

PLPA STAEAH AGROEQUIPEMENTS

Culture disciplinaire

Concours/Examen : PLPA-4e Cat / EXT Épreuve : n°1 N° sujet :

Section-option/S spécialité/BAP/Domaine : STAEAH / A - Agroéquip

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Partie n°1 : Analyse systèmeQuestion 1 - Intérêt de la robotisation

Dans un contexte d'augmentation des performances économiques de l'élevage, il est important de remarquer que la "productivité" des animaux est largement liée à la régularité de leurs rations alimentaires. Ainsi, le temps d'astreinte est très dépendant du degré d'automatisation de la préparation et de la distribution de ces rations. Les éleveurs cherchent également à maintenir la régularité de distribution dont dépend la productivité finale.

Le premier service que rendent le robot et sa station est d'augmenter le degré d'automatisation : la station prépare les rations à partir d'éléments préchargés dans le stockeur, tandis que le robot transporte les produits chargés par la station. Des opérations qui pensaient autrement être effectuées très manuellement à l'aide de chargeurs frontaux, brouettes et mélangeurs, ou, de manière plus automatisée, à l'aide de désilenses mélangeuses automatisées dans le cas de matières ensilées (matériau proposé par exemple par l'entreprise LELY).

De la même manière, la distribution au plus près des animaux a connu des évolutions. D'étables aux mangeoires peu accessibles et remplies manuellement, en passant par les auges continues, nous avons abouti, aujourd'hui, à des tables d'alimentation bétonnées qu'un seul passage d'équipement permet de charger en aliment. Ainsi, le robot I-Ron Mix franchit la dernière étape d'automatisation en supprimant le besoin de main-d'œuvre lors de la distribution des rations, de manière régulière, du côté droit ou gauche.

Lorsque les animaux se nourrissent, ils tendent à repousser l'aliment vers le milieu du couloir du fait de la planéité de la table d'alimentation. Toujours dans un but de réduction du besoin en main-d'œuvre, le robot rend le service de repousser les fourrages préalablement distribués.

Enfin toutes les actions précédemment citées permettent de réduire la pénibilité d'un travail manuel exigeant.

Question 2 - Importance de la fonction "communiquer"

A - Communication avec l'utilisateur :

L'utilisateur a la possibilité d'interagir avec la station d'alimentation grâce à l'interface électrique pour programmer la station. Ce choix technologique se justifie par le besoin de gérer le système en

Temps réel, sur le terrain.

L'utilisateur reçoit des alertes sur son téléphone portable en provenance de la station. Cette solution technologique se justifie au cas où le superviseur ne se trouve pas au lieu de l'exploitation et doit être averti de problèmes critiques.

Enfin l'utilisateur peut interagir avec le robot d'alimentation par le biais des organes de commande présents sur le robot. Ces éléments de commande servent à piloter les fonctionnalités du robot à des occasions spéciales, tel un dépannage, c'est pourquoi leur accessibilité limitée est acceptable.

B - Communication avec l'environnement

Le robot possède une antenne de guidage lui permettant de suivre des circuits prédéterminés par fil guidage. C'est une technologie sans fil qui permet de s'affranchir des imperfections liées au revêtement ou à la propriété relative du sol. Les plots RFID, toujours insensibles aux petites variations de la surface du sol permettant, par action magnétique d'informer le robot quand à sa position dans le circuit. Ce système est adapté pour un circuit fixe et répété.

C - communication avec le logiciel de supervision et la station d'alimentation

Le robot est en liaison wifi avec la station, ce qui permet de communiquer sans fil jusqu'à une distance de quelques centaines de mètres. Cela semble adapté au vu des dimensions de tels bâtiments. Le robot informe ainsi la station de sa situation.

Enfin, la station communique avec les serveurs de données par liaison téléphonique. Ce qui permet de positionner le serveur à l'écart sans s'encombrer de câbles sensibles à cet environnement. Le logiciel de supervision quand à lui, permet à l'utilisateur et aux constructeurs de gérer la station complète.

