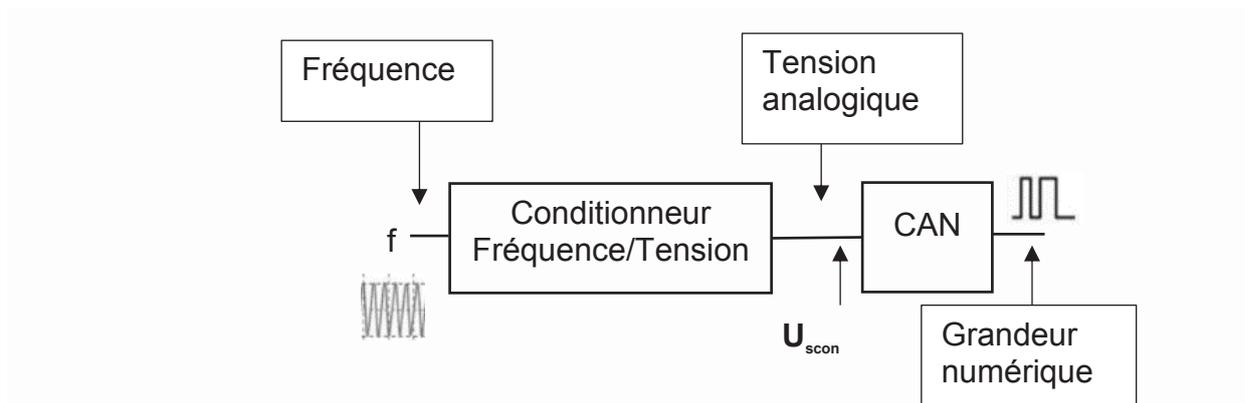
Le signal issu du capteur doit être dirigé vers le calculateur « fonction vitesse » pour évaluer la vitesse de la roue.

Pour cela, on utilise un convertisseur analogique numérique (CAN) **12 bits** ;  $U_{ref} = 5 \text{ V}$ .

Question 2.24 | **Calculer** le quantum  $q$  du convertisseur analogique numérique. DT12

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 9/44

Le signal du capteur n'étant pas adapté au CAN, il faut rajouter un conditionneur :



$f$  : fréquence de la tension alternative mesurée par le capteur de vitesse  
 $U_{scon}$  : tension de sortie du conditionneur

- Question 2.25 | **Calculer** la plus petite valeur de fréquence de rotation de la roue différente de  $0 \text{ tr.s}^{-1}$  détectable avec cette chaîne de mesure.
- Question 2.26 | En **déduire** la plus petite valeur de vitesse détectable avec cette chaîne de mesure en  $\text{km.h}^{-1}$ .
- Question 2.27 DT2 | En justifiant la réponse, **vérifier** si la chaîne de mesure répond aux exigences du cahier des charges.

## Partie 3 : étude du moyen de stockage et des conséquences mécaniques

**Objectif :** *Le robot Adap2E doit être autonome pour assurer une journée de travail. Pour cela il doit embarquer une quantité d'énergie suffisante. Dans cette partie il s'agit dans un premier temps de caractériser la batterie utilisée, puis de dimensionner la capacité de cette batterie nécessaire pour que le robot puisse fonctionner sur une journée de travail en autonomie.*

Le robot sera amené à se déplacer dans des parcelles de vigne ayant des agencements différents. Le cas le plus défavorable pour l'autonomie de la batterie se rencontre lorsque les pieds de vigne sont en rangs larges (cf. figure ci-contre). Dès lors, le robot devra parcourir environ 4 km par hectare.

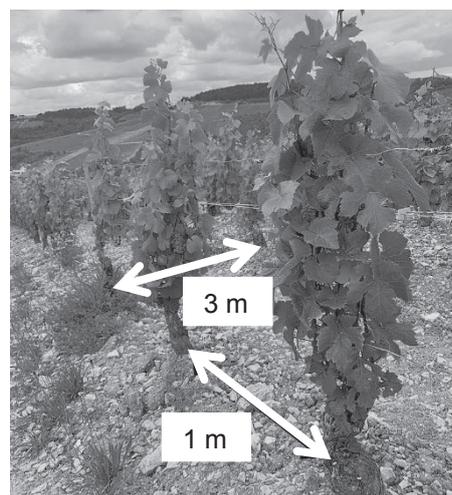


Figure 7 - Vignes rang large,  
© Benoît Prieur / Wikimedia Commons /

### Structure des accumulateurs

Les cellules choisies sont des cellules lithium-polymère ( $\text{LiFePO}_4$ ) ayant une tension nominale de 3,2 V. La brique élémentaire qui composera la batterie a été modélisée sur un logiciel multiphysique, document DT13.

Question 3.1 | En analysant la modélisation multiphysique des cellules  $\text{LiFePO}_4$ ,  
DT13 | **déterminer** quelle interaction physique a aussi été modélisée.

Question 3.2 | **Déterminer** la tension nominale résultant de l'association de toutes les  
DT13 | cellules.

Afin de déterminer la capacité de la brique élémentaire en ampère-heure, une simulation de décharge complète a été faite. Le résultat est donné sur le DT14.

Question 3.3 | **Déterminer** la capacité de la brique élémentaire en ampère-heure.  
DT14

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 11/44

## Dimensionnement du bloc batterie

Indépendamment des résultats trouvés dans la partie précédente, nous choisirons une brique élémentaire ayant une tension nominale de 51,2 V pour une capacité de 50 Ah.

Pour la suite les briques élémentaires ne seront associées qu'en parallèle.

*Hypothèses :*

Nous supposons qu'une journée de travail typique du robot se décompose comme suit :

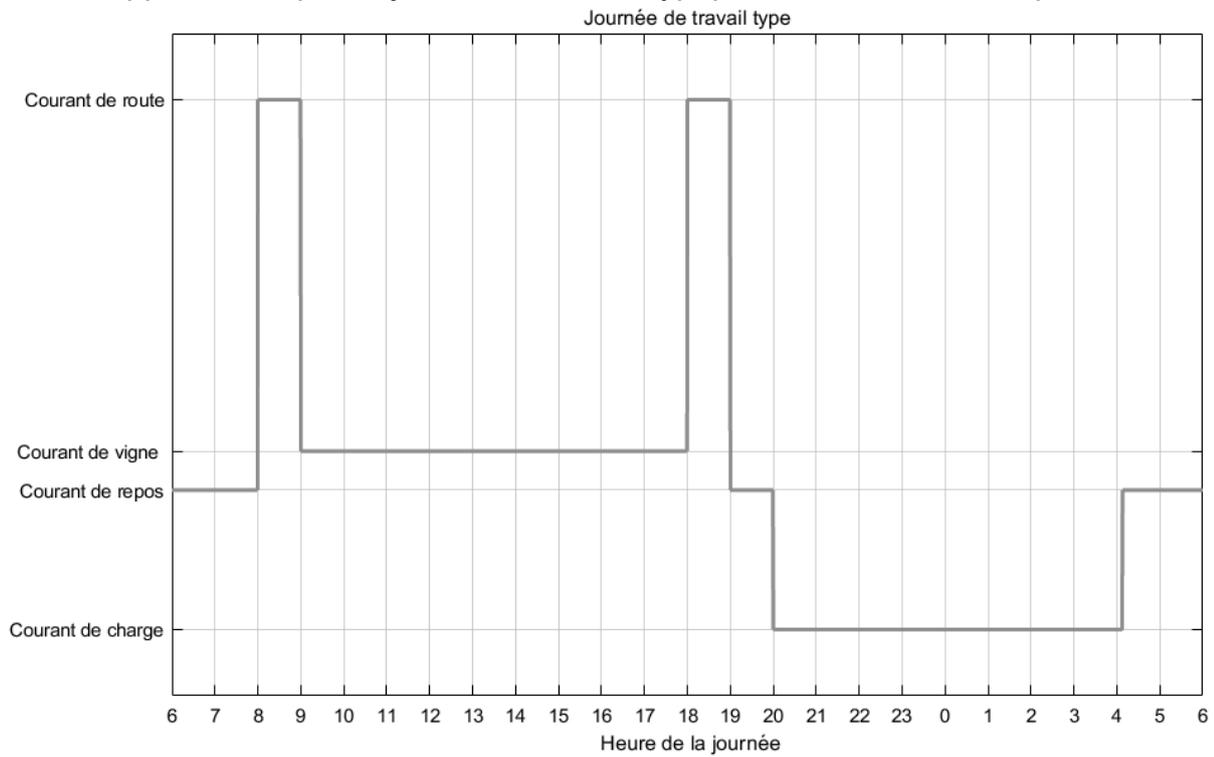


Figure 8 - Journée de travail type

- 8h – 9h : Déplacement jusqu'aux parcelles à traiter. Le robot se déplace alors à une vitesse d'environ 30 km.h<sup>-1</sup>. Le courant absorbé sera noté  $I_r$  le courant de route. Sa valeur est  $I_r = 80$  A ;
- 9h - 18h : Traitements sur les vignes. Le robot se déplace alors à une vitesse d'environ 3km.h<sup>-1</sup>. Le courant absorbé sera noté  $I_v$  le courant de vigne. Sa valeur est  $I_v=10$  A ;
- 18h - 19h : Retour sur le site de l'exploitation agricole. Le robot se déplace alors à une vitesse d'environ 30 km.h<sup>-1</sup> ;
- 20h – 4h : Recharge de la batterie. Le robot est relié au réseau EDF et absorbe un courant de charge noté  $I_c$ . Sa valeur est  $I_c=25$  A.

Question 3.4 | En tenant compte seulement de la phase de traitement, **déterminer** la quantité d'énergie nécessaire afin de traiter un hectare.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 12/44

Une exploitation viticole de production de bouteille de vin non biologique a en moyenne une surface agricole de 25 ha lorsque la répartition des rangs de vigne est large.

Question 3.5 | **Déterminer** le nombre d'hectares pouvant être traité sur une journée de travail (9h-18h). Conclure sur la possibilité d'effectuer le traitement des parcelles d'une exploitation entière en une journée.

Question 3.6 | **Déterminer** le courant absorbé moyen sur une journée de travail (8h-19h) en fonction de  $I_r$  et  $I_v$ .

Plusieurs stratégies de commande du robot sont alors possibles en fonction du vieillissement de la batterie. Une modélisation multiphysique permettant d'étudier le cyclage de la batterie sur deux ans est présentée sur le DT14. La durée de vie maximale d'une batterie est définie en nombre de cycle maximal.

Question 3.7 | **Expliquer** les variations de la courbe de température. **En déduire** la DT14 signification des chiffres sur l'axe des abscisses.

Question 3.8 | En analysant les courbes de cyclage des batteries, **expliquer** l'impact des DT14 variations de l'état de charges (SOC) et de la température sur le vieillissement de la batterie.

Question 3.9 | **Dimensionner** alors la capacité de la batterie en Ah dans les deux cas de DT14 figure :

- la batterie est vide à la fin de sa journée de travail ;
- la batterie est à moitié vide à la fin de sa journée de travail.

Question 3.10 | À partir des résultats de la question précédente, sachant que la tension nominale de la batterie est d'environ 51,2 V, en **déduire** l'énergie stockée dans la batterie en kWh pour les deux cas.

Question 3.11 | Sachant que l'énergie massique d'une batterie LiFePO4 est de l'ordre de  $12 \text{ kg.kWh}^{-1}$  **déterminer** la masse totale de la fonction stockage du robot dans les deux cas.

Il conviendrait par la suite de trouver un compromis entre la durée de vie du stockage, son coût à l'achat, sa masse, etc.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 13/44

## Partie 4 : non renversement et adhérence de Adap2E

**Objectif** La masse du bloc batteries, afin d'atteindre l'autonomie recherchée, est non négligeable devant la masse totale du robot. Le positionnement du bloc batteries a un impact important notamment lors des déplacements sur des terrains accidentés. Dans cette partie il s'agit de définir le bon positionnement du bloc batteries afin de limiter les risques tels que le renversement et le décrochage.

Les conditions de travail du robot Adap2E peuvent être complexes. En effet, le robot évolue dans des terrains accidentés pour lesquels la pente, le dévers, les variations d'adhérence des roues sur le terrain et les manœuvres telles que les virages serrés et les demi-tours sont envisagés.

Les risques encourus sont principalement le renversement et le décrochage.

### Modélisation utilisée pour cette partie

Le robot Adap2E est assimilé à un ensemble des solides supposés indéformables, on note : Robot Adap2E = {châssis, roues, bloc batteries, réservoir avec produit phytosanitaire}.

Le sol est modélisé par un plan incliné.

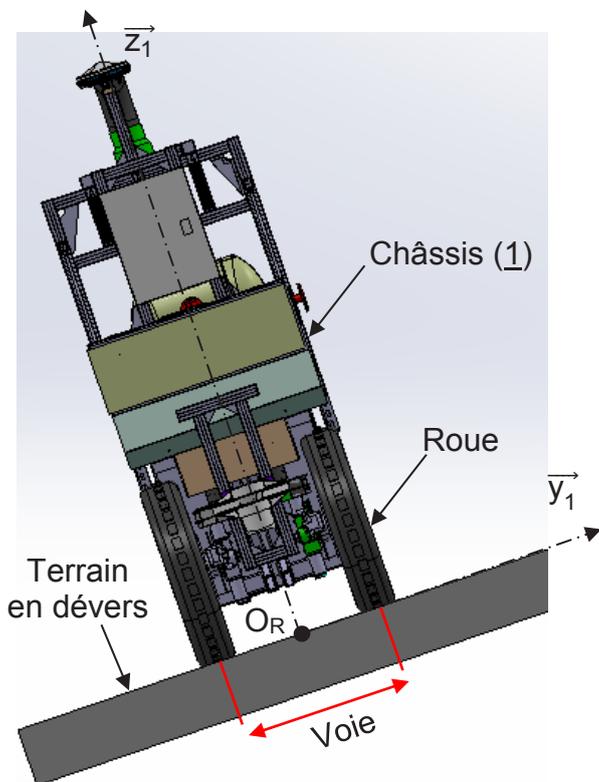


Figure 9 – Modèle volumique du robot Adap2E

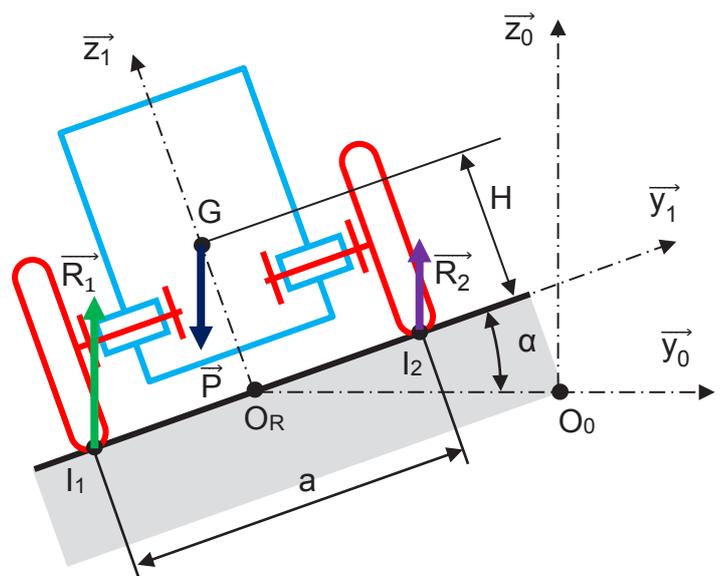


Figure 10 - Modélisation 1

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 14/44

Hypothèse et paramétrage :

Le repère  $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est associé au sol et supposé galiléen.

Le repère  $R_1(O_R, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  est associé au châssis (1) du robot. Le point  $O_R$  est le milieu du segment  $[I_1 I_2]$ .

Le robot Adap2E étant supposé symétrique, l'étude se limitera au plan transversal du robot ( $O_R, \vec{y}_1, \vec{z}_1$ ).

Le contact du sol sur chacune des roues (i) est modélisé par une liaison ponctuelle avec frottement. L'action mécanique du sol sur la roue (i) est représentée par une résultante

$$\vec{R}_{\text{sol} \rightarrow \text{roue } i} = \vec{R}_i = N_i \vec{z}_1 + T_i \vec{y}_1 .$$

On note :

- G, le centre de masse (ou centre de gravité) du robot Adap2E
- H, la hauteur du centre de masse par rapport au sol avec  $\vec{O}_R \vec{G} = H \vec{z}_1$
- $\alpha = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$ , l'angle d'inclinaison du sol (dévers)
- m, la masse totale du robot = {châssis, roues, bloc batteries, réservoir avec produit phytosanitaire}
- $a = \|\vec{I}_1 \vec{I}_2\|$ , la voie du robot
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ , l'accélération de la pesanteur.

#### Condition de non-renversement :

Le système en appui sur  $I_1$  et  $I_2$  ne se renverse pas tant que le poids est situé entre les deux points d'appui. Le moment du poids par rapport à un point d'appui provoque alors une réaction du sol sur l'autre point d'appui. Lorsque le point G sort de cette zone, le moment du poids par rapport au point d'appui change de sens supprimant la réaction du sol. Cela implique que pour éviter le renversement du robot Adap2E, il faut que les efforts normaux de l'action du sol sur les roues 1 et 2 soient strictement positifs :  $N_i > 0$ .

#### Condition d'adhérence (non-décrochage) :

Pour éviter le glissement du robot Adap2E par rapport au sol, il faut que l'effort normal  $N_i$  et l'effort tangentiel  $T_i$  de l'action du sol sur chaque roue i vérifient les lois de Coulomb relatives au frottement sec soit :  $|T_i| < f |N_i|$ . Avec f le coefficient d'adhérence des roues sur le sol.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 15/44

## Aspect statique

On se place dans le cas N°1 où le robot Adap2E est à l'arrêt sur un terrain en dévers comme le montre la figure 10.

Isolement et étude de l'équilibre du robot Adap2E.

Le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées au robot est le suivant :

- action de pesanteur sur le robot en G :  $\{T_{\text{pesanteur} \rightarrow \text{robot}}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = -m.g \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G$
- action du sol sur la roue intérieure en  $I_1$  :  $\{T_{\text{sol} \rightarrow \text{roue 1}}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_1 = N_1 \vec{z}_1 + T_1 \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{I_1}$
- action du sol sur la roue extérieure en  $I_2$  :  $\{T_{\text{sol} \rightarrow \text{roue 2}}\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_2 = N_2 \vec{z}_1 + T_2 \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{I_2}$

Le théorème de la résultante statique appliqué au robot Adap2E en projection sur  $\vec{y}_1$  et  $\vec{z}_1$  conduit aux deux équations scalaires suivantes : 
$$\begin{cases} T_1 + T_2 - m.g.\sin\alpha = 0 \\ N_1 + N_2 - m.g.\cos\alpha = 0 \end{cases}$$

Le théorème du moment statique en  $I_1$  appliqué au robot Adap2E en projection sur  $\vec{x}_0$  conduit à l'équation scalaire suivante :  $a.N_2 - m.g.\frac{a}{2}.\cos\alpha + H.m.g.\sin\alpha = 0$

Question 4.1 | **Déterminer** la relation entre  $\alpha$  (angle de dévers du terrain [rad]),  $a$  (voie) et  $H$  (hauteur du centre de gravité par rapport au sol) pour valider la condition de non-renversement.

Question 4.2 | **Déterminer** la relation entre  $\alpha$  et  $f$  (coefficient d'adhérence entre les roues et le sol) pour valider la condition de non-décrochage du robot sur le sol.

### Données :

- Masse totale du robot avec le réservoir de produit phytosanitaire plein :  $m_{\text{max}} = 800 \text{ kg}$
- Hauteur maxi du centre de masse par rapport au sol :  $H_{\text{max}} = 0,9 \text{ m}$
- Voie du robot :  $a = 0,56 \text{ m}$
- Coefficient d'adhérence entre les roues et le sol :  $f = 0,4$ .

Question 4.3 | **Réaliser** l'application numérique pour un dévers de 25%. En justifiant la réponse, **préciser** si le Robot Adap2E vérifie la condition de non-renversement et celle d'adhérence.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 16/44

## Aspect dynamique

On se place dans le cas où le robot Adap2E effectue un virage de rayon  $R_c$  sur un terrain en dévers à vitesse constante comme le montre la figure ci-dessous.

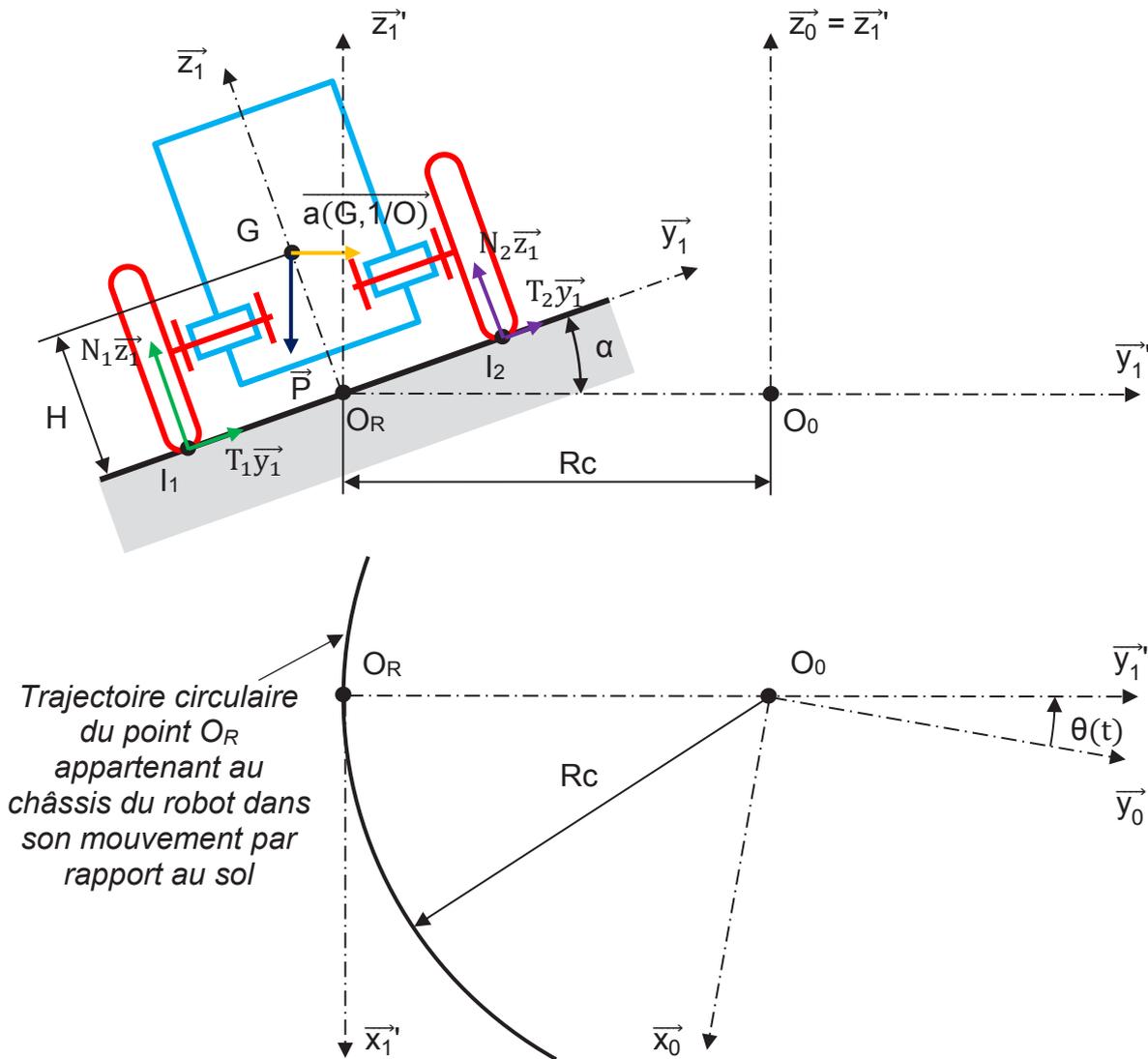


Figure 11 - Modélisation 2

Les repères  $R_1(O_R, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  et  $R_1'(O_R, \vec{x}_1', \vec{y}_1', \vec{z}_1')$  sont associés au châssis du robot. L'angle de dévers  $\alpha$  est supposé constant.

Le centre de masse  $G$  du robot est défini par :  $\vec{O}_0G = -R_c \vec{y}_1' + H \vec{z}_1$ .

Le mouvement du châssis (1) par rapport au repère  $R_0$ , est une rotation autour de l'axe  $(O_0, \vec{z}_0)$  avec  $\theta(t) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1') = (\vec{y}_0, \vec{y}_1')$ .

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 17/44

On précise :

- Vitesse du point  $O_R$  appartenant au châssis dans son mouvement par rapport à  $R_0$  :  $\overrightarrow{V(O_R, 1/O)} = V \overrightarrow{x_1'}$  avec  $V$  constante et positive.
- Vecteur accélération centripète du point  $O_R$  appartenant au châssis dans son mouvement par rapport à  $R_0$  :  $\overrightarrow{a(O_R, 1/O)} = \frac{V^2}{R_c} \overrightarrow{y_1'}$ .

Pour cette partie de l'étude, la condition d'adhérence est respectée.

Avec la modélisation proposée, une étude dynamique du robot Adap2E (DT15) a permis de définir l'évolution des efforts normaux du sol sur les roues ( $N_1$  et  $N_2$ ) en fonction de la vitesse de déplacement du robot  $V$  pour un dévers de 25% et un virage de rayon  $R_c = 1$  m pour deux valeurs de  $H$  (0,9 m et 0,7 m).

Question 4.4 | En analysant les courbes du document technique DT15, **indiquer** pour DT15 chaque valeur de  $H$ , la vitesse limite  $V_{lim}$  en  $m.s^{-1}$  à partir de laquelle la condition de non-renversement du robot n'est plus vérifiée.

Question 4.5 | **Exprimer** cette vitesse  $V_{lim}$  en  $km.h^{-1}$  et **conclure** vis-à-vis de l'exigence DT2 de performance BP2 du diagramme des exigences.

Question 4.6 | **Préciser** l'influence de la hauteur  $H$  du centre de masse par rapport au sol sur le risque de renversement.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 18/44

## Position du bloc batteries sur le robot Adap2E

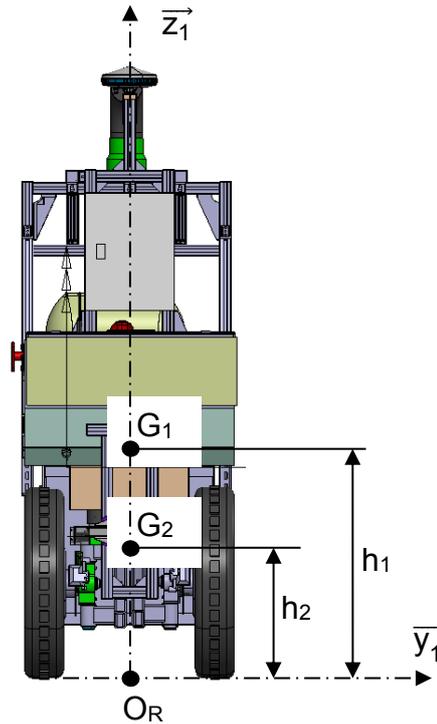


Figure 12 - Robot Adap2E = {E1, E2}

On définit deux ensembles de solides :

$E_1 = \{\text{châssis, roues, réservoir avec produit phytosanitaire}\}$

$E_2 = \{\text{bloc batteries}\}$

On note :

$m_1$  : masse de l'ensemble E1

$G_1$  : centre de masse de l'ensemble E1 avec  $\overrightarrow{O_R G_1} = h_1 \vec{z}_1$ .

$m_2$  : masse de l'ensemble E2

$G_2$  : centre de masse de l'ensemble E2 avec  $\overrightarrow{O_R G_2} = h_2 \vec{z}_1$ .

$m$  : masse totale du robot Adap2E ( $m = m_1 + m_2$ )

$G$  : centre d'inertie du robot avec le bloc batteries avec  $\overrightarrow{O_R G} = H \vec{z}_1$ .

La hauteur H est définie par la relation suivante :

$$H = \frac{m_1 h_1 + m_2 h_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 h_1 + m_2 h_2}{m}$$

Question 4.7

**Conclure** sur le meilleur positionnement du bloc batteries implanté sur le robot pour minimiser le risque de renversement. **Préciser** si ce positionnement est compatible avec la contrainte de garde au sol.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 19/44

## Partie 5 : étude du dispositif d'analyse vidéo

**Objectif** *Pour effectuer le traitement ciblé des pieds de vigne malades, la plateforme robotisée a été équipée d'un dispositif d'analyse vidéo et d'une unité de traitement sélectif composé d'une rampe de pulvérisation à multi jets pilotables individuellement. Cette plateforme peut ainsi identifier les zones et effectuer un traitement ciblé. Dans cette partie, il s'agit de vérifier les exigences du cahier des charges liées à la détection vidéo et le traitement des données.*

L'unité de détection comprend une caméra filmant la vigne et un ordinateur chargé de l'analyse vidéo. Pour déterminer les zones à traiter, le robot effectue un premier passage dans la vigne et filme les rangs. L'analyse vidéo se fait après le passage dans les rangs pour des raisons de limitation de la puissance de calcul embarquée.

L'analyse effectuée, le robot réalise un dernier passage pour traiter les zones de façon sélective à l'aide de produits phytosanitaires.

### **Détection des zones à traiter**

Un prétraitement vidéo est réalisé. Il a pour vocation de mettre en évidence les contours des feuilles de vigne. Il est mis en place afin de faciliter le travail de l'algorithme d'intelligence statistique qui sera employé pour la détection finale des pieds de vigne malades.

Le prétraitement vidéo s'appuie sur les étapes suivantes :

1. On extrait la composante verte de l'image.
2. Un filtre de détection de contour met ensuite en évidence les feuilles de vigne.
3. Un réglage du seuil de détection en fonction de la luminosité est effectué pour renforcer les contours.
4. L'algorithme d'intelligence statistique analyse les feuilles et détecte les zones à traiter.

La solution technologique pour effectuer ces tâches est une caméra en guise de capteur avec les caractéristiques suivantes :

résolution des images 1024\*768 pixels en format RVB (Rouge Vert Bleu) ;  
acquisition à raison de 15 images par seconde ;  
codage des couleurs en format 8 bits chacune ;  
angle d'ouverture 60° ;  
données transmises en série.

La distance vis-à-vis de la haie est de 1 m.