Concours/Examen : PLPA-4cat/EXT Épreuve : n° 1 N° sujet :

Section-option/S spécialité/BAP/Domaine : STAEAH/A - Agroéquip

CONSIGNES

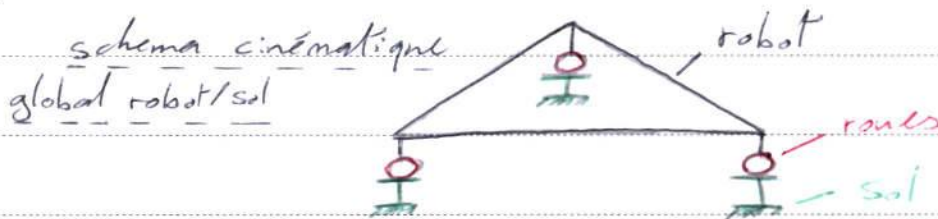
- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Partie n° 2 : Etude technologique

Question 1 : Conception du système "propulsion et direction"

(1.1) A. Stabilité :

En considérant le robot dans son ensemble par rapport au sol, nous pouvons le représenter en appui sur trois liaisons ponctuelles que sont les roues :



C'est un système dit isostatique (n'impliquant pas de contraintes de fabrication superflues) et garantissant la stabilité du robot. Un système à 4 roues aurait nécessité des précautions supplémentaires pour s'assurer que les roues sont dans un même plan.

B. Chargement :

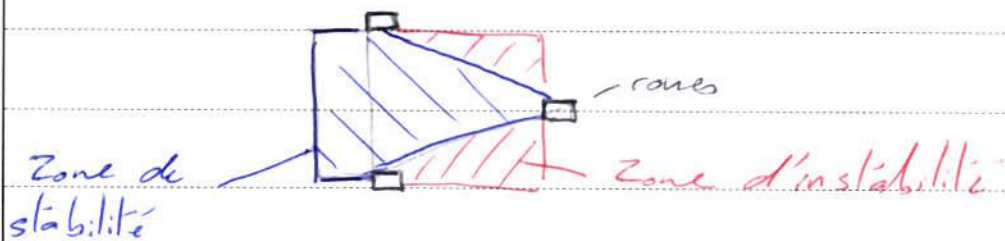
La bremse de chargement a été positionnée à l'arrière, il est donc important, pour des raisons d'adhérence et de motricité que les roues motrices soient les ^{aussi les} roues arrière, ce qui est le cas.

Le chargement sur la roue avant sera donc moindre et une seule roue pourra suffire.

C - Equilibre

La trémie se trouvant à l'arrière, il n'y a pas de problème d'équilibre avec un système à 3 roues.

Vue de dessus du robot



La zone d'instabilité représente une petite partie du chargement du robot.

D - Manœuvrabilité

Un système à 4 roues aurait nécessité une tringlerie de direction pour manœuvrer les 2 roues avant en même temps. Un système à 3 roues est bien plus simple à manœuvrer techniquement et à un rayon de rotation plus court.

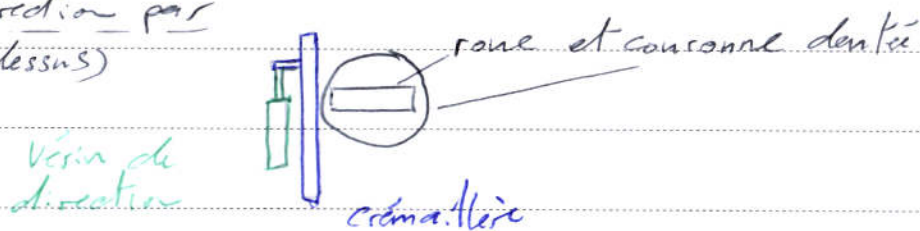
(1.2) Propulsion : La propulsion pourrait être assurée via un système de transmission permettant d'éloigner le moteur de l'essieu. Ce n'est pas nécessaire ici car le moteur électrique peut être

pilote électroniquement et il n'est pas nécessaire d'intégrer une ~~station~~ boîte de vitesses encombrante.

Le moteur de propulsion aurait également pu être situé à l'extérieur de la roue et transmettre l'effort par adhérence ou engrènement mais la solution présentée offre la protection du moteur à l'extérieur de la roue contre les impuretés du milieu extérieur.