Le système filme uniquement quand il parcourt les rangs.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 20/44

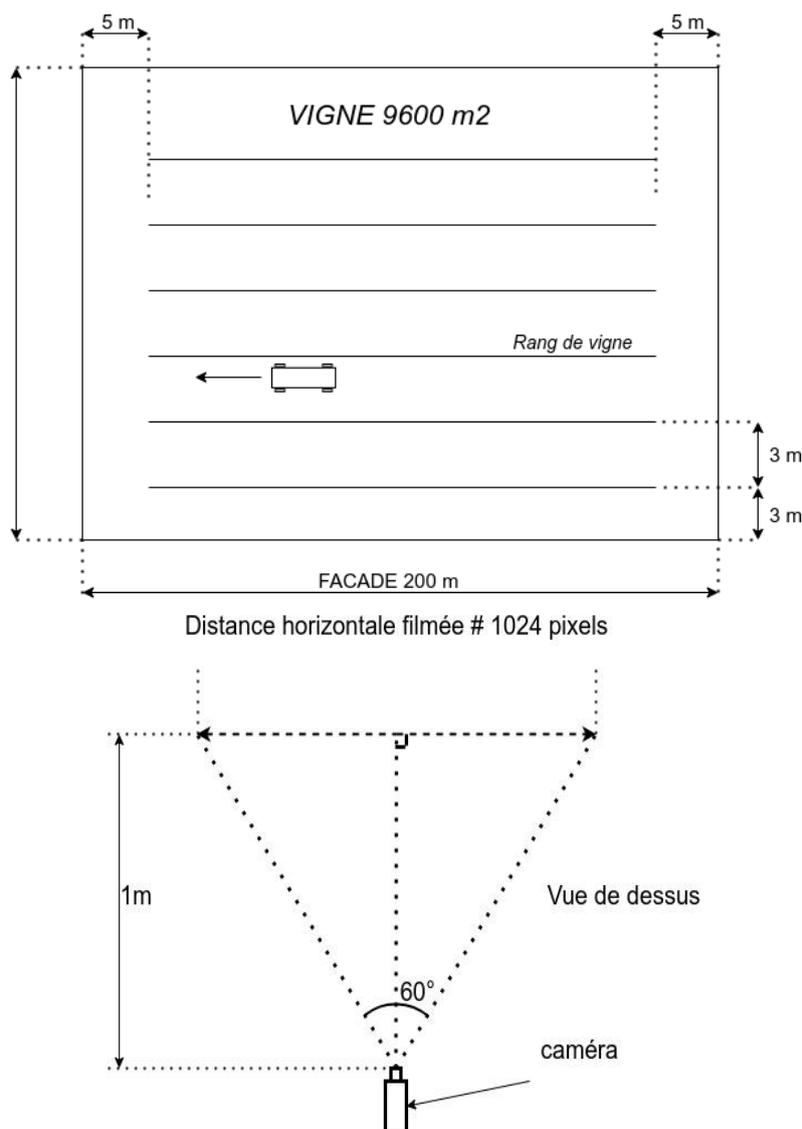


Figure 13 – Définition d'une parcelle et position de la caméra par rapport à une haie

- Question 5.1 | **Déterminer** la portion horizontale de haie en mètre, filmée à chaque instant dans ces conditions.
- Question 5.2 | **Déterminer** la résolution en millimètre que l'on peut espérer atteindre avec ce capteur.
- Question 5.3 | Cette résolution est-elle compatible avec l'exigence liée à la détection ?  
DT2 | **Justifier** votre réponse.
- Question 5.4 | Pour la parcelle décrite ci-dessus, **déterminer** la longueur totale de rang de vigne.  
DT2

Pour filmer dans de bonnes conditions, le robot se déplace à une vitesse de  $3 \text{ km.h}^{-1}$ . Le passage d'un rang à l'autre se fait également à vitesse réduite. Cette opération dure 10 secondes par changement de rang. Le système ne possède qu'une caméra qui ne filme que d'un seul côté.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 21/44

Question 5.5 | **Déterminer** le temps nécessaire à cette acquisition.

Question 5.6 | En justifiant la réponse, **vérifier** la compatibilité des résultats vis-à-vis des exigences liées à la détection.

Question 5.7 | **Déterminer** l'écart en pourcentage entre le temps de mesure calculé et le temps défini par l'exigence de durée d'acquisition. En gardant à l'esprit qu'il s'agit actuellement d'un prototype, **proposer** une solution corrective qui pourrait être appliquée lors du développement des robots de production.

Question 5.8 | **Proposer** deux méthodes qui pourraient permettre de diminuer la taille des données de cette acquisition sans trop altérer la qualité de la mesure.

### **Traitement des données**

Pour effectuer les prétraitements de la vidéo, les images sont stockées temporairement sous la forme d'un tableau de valeurs (*Tableau\_RVB*) où chaque pixel est représenté par un triplet d'informations codées en 8 bits. Trois cases horizontales représentent donc un pixel couleur. Le tableau possède ainsi 3072 colonnes (3\*1024 valeurs Rouge, Vert et Bleu) et 768 lignes.

### **Passage en Niveau de gris**

Une première étape du traitement consiste à séparer la composante verte de l'image en vue de créer une image en niveau de gris. Pour cela, on construit un nouveau tableau (*Tableau\_Vert*) composé uniquement de la composante verte de chaque pixel.



Figure 14 - Image d'origine



Figure 15 - Composante verte en niveaux de gris

Question 5.9 | **Indiquer** le nombre de lignes et de colonnes de ce nouveau tableau.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 22/44

Question 5.10 | **Compléter** l'algorithme du document réponse DR2 réalisant cette fonction.

### **\_filtre de Contour**

La détection de contour exploite l'algorithme de *Sobel (DT16)*. Ce dernier fait apparaître les contours d'une image et facilite ainsi le travail de l'algorithme d'intelligence statistique.

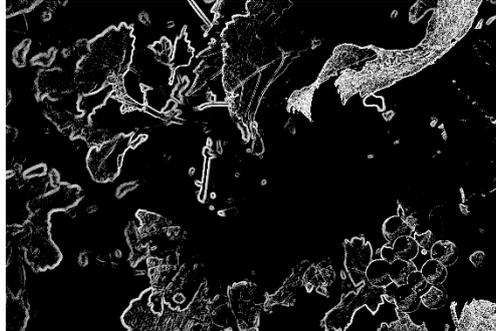


Figure 16 - Résultat filtre de contour Sobel

Question 5.11 | **Justifier** la présence de tableaux de résultats plus petits que le tableau DT16 d'origine.

Question 5.12 | **Compléter** l'algorithme du DR3 permettant de remplir les deux tableaux de gradients.

Les deux tableaux de Gradients Horizontaux et Verticaux étant calculés, il ne reste plus qu'à déterminer la norme des deux gradients case après case. Le résultat de ces calculs sera stocké dans un dernier tableau appelé *Tableau\_Contour*.

Question 5.13 | **Compléter** l'algorithme du DR4 permettant de construire le tableau, DR4 *Tableau\_Contour*.

### **Réglage des seuils de sensibilité**

L'algorithme de contour fournit une image en niveau de gris. Cette dernière étape consiste à mettre à zéro tous les pixels ayant un niveau d'intensité trop faible par rapport à un certain seuil (*Seuil\_Luminosite*) qui devra être ajusté en fonction de la luminosité ambiante.

Question 5.14 | **Compléter** le code du document DR5 permettant d'effectuer ce traitement.

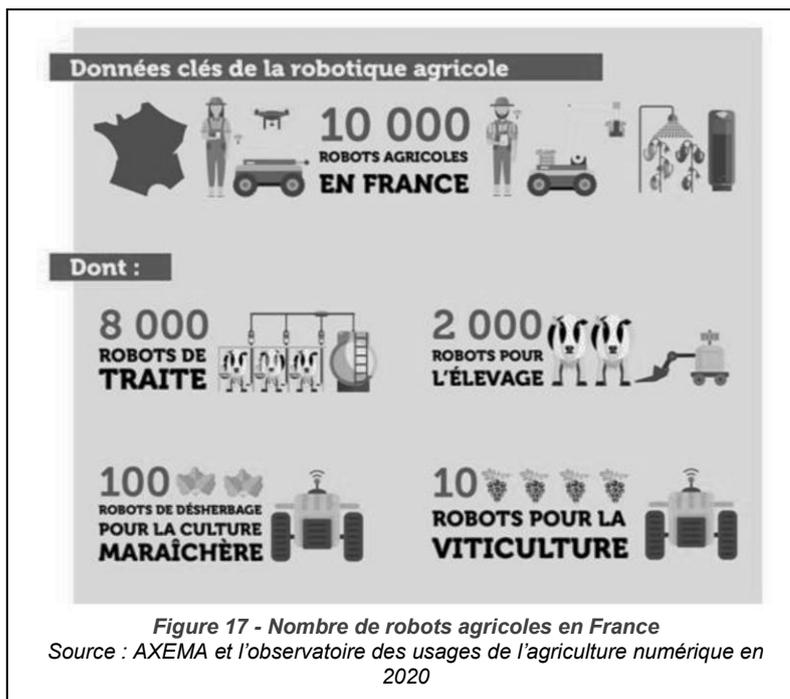
Question 5.15 | La valeur du seuil dépendant de la luminosité ambiante, **proposer** une solution technique ou informatique permettant de la déterminer.

**Remarque** : le processus décrit ici a volontairement été décomposé à l'extrême pour cette épreuve. Lors d'un codage concret de cet algorithme, un travail d'optimisation de code serait effectué pour assurer un traitement plus rapide.

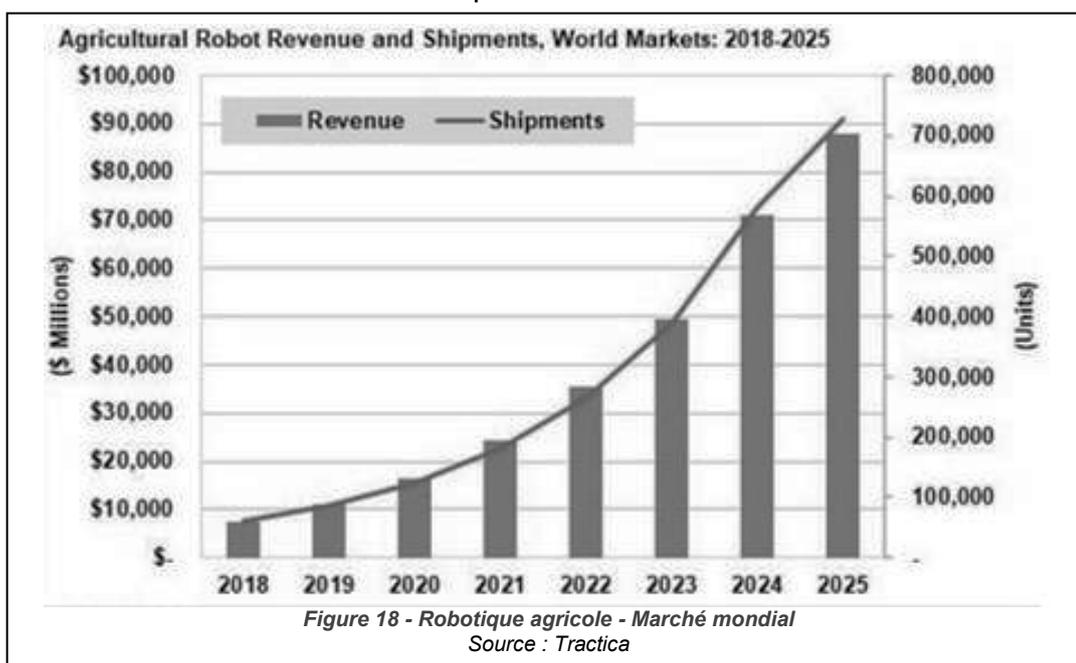
Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 23/44

## DT1 – 1/3 La robotique agricole, nouveaux outils pour l'agroécologie

En pleine mutation, le secteur agricole doit produire davantage pour répondre aux besoins d'une population croissante et, simultanément, réduire son impact environnemental. Cette évolution impose de repenser les pratiques et d'envisager de nouveaux moyens de production. Parmi eux, la robotique semble particulièrement pertinente. Si l'avènement de l'agriculture numérique permet d'améliorer ou d'optimiser les pratiques agricoles, l'application à grande échelle des principes de l'agroécologie nécessite également de repenser les outils de production.



Dans une vision classique, les contraintes pesant sur l'agriculture paraissent en effet contradictoires. La nécessaire réduction des produits phytosanitaires impose de mettre en œuvre de nouvelles pratiques nécessitant un nombre de traitements beaucoup plus fréquents et réguliers, afin de maintenir un niveau de production suffisant. Celles-ci imposent une main d'œuvre accrue, difficile à trouver, compte tenu de la pénibilité des travaux à effectuer, entraînant trop souvent des pathologies professionnelles et exposant les opérateurs à un certain nombre de risques.



Comme le montre le graphique ci-dessous, l'investissement dans le domaine de la robotique agricole est important.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 24/44

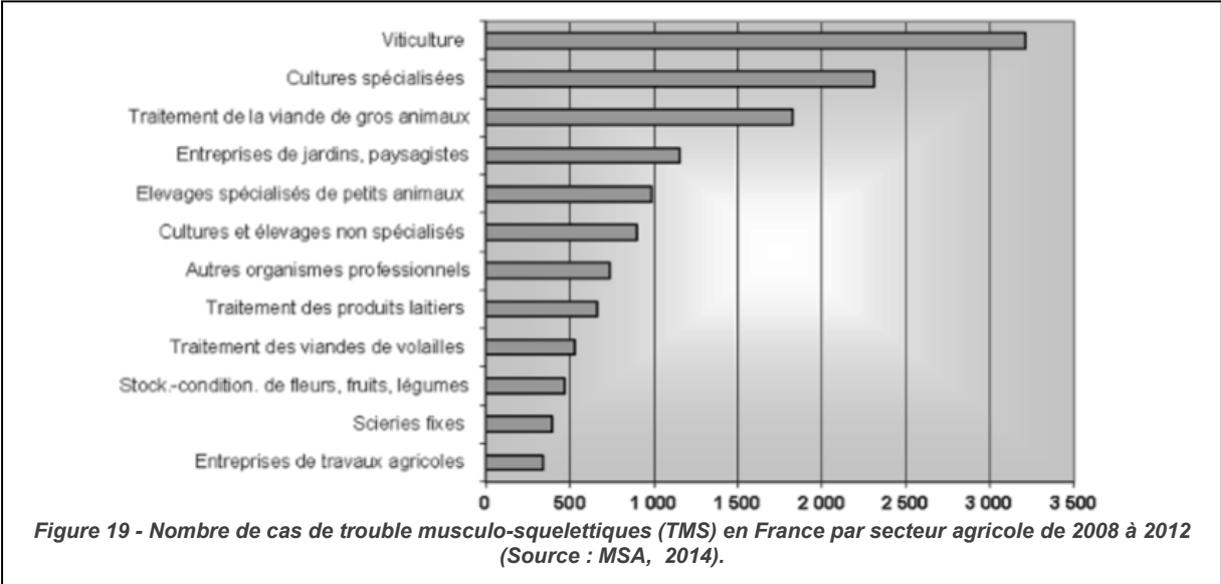
La société d'analyse de marché et de conseil Tractica, indique que les expéditions mondiales de robots destinés à l'agriculture devraient atteindre une valeur de **87,9 milliards de dollars d'ici 2025**.

En plus d'améliorer les conditions de travail des agriculteurs, la robotique agricole permet une agriculture de précision réduisant l'impact écologique et sanitaire. Parmi les tâches automatisables, l'unité TSCF de l'INRAE a développé dans le cadre du projet ANR Adap2E un robot effectuant une pulvérisation de produit phytosanitaire de façon autonome. Ceci permet de réduire les risques pour l'opérateur, car l'exposition aux produits est nettement diminuée. Cette tâche est réalisée grâce à un suivi de structures végétales. Le robot capte, à l'aide d'un LiDAR plan, son environnement et en déduit une trajectoire à suivre. Celui-ci est capable d'évoluer en milieu naturel afin d'effectuer une tâche de pulvérisation au milieu de rangs végétaux (haies, vignes...).

Appliquer la bonne dose au bon endroit est essentiel afin de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires. Lors de la pulvérisation, une quantité importante de produits est dispersée dans l'air ou retombe au sol, jusqu'à plus de 80% de pertes en début de végétation avec des appareils de pulvérisation standards. Afin de donner les moyens aux agriculteurs d'atteindre les objectifs du plan Ecophyto II, co-piloté par les Ministères de l'Agriculture et de l'écologie, INRAE développe des techniques pour optimiser les pratiques de traitement des cultures ; cela se traduit notamment par l'automatisation de la détection, de l'identification et de la quantification précise des maladies des plants à traiter et par la mise au point de nouvelles techniques de pulvérisation et de désherbage automatisé. Ces nouvelles technologies permettent d'accélérer le changement des pratiques agricoles, plus sûres pour l'homme et pour l'environnement.

Un des enjeux de la robotique agricole est la réduction de la pénibilité des opérations et la réorganisation du travail permise par les robots. Plusieurs opérations sont désormais robotisées comme l'entretien du sol, l'aide à la récolte, la prêtaille, la pulvérisation confinée, l'acquisition de données ...

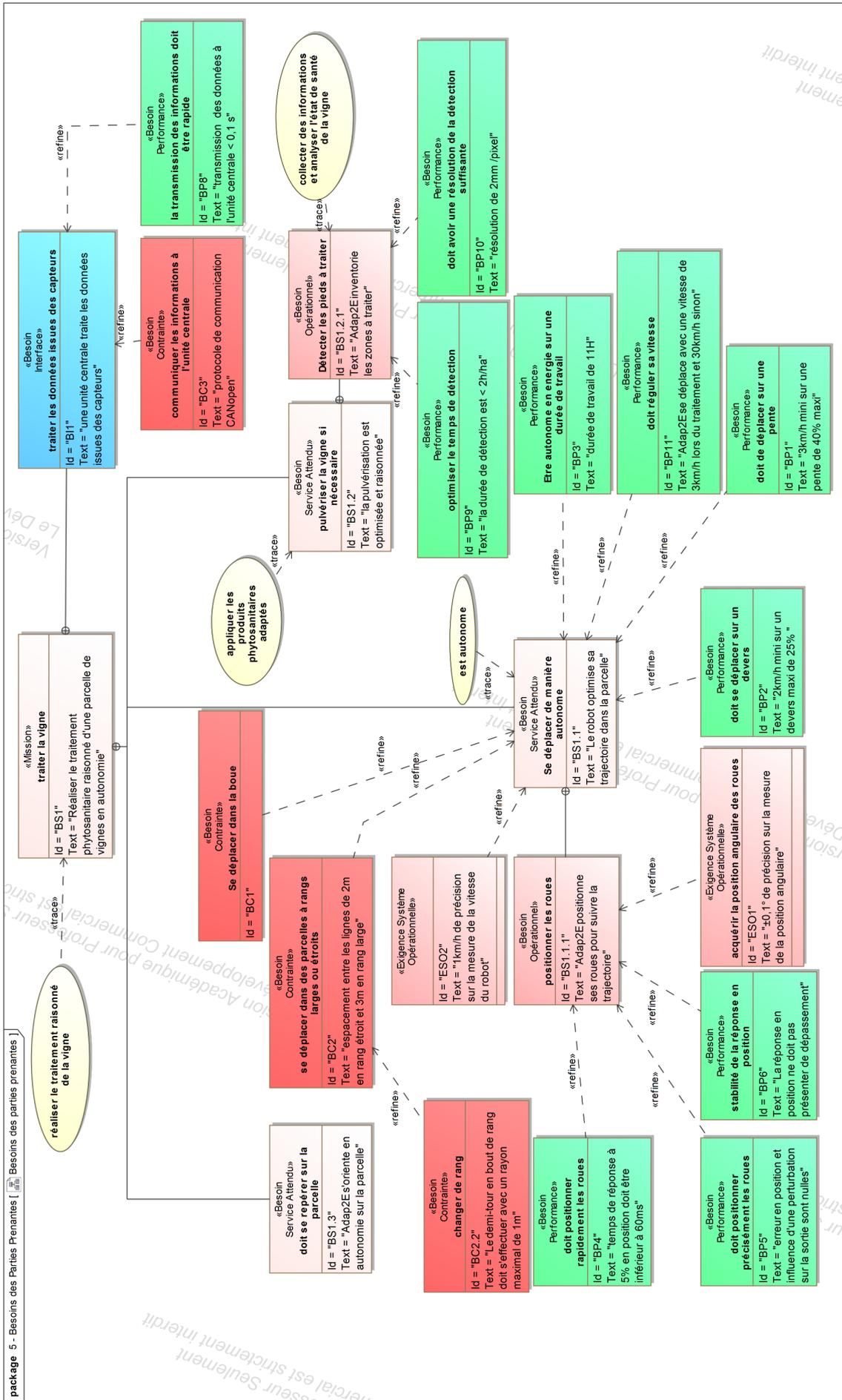
D'après la Mutualité Sociale Agricole (MSA), les viticulteurs sont les plus touchés par les troubles musculo-squelettiques (TMS). L'abondance particulièrement forte de TMS chez les viticulteurs met en évidence la nécessité de réduire la pénibilité du travail dans ce secteur.

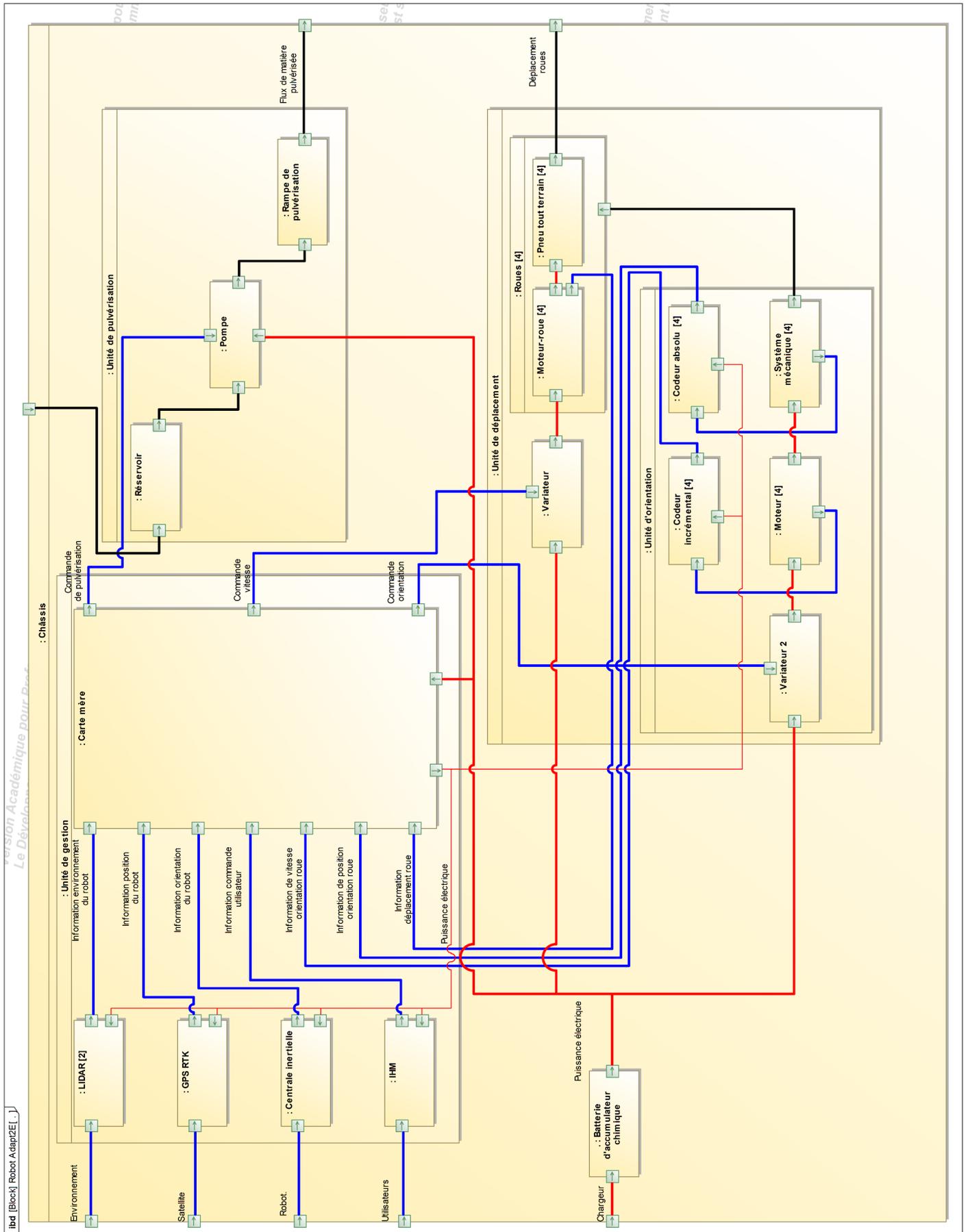


	Nombre de cas de TMS
<b>Entreprises de travaux agricoles</b>	<b>340</b>
<b>Scieries fixes</b>	<b>400</b>
<b>Stock-condition de fleurs, fruits, légumes</b>	<b>470</b>
<b>Traitement des viandes de volailles</b>	<b>540</b>
<b>Traitement des produits laitiers</b>	<b>660</b>
<b>Autres organismes professionnels</b>	<b>740</b>
<b>Cultures et élevages non spécialisés</b>	<b>900</b>
<b>Élevages spécialisés de petits animaux</b>	<b>990</b>
<b>Entreprises de jardin, paysagistes</b>	<b>1150</b>
<b>Traitement de la viande des gros animaux</b>	<b>1830</b>
<b>Cultures spécialisées</b>	<b>2320</b>
<b>Viticulture</b>	<b>3220</b>

**L'acquisition de données**

La reconnaissance et la cartographie de symptômes foliaires, la caractérisation de la vigueur qui est de plus en plus utilisée comme critère de modulation des interventions aux vignobles est possible avec des capteurs de proxi détection. Il est en effet intéressant de profiter des passages répétés au vignoble pour obtenir une information qui puisse servir à éclairer les décisions des viticulteurs. Le comptage des manquants, pour l'évaluation des besoins de remplacement de souches, fait par exemple partie des tâches plus facilement réalisables avec un robot qu'avec un drone. La détection précoce de symptômes de maladies ou de carences et leur cartographie fait aussi partie des missions pertinentes pour un rover terrestre. L'intégration de capteurs et d'intelligence artificielle pour l'analyse des données est un axe de développement important pour apporter plus de valeur ajoutée aux robots.





## DT4 – Modélisation du robot Adap2E.

Modèle volumique du robot Adap2E.

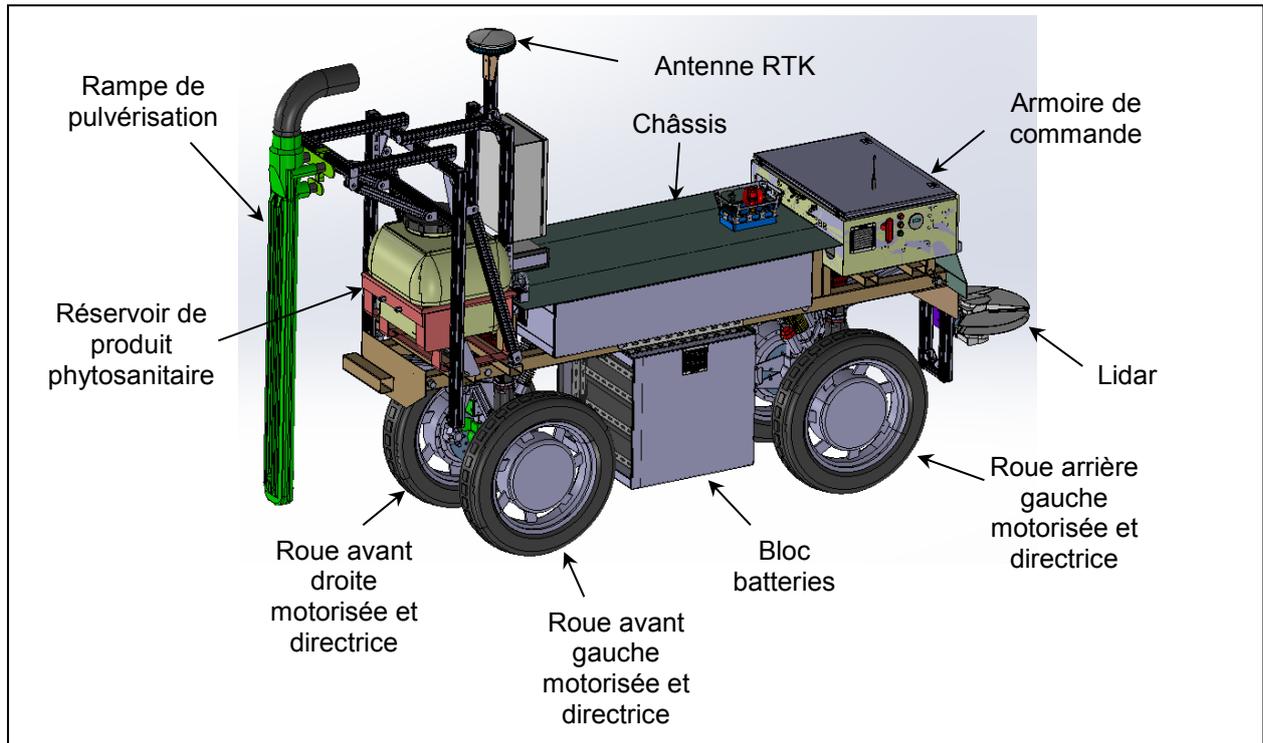


Figure 20 - Modèle volumique du robot

Modélisation partielle sans prise en compte des suspensions :