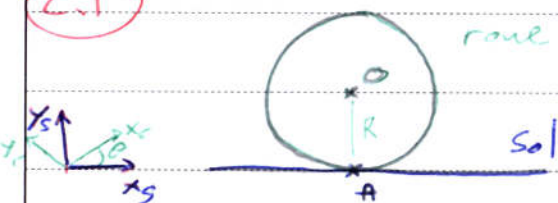
Direction : La direction aurait pu être réalisée par un vérin et ~~une~~ une bielle mais l'angle de rotation aurait été plus limité. On aurait pu également choisir une crémaillère et un vérin électrique puisque l'énergie électrique est disponible à bord.

schéma d'une direction par crémaillère (vue de dessus)



Question 2 : Propositions de modification de la roue matrice directrice

(2.1)



La relation suivante permet de calculer la vitesse au point P :

$$\vec{V}_{P \in \text{roue} / \text{sol}} = \vec{V}_{A \in \text{roue} / \text{sol}} + \vec{OA} \wedge \vec{\Omega}_{\text{roue} / \text{sol}}$$

or $\vec{V}_{A \in \text{roue} / \text{sol}} = \vec{0}$ si le véhicule avance sans glisser.

$$\text{d'où la relation } \vec{V}_{O \in \text{roue} / \text{sol}} = \vec{OA} \wedge \vec{\Omega}_{\text{roue} / \text{sol}} \\ = -R \vec{x}_s \wedge \dot{\theta} \vec{z}$$

$$\boxed{\vec{V}_{O \in \text{roue} / \text{sol}} = -R \dot{\theta} \vec{x}_s}$$

Cette relation établit l'influence du rayon et donc du diamètre de la roue motrice sur la vitesse d'avancement du robot. Lorsque le diamètre augmente, la vitesse de déplacement augmente aussi.

Par le même type d'équation vectorielle, on obtient la formule donnée figure 1 concernant la force de traction :

$$F = \frac{C}{R} \quad \text{avec } F : \text{force de traction}$$

C : couple moteur

R : rayon de la roue

Cette relation établit que lorsque le diamètre de roue augmente, l'effort de traction diminue. Nous pouvons nous y attendre puisque pour une même puissance motrice, si la vitesse augmente, alors l'effort diminue.

(2.2) Si la vitesse augmente, alors l'énergie cinétique emmagasinée par le robot sera plus importante et il sera plus difficile de l'arrêter en urgence. De même, il sera plus long d'atteindre la vitesse de consigne pour une même puissance motrice.

L'effort de traction étant plus faible, le robot accélèrera moins vite ($\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$) et un calcul détaillé de dynamique permettrait de dire dans quelle mesure il vaincra la résistance au roulement et parviendra à gravir les pentes ~~à~~ mentionnées au cahier des charges.

(2.3) Le bandage polyuréthane 75° Shore A exerce une pression au sol moins importante que le bandage polyuréthane

Concours/Examen : PLPA - 4^e cat / CAT Épreuve : n°1 N° sujet :

Section-option/S spécialité/BAP/Domaine : STAEAH/A - Agroéquip

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Besthane. Ce qui se traduit par des bruits moindres et un sol mieux paté, mais augmente la résistance au roulage et donc l'effort de traction nécessaire au déplacement du robot.

(2.4) Après avoir mené une étude dynamique complète, le Bureau d'études pourra recommander de changer de diamètre. Si les caractéristiques des moteurs actuels le permettent, le diamètre de roue pourra être augmenté, et de la même manière, si les moteurs le permettent, le matériau de bandage à plus grande résistance au roulement pourra être proposé.

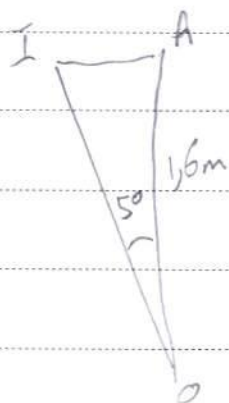
Le B.E. se sera également assuré que le système de freinage reste adapté.

Question 3 - Aptitude du robot au demi-tour

~~Ne connaissant pas la distance [IA], je vais me permettre de majorer légèrement le calcul :~~

$$\text{Conclure : } l_{\min} = d - d_s + I_P - I_A$$

$$l_{\min} = 1,55 - 0,5 + 2,2 - 0,14$$



$$\tan 5^\circ = \frac{IA}{1,6}$$

$$IA \approx \tan 5^\circ \times 1,6$$

$$IA \approx 0,14$$

schéma fait sans
la pression du gong,
désolé.

$$\underline{l_{\min} = 3,11m}$$

La largeur minimale du couloir d'alimentation des deux côtés est
de 3,11 m pour pouvoir faire demi-tour.

Concours/Examen : PLPA-Lecat/EXT Épreuve : n°1 N° sujet :

Section-option/S spécialité/BAP/Domaine : STAEAH/A - Agriéquip

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Partie n°3 : MécaniqueQuestion 1:

La caisse et les roues étant chargées à leurs capacités maximales, l'effort tangent au sol résultant de l'adhérence de la roue