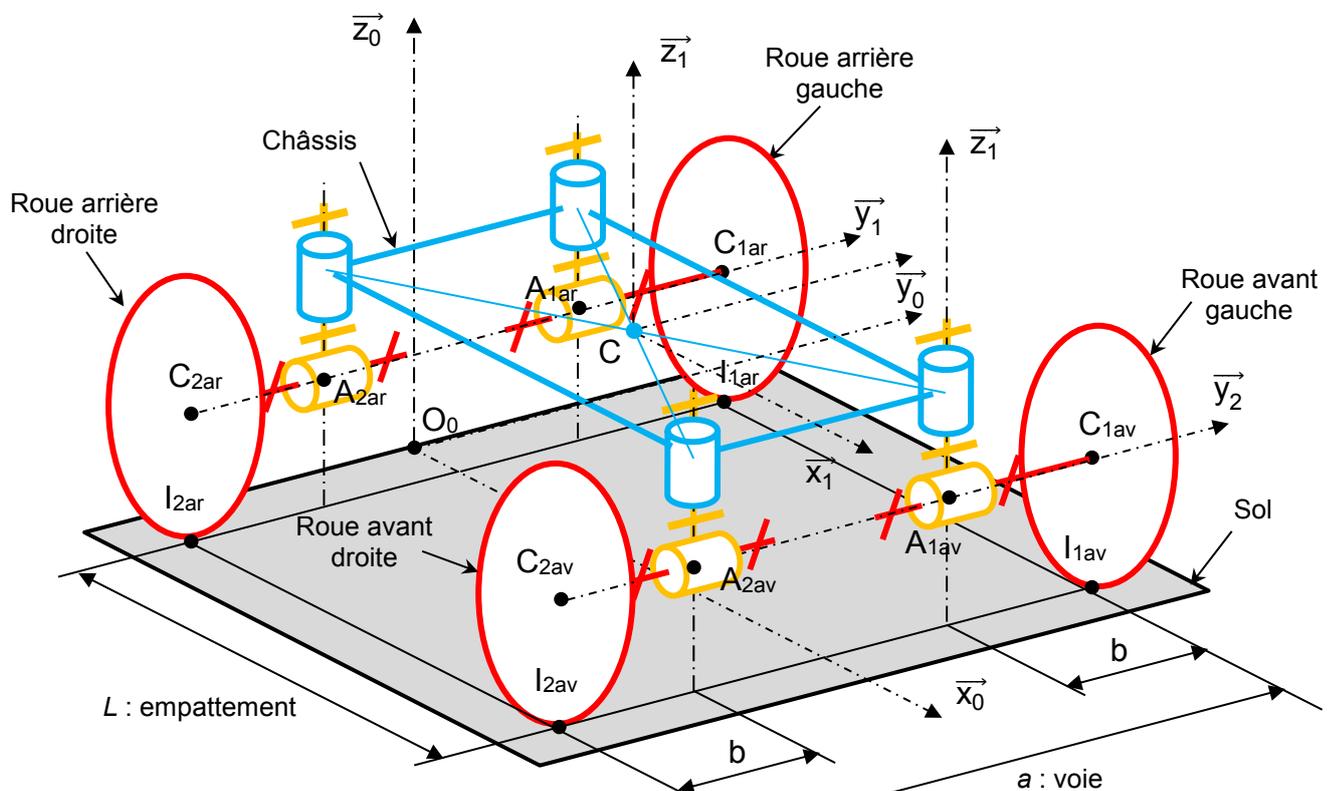


Figure 21 - Modélisation cinématique partielle

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 29/44

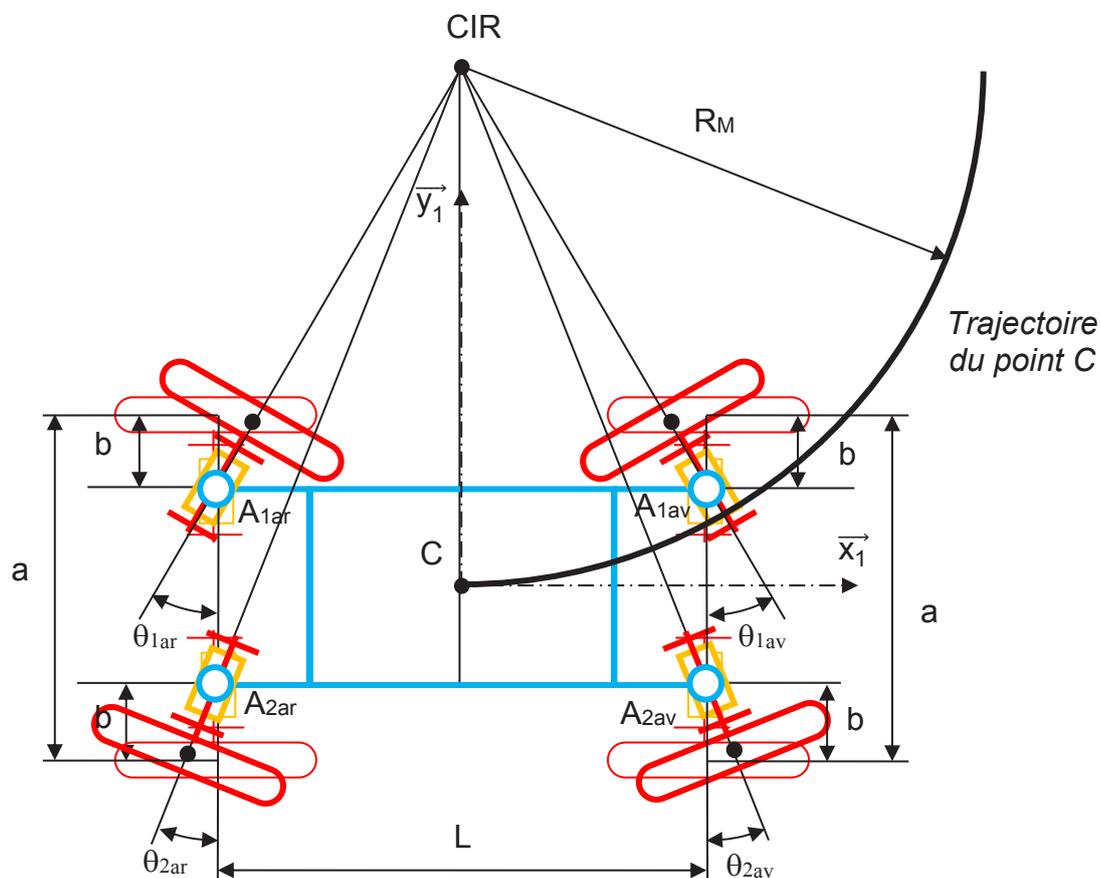


Figure 22 - Trajectoire du point C appartenant au robot par rapport au sol

Dimensions Robot Adap2E	
L (empattement)	1,38 m
a (voie)	0,56 m
b	0,14 m

DT6 – Modèle cinématique partiel de l'orientation d'une roue et de sa suspension

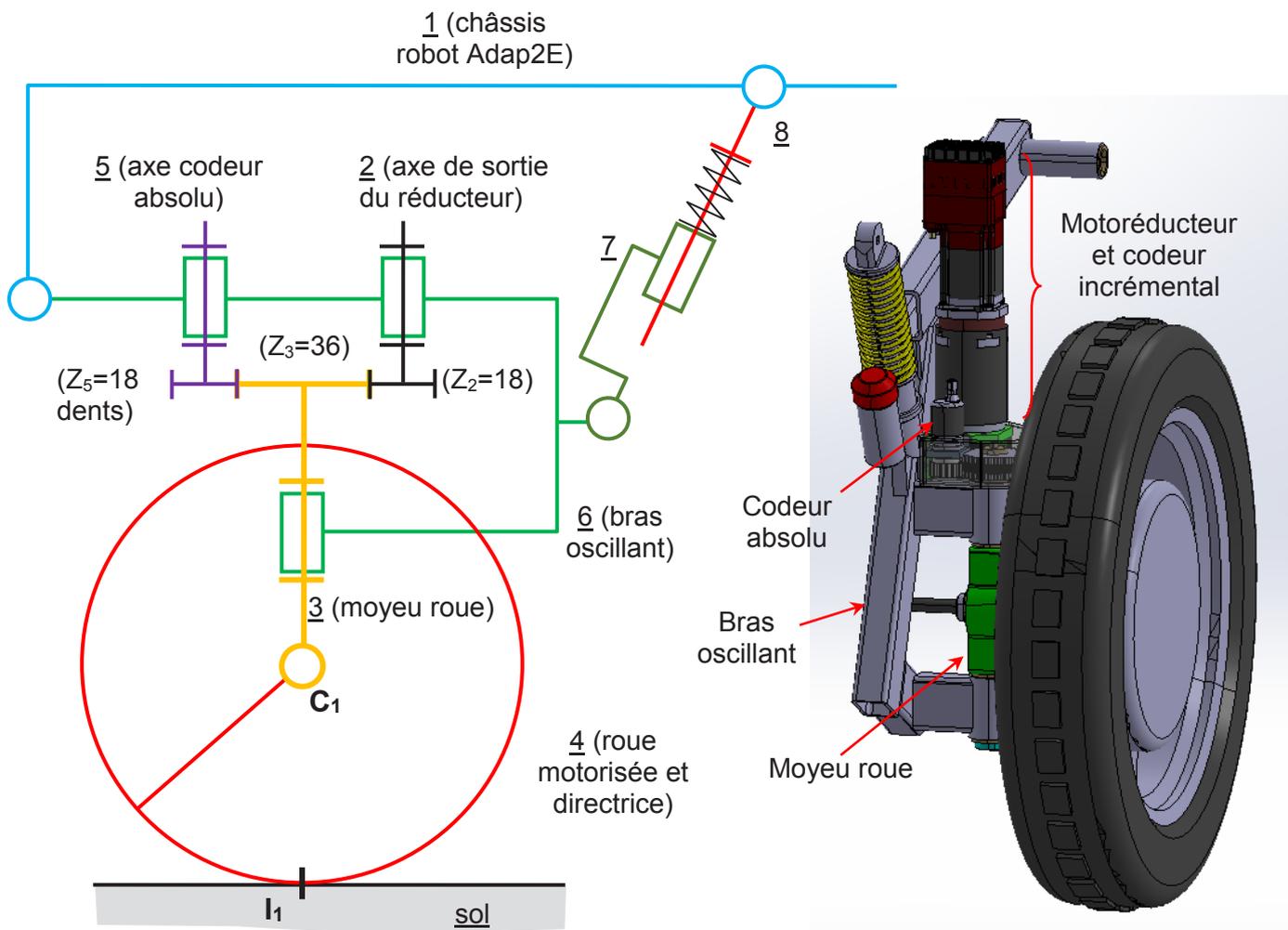
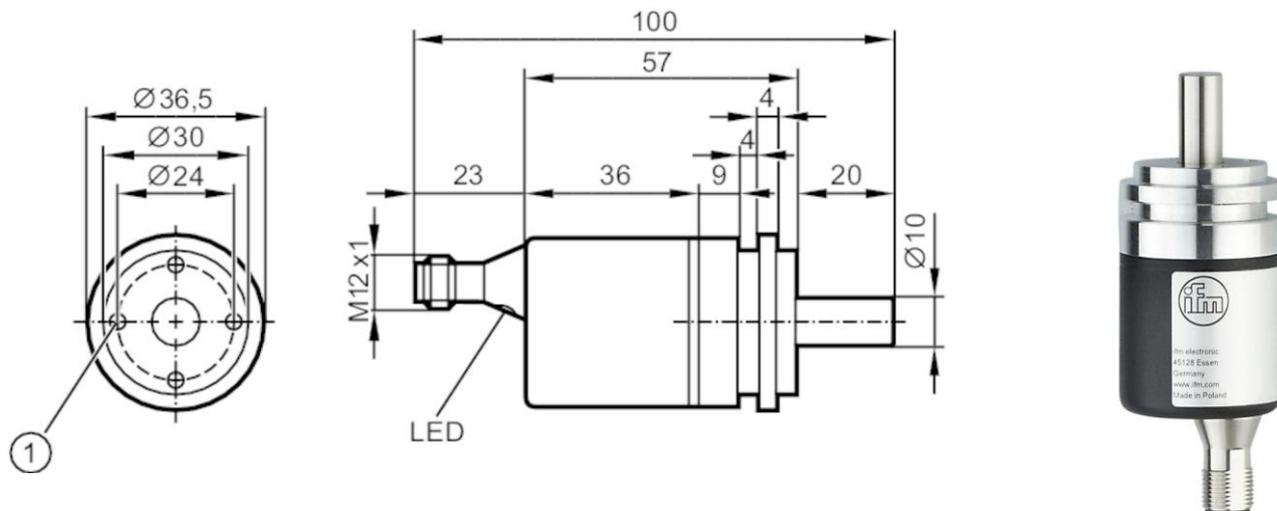


Figure 23 - Modélisation partielle d'une roue avec suspension

## DT7 – Codeur absolu RM9000\_RMS0024-C24/US



### Caractéristiques du produit

Résolution	4096 pas
Interface de communication	CAN
Type d'arbre	arbre plein
Diamètre de l'arbre [mm]	10

### Application

Principe de fonctionnement	absolu
Type de tour	Multi-tours (multiturn)

### Données électriques

Tension d'alimentation [V]	9...30 DC; ("supply class 2" selon cULus)
Consommation [mA]	< 100; ((10 V DC) ; ≤ 50 (24 V DC))
Classe de protection	III
Protection inversion de polarité	oui

### Sorties

Protection courts-circuits	oui
Code	TOR

### CAN

Protocole	CANopen
Réglages usine	débit de transmission: 125 kBit/s Node-ID: 32
Version	DSP - 406 V3.1; DS 301 V4.02; DS 306 V2.0

### Structure générale d'une trame CANopen

Start of frame	Arbitration Field	Control Field	Data Field	CRC Field	ACK Field	End Of Frame
1 bit	12 bits	6 bits	De 0 à 8 octets	16 bits	2 bits	7 bits

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 32/44

DT8 – 1/2 Asservissement en position angulaire d'une roue

Le temps de réponse à 5% ( $t_{r5\%}$ ) correspond au temps au bout duquel la réponse à un échelon a atteint  $\pm 5\%$  de sa valeur finale.

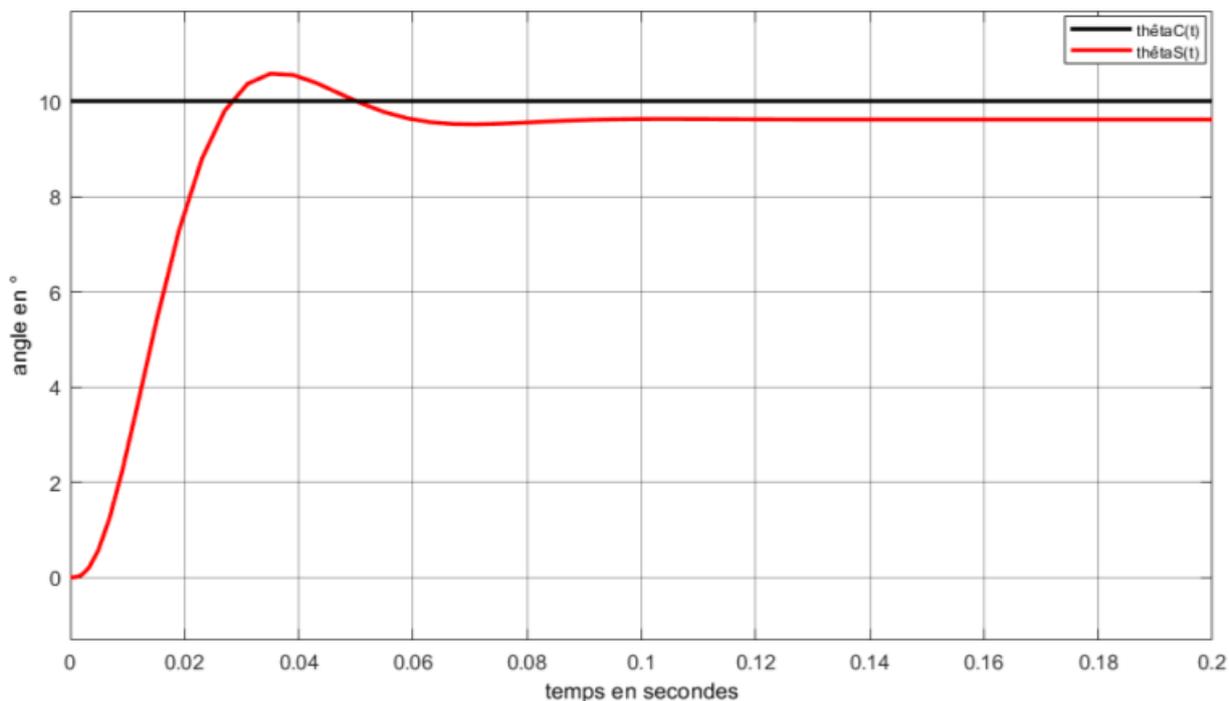
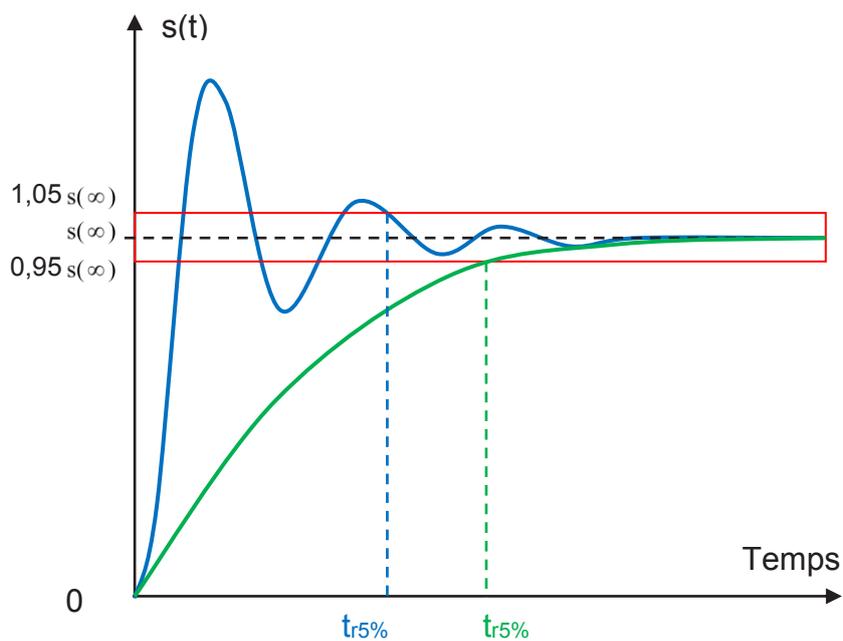


Figure 24 - Réponse indicielle à un échelon de  $10^\circ$  en consigne et une perturbation constante avec une commande proportionnelle

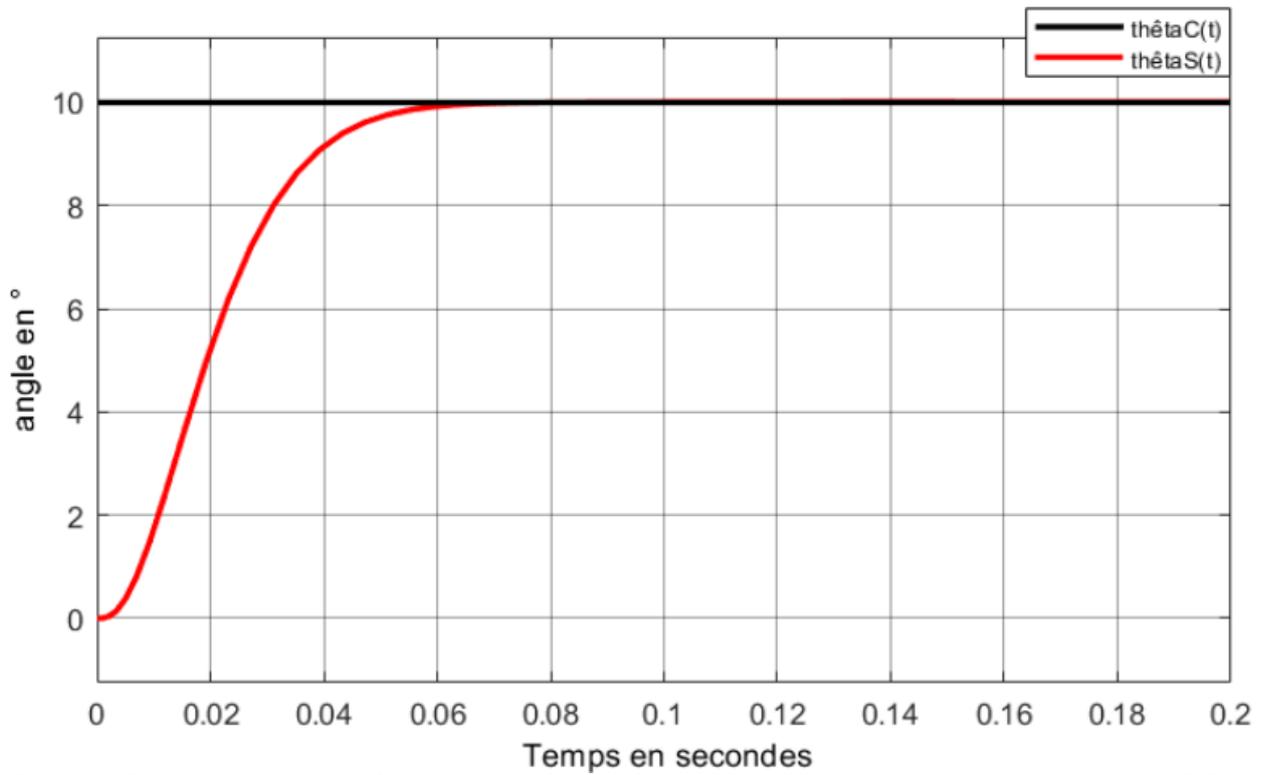


Figure 25 - Réponse indicielle à un échelon de  $10^\circ$  en consigne et une perturbation constante avec une commande PID

# DT9 –Modèle multiphysique vitesse Adap2E

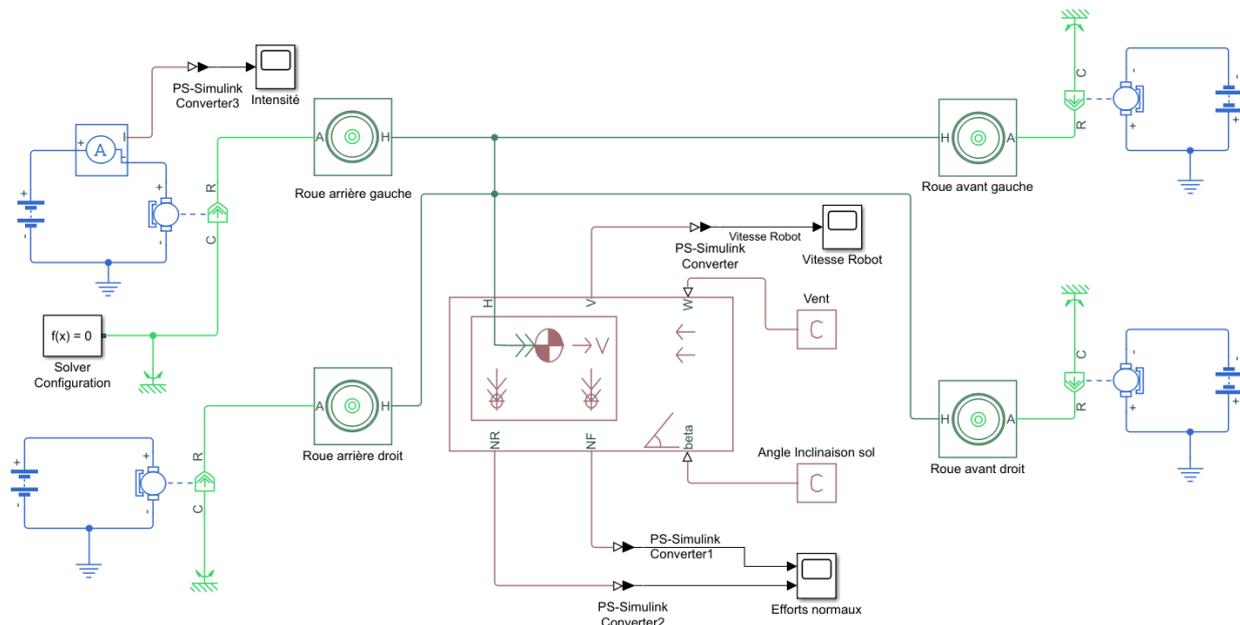


Figure 26 - Modèle multiphysique

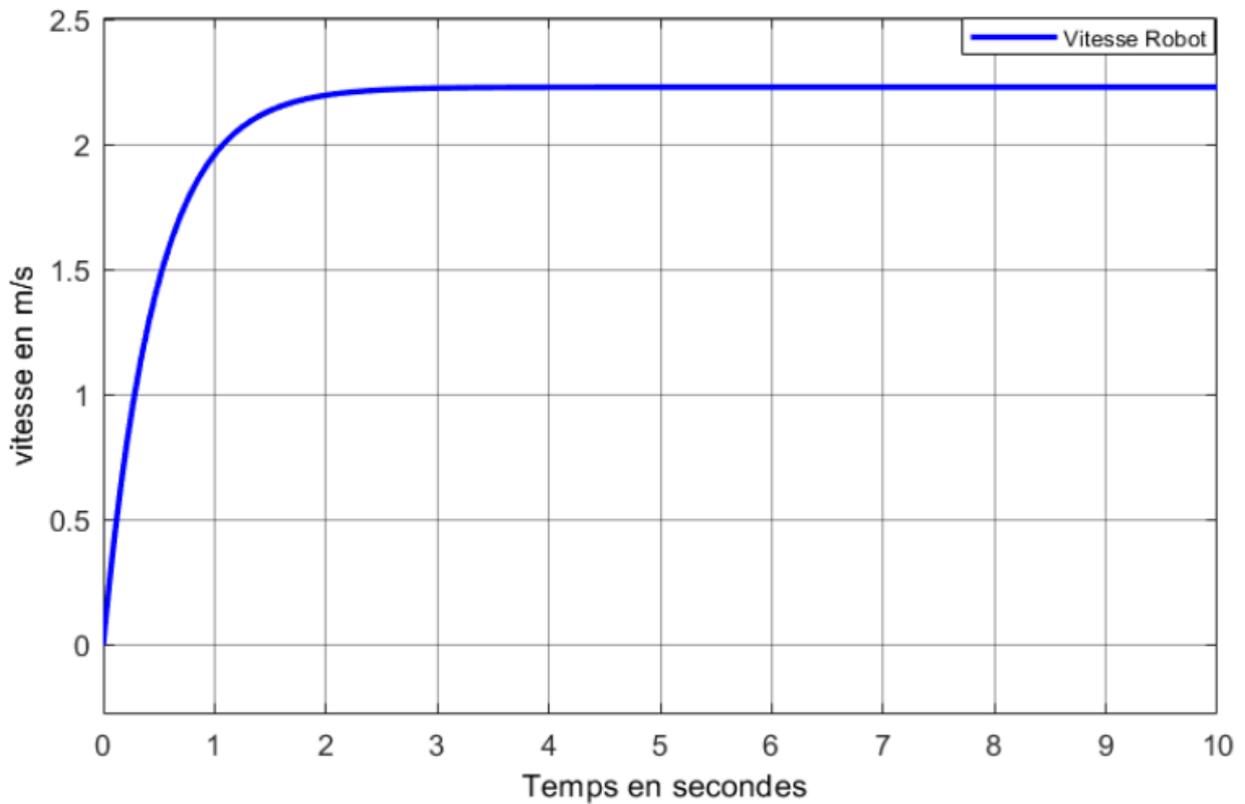
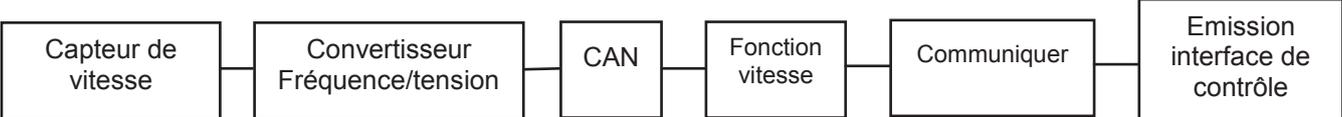


Figure 27 - Vitesse du robot Adap2E en m.s-1 pour un démarrage sur une pente de 30%

**DT10 –Capteur de fréquence de rotation inductif**



**Fonctionnement**

Les capteurs de fréquence de rotation de roue sont placés directement au-dessus de la roue d'impulsion. La broche polaire entourée d'un enroulement est reliée à un aimant permanent dont l'effet magnétique s'étend jusqu'à la roue polaire. Le mouvement rotatif de la roue d'impulsion et l'alternance entre dent et espace interdentaire qui en découle ont pour effet un changement du flux magnétique à travers la broche polaire et l'enroulement. Ce champ magnétique changeant induit une tension alternative mesurable dans l'enroulement (Figure 28).

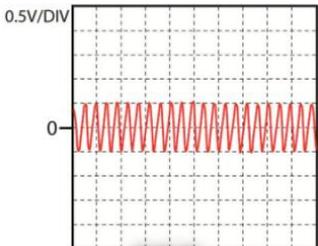


Figure 28 – Signal mesuré aux bornes du capteur

La fréquence et les amplitudes de cette tension alternative sont proportionnelles à la vitesse de roulement. Les capteurs inductifs passifs ne nécessitent aucune tension d'alimentation séparée par le calculateur. Étant donné que la plage de signal pour la détection du signal est définie par le calculateur, la hauteur d'amplitude doit se déplacer à l'intérieur d'une plage de tension. La distance (A) entre le capteur et la roue d'impulsion est prédéfinie par la construction de l'axe (Figure 29).

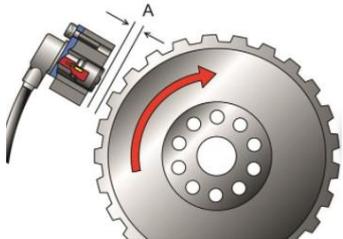
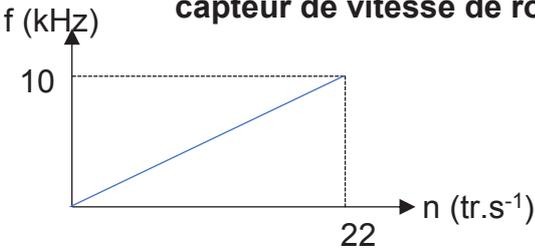


Figure 29 – Position du capteur par rapport à la roue

**Caractéristique de transfert du capteur de vitesse de roue  $f = f(n)$**



La sensibilité est définie par le rapport de la variation de la grandeur de sortie sur la variation de la grandeur d'entrée.

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 36/44

Un filtre est un circuit électronique qui réalise une opération de traitement du signal. Autrement dit, il atténue certaines composantes d'un signal et en laisse passer d'autres.

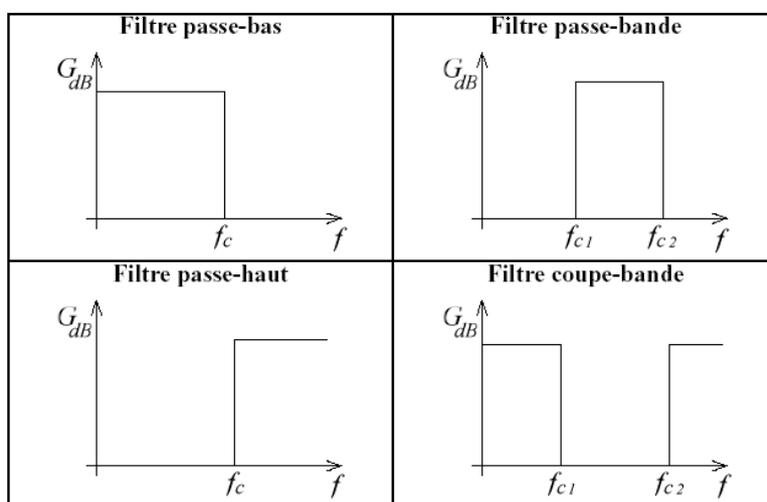
Il existe plusieurs types de filtres, dont les plus connus sont :

- Filtre passe-haut
- Filtre passe-bas
- Filtre passe-bande
- Filtre réjecteur de bande

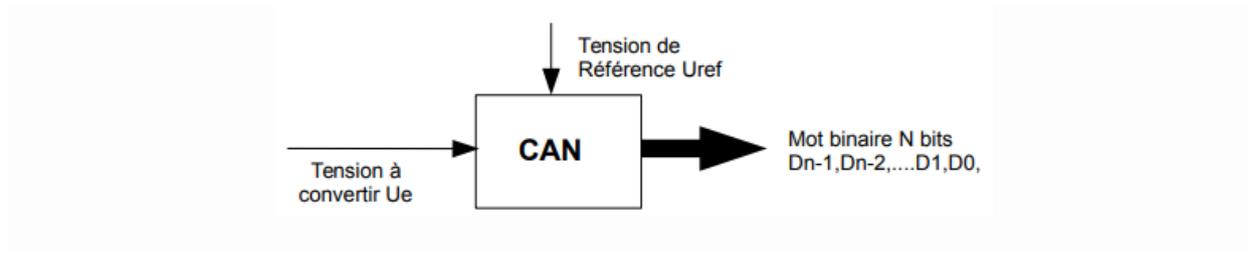
### Types de filtres

Voici la caractéristique de différents types de filtres :

- **Filtre passe-haut** : Il ne laisse passer que les fréquences au-dessus d'une fréquence déterminée, appelée "*fréquence de coupure*". Il atténue les autres (les basses fréquences). Autrement dit, il « laisse passer ce qui est haut ». C'est un atténuateur de graves pour un signal audio. On pourrait aussi l'appeler coupe-bas.
- **Filtre passe-bas** : Il ne laisse passer que les fréquences au-dessous de sa *fréquence de coupure*. C'est un atténuateur d'aiguës pour un signal audio. On pourrait l'appeler coupe-haut.
- **Filtre passe-bande** : Il ne laisse passer qu'une certaine bande de fréquences (et atténue tout ce qui est au-dessus ou en-dessous). Il est très utilisé dans les récepteurs radio, tv pour isoler le signal que l'on désire capter.
- **Filtre réjecteur de bande** : aussi appelé *filtre trappe, cloche* ou *coupe-bande*, est le complémentaire du passe-bande. Il atténue une plage de fréquences. Cela peut être utile pour diminuer certains parasites par exemple.



## DT12 – Convertisseur Analogique Numérique



### La pleine échelle

C'est la plage de variation possible en entrée, elle correspond généralement à la tension de référence. On la désigne par PE ou parfois  $V_{PE}$ . On l'indique généralement en donnant les valeurs extrêmes possibles; par exemple on parlera de convertisseur 0 à 5 V ou d'un CAN -2,5 V à 2,5 V.

### La résolution

C'est le nombre N de bits de sortie du CAN. Par exemple on parle d'un CAN 8 bits ou 14 bits. Cette valeur définit le nombre de codes différents possibles en sortie. Un CAN 10 bits permet d'obtenir 1024 codes de sortie différents.

### Le quantum

C'est la plus grande valeur de variation de la tension d'entrée qui ne fait pas changer le code de sortie. Le quantum q est défini mathématiquement par la relation :  $q = \frac{PE}{2^N}$ .

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 38/44

# DT13 – Modélisation multiphysique des batteries

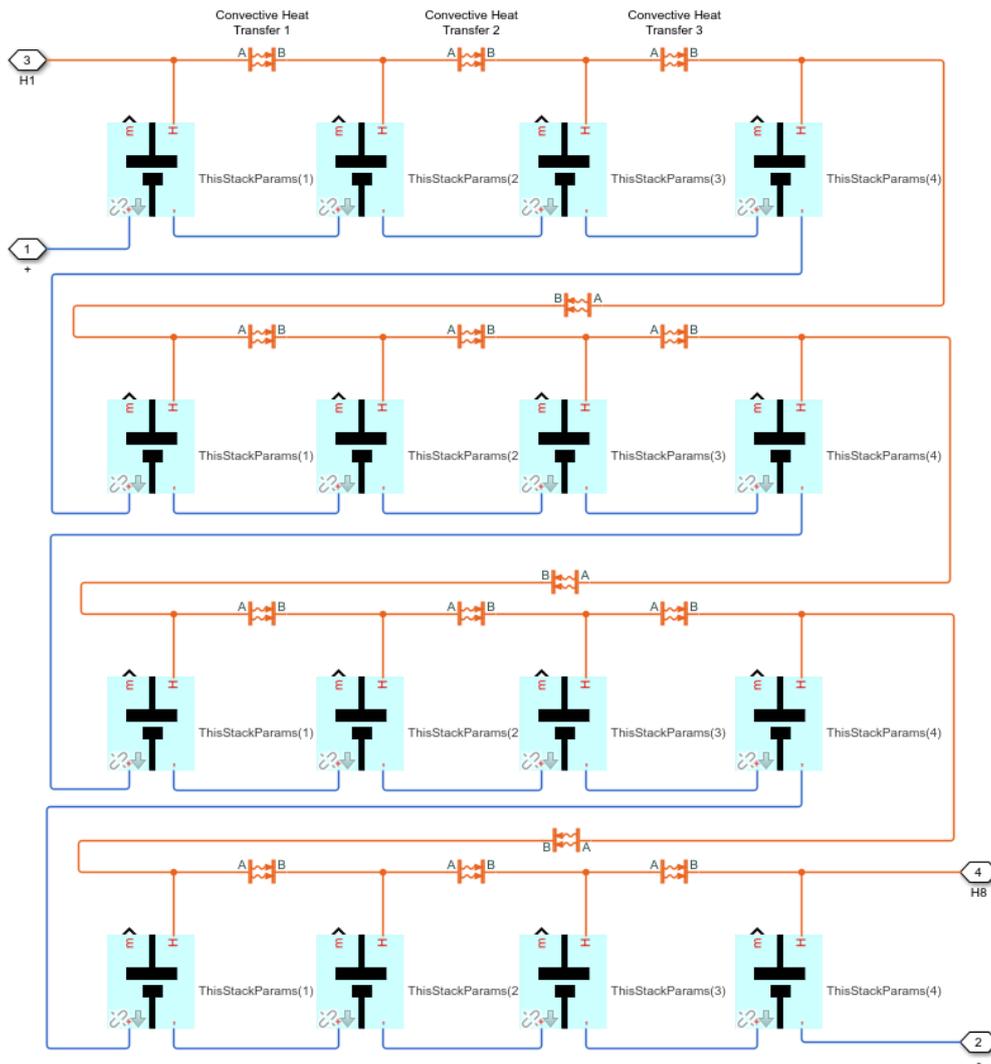


Figure 30 - Modélisation des batteries

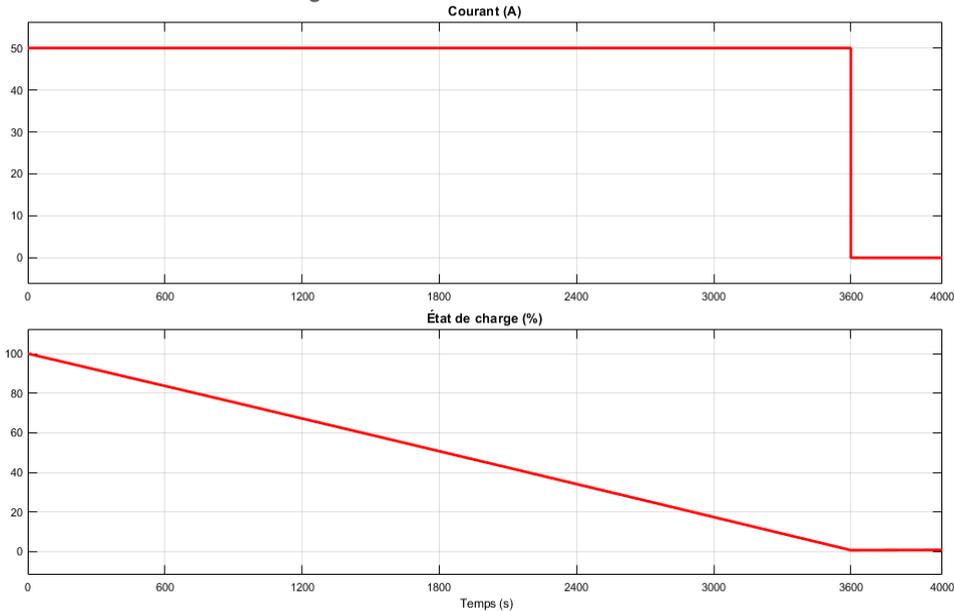


Figure 31 – Simulation de décharge complète d'une brique élémentaire

# DT14 – Modélisation multiphysique du cyclage charge/décharge des batteries

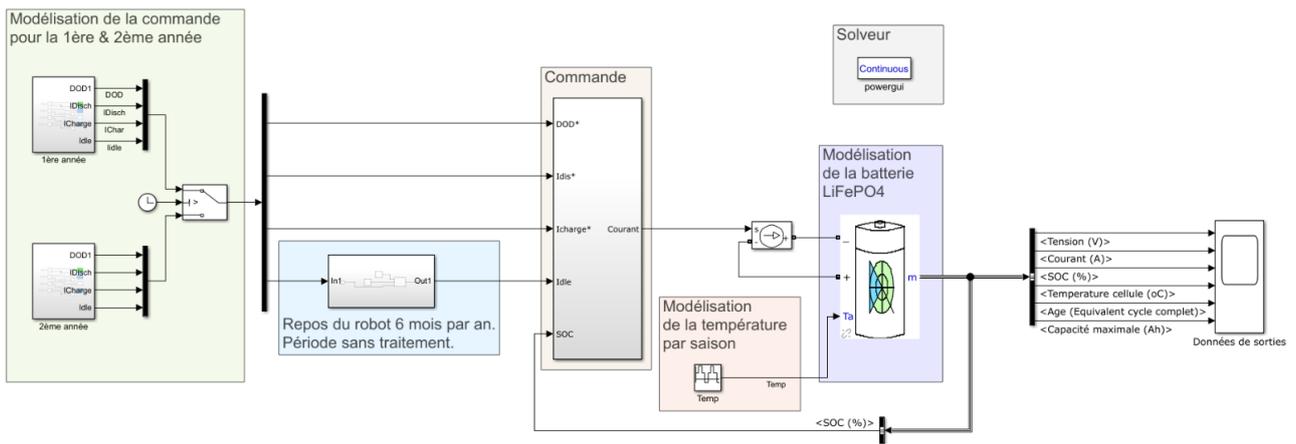


Figure 32 - Modèle multiphysique du cyclage charge/décharge des batteries

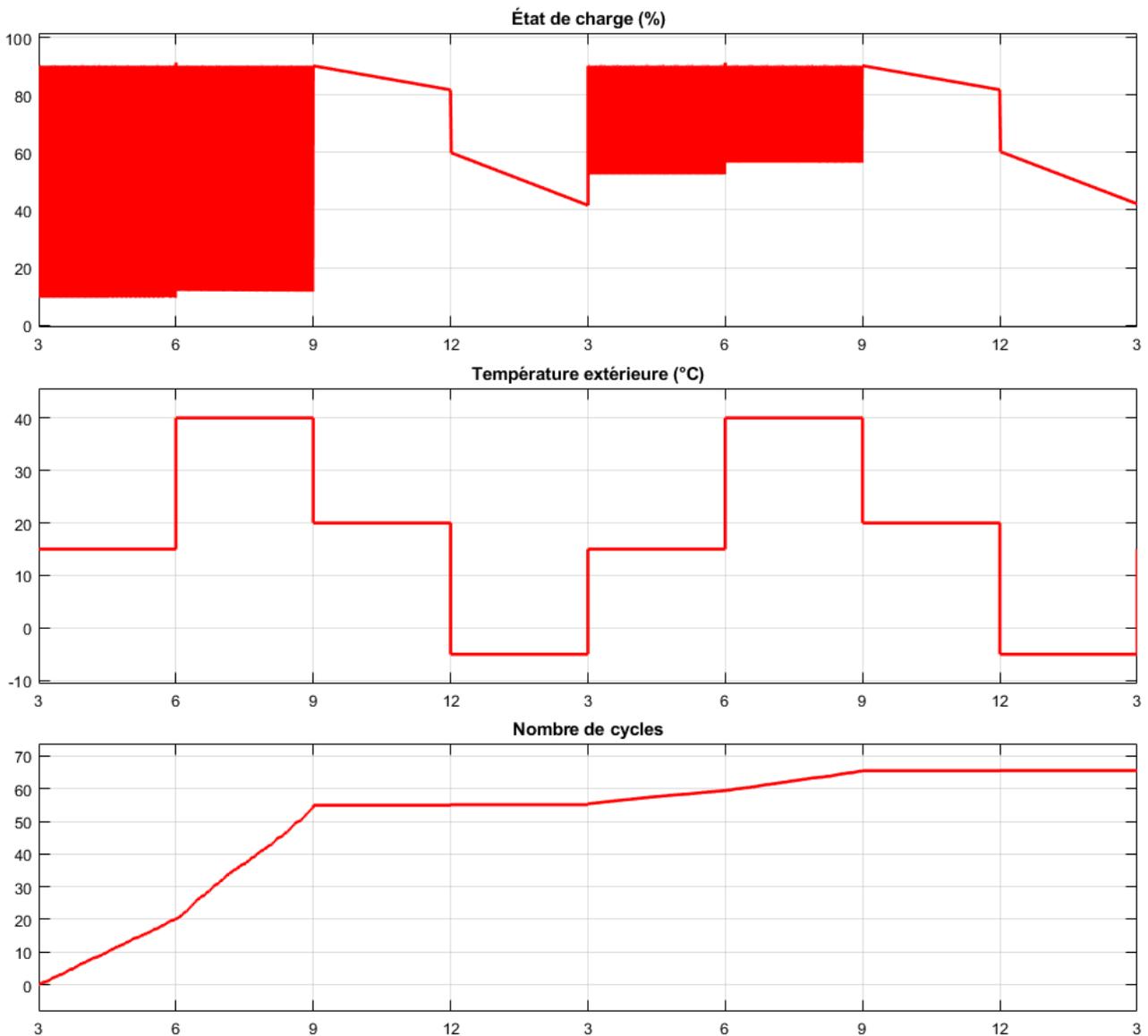


Figure 33 - Résultat de simulation

Concours général des lycées	Session 2022
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 40/44

**DT15 – Résultats de simulation des efforts normaux du sol sur les roues en fonction de la vitesse**

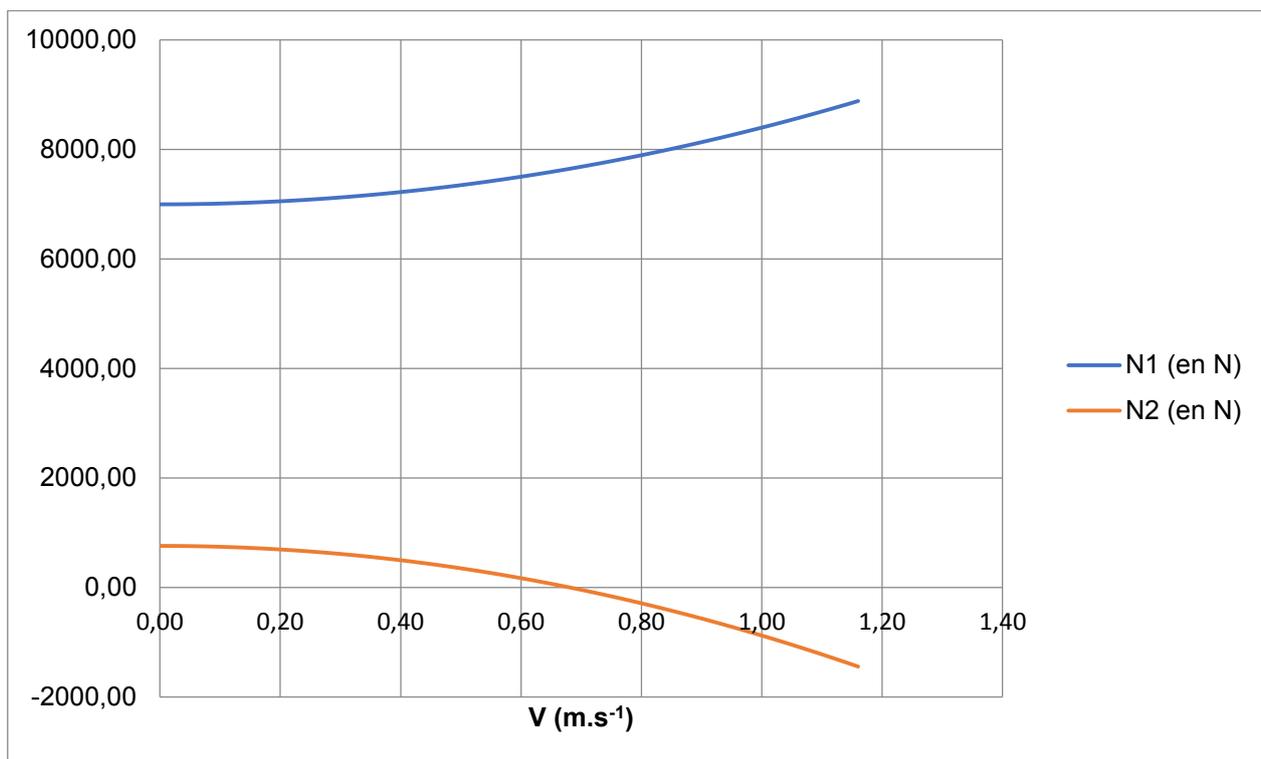


Figure 34 - Efforts normaux en fonction de la vitesse du robot (Dévers 25%, R<sub>c</sub> = 1m et H = 0,9 m)

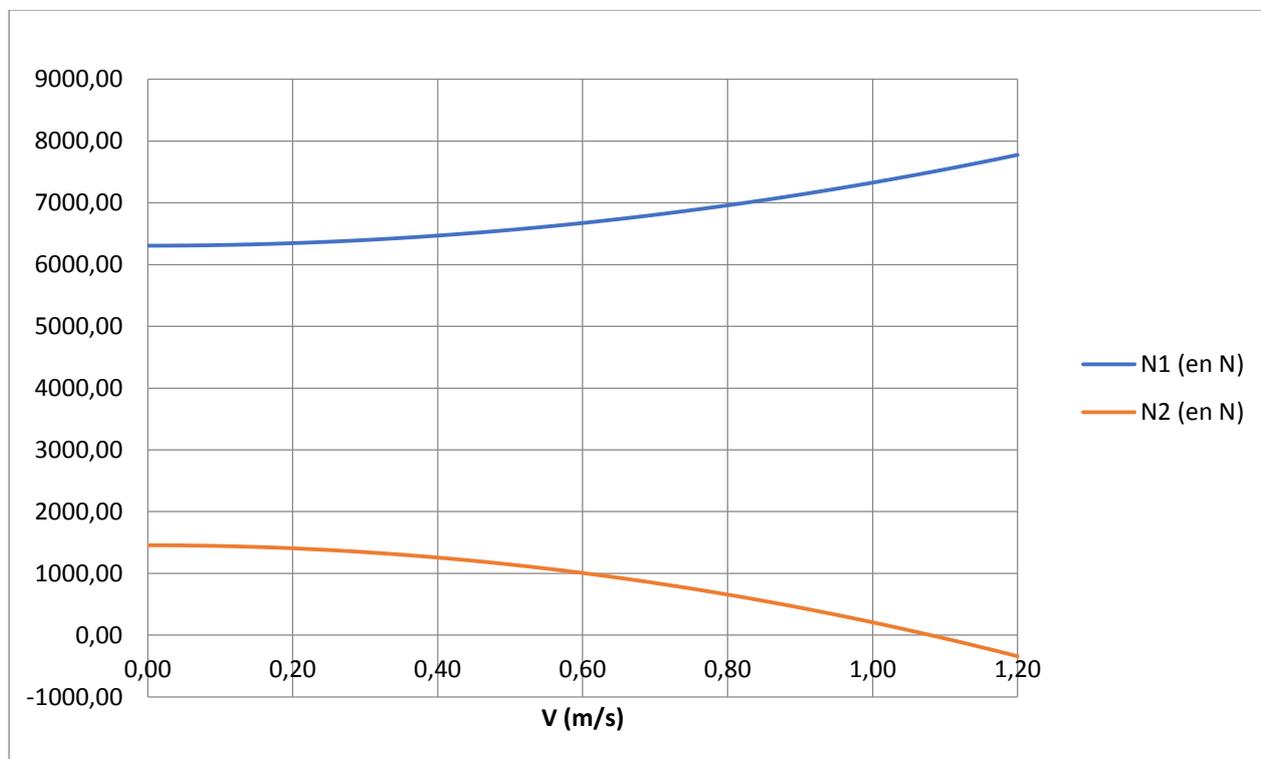


Figure 35 – Efforts normaux en fonction de la vitesse du robot (Dévers 25%, R<sub>c</sub> = 1m et H = 0,7 m)

## DT16 – Principe de l'algorithme de SOBEL

On crée trois tableaux de résultats de 1022 colonnes et 766 lignes. Les deux premiers servent à recueillir le résultat du calcul des gradients horizontaux et verticaux. Le gradient horizontal est obtenu case après case par un calcul de somme pondérée des valeurs des cases avoisinantes de la case traitée. Les valeurs des pondérations des cases sont regroupées dans le tableau  $G_x$ .

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

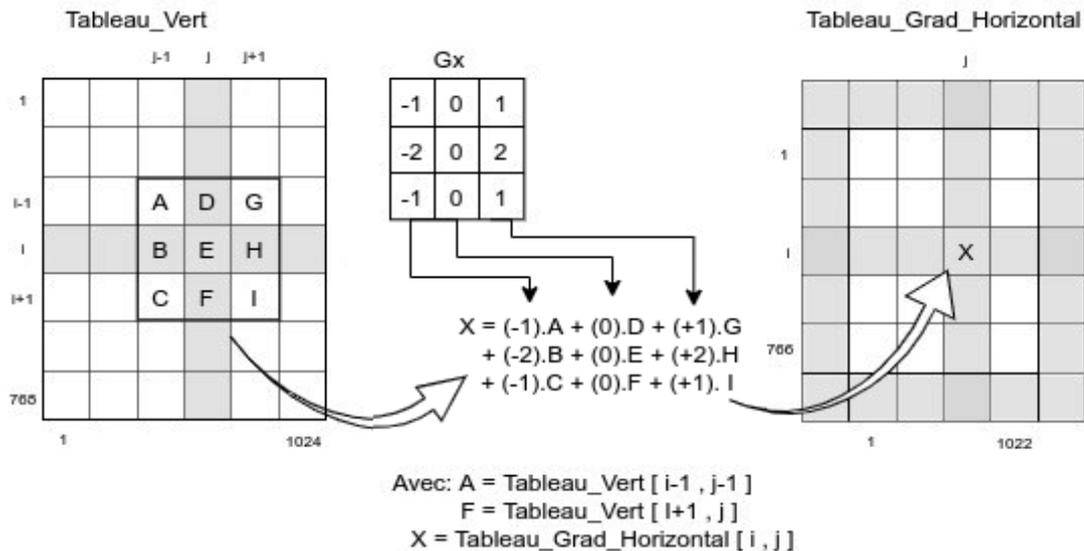


Figure 36 - Principe de calcul d'une case du gradient horizontal

Le calcul d'une case située à la ligne  $i$  et la colonne  $j$  s'effectue donc de la manière suivante :

$$\text{Tableau\_Grad\_Horizontal}[i,j] = (-1) * \text{Tableau\_Vert}[i-1, j-1] + (-2) * \text{Tableau\_Vert}[i, j-1] + (-1) * \text{Tableau\_Vert}[i+1, j-1] + (+1) * \text{Tableau\_Vert}[i-1, j+1] + (+2) * \text{Tableau\_Vert}[i, j+1] + (+1) * \text{Tableau\_Vert}[i+1, j+1]$$

Pour le calcul du gradient vertical, le principe est le même. Seuls les coefficients changent. On remplace  $G_x$  par  $G_y$ .

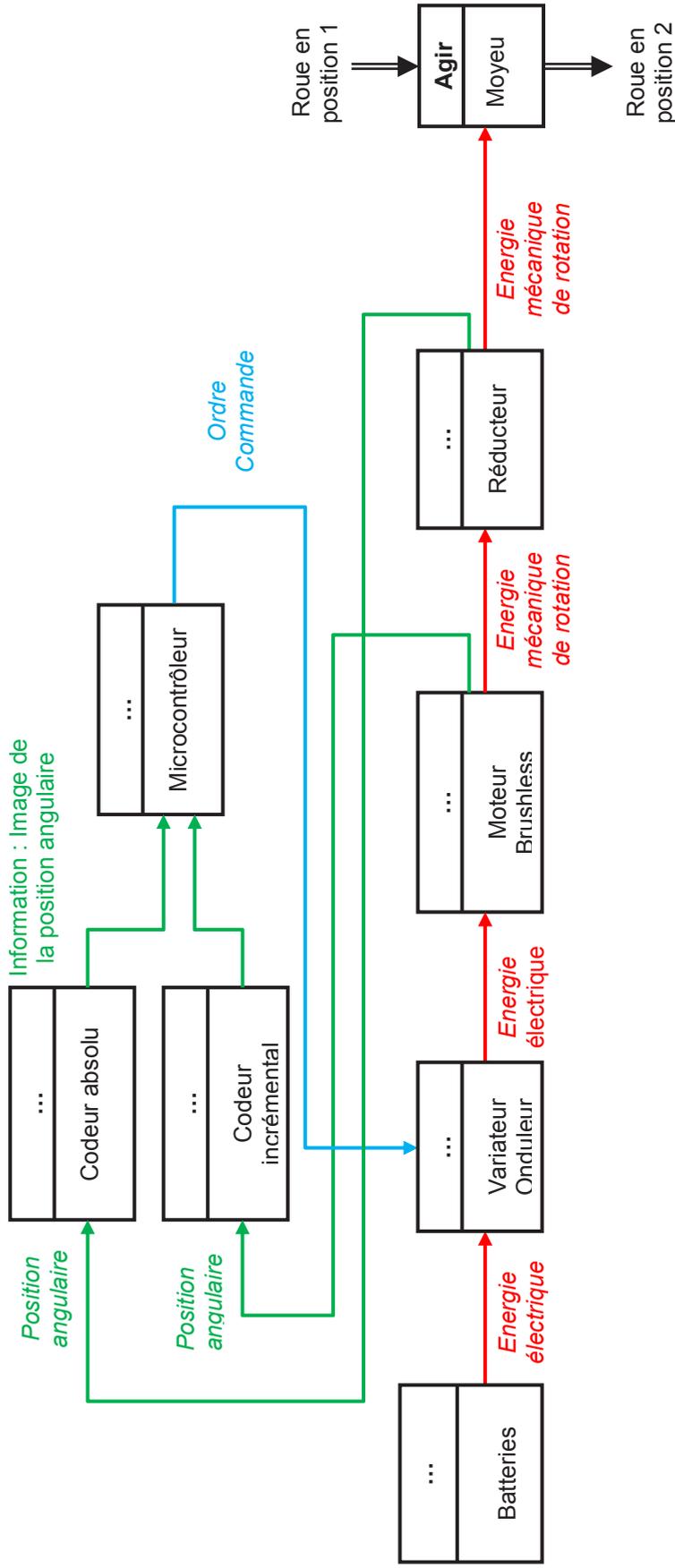
$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Le dernier tableau appelé *Tableau\_Contour* recueille la norme des tableaux précédents. Cette norme est calculée case après case.



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

## DR1 – Structure fonctionnelle pour l'orientation de chaque roue du robot Adap2E



## DR2 – Algorithme de récupération de la composante verte

```

3 #Boucles imbriquées de récupération de la composante verte
4 for i in range(.....):
5     for k in range(1024):
6         l=3*k+1
7         tableau_vert[i,k]=tableau_rvb[.....]
8

```

### DR3 – Algorithme de calcul des gradients

```
11 #Calculs des gradients
12 for i in range(1,767):
13     for j in range(1,1023):
14         Tableau_grad_Horizontal[i-1,j-1]=
15         (-1)*tableau_vert[i-1,j-1]+(-2)*tableau_vert[i,j-1]+(+1)*tableau_vert[i+1,j-1]
16         +(+1)*tableau_vert[i-1,j+1]+(+2)*tableau_vert[i,j+1]+(+1)*tableau_vert[i+1,j+1]
17
18         Tableau_grad_Vertical[i-1,j-1]=
19         (+1)*tableau_vert[i-1,j-1]+(+2)*tableau_vert[i-1,j]+(+1)*tableau_vert[i-1,j+1]
20         +(..)*tableau_vert[....,....]+(..)*tableau_vert[....,....]*tableau_vert[....,....]
```

### DR4 – Tableau de résultat final

```
23 for i in range(766):
24     for k in range(1022):
25         Tableau_Contour[i,k]=.....
```

### DR5 – Boucle de réglage du seuil de luminosité

```
23 #Boucle de réglage de seuil
24 for k in range(.....):
25     for .....:
26         if Tableau_Contour[k,l]<Seuil_Luminosite):
27             .....
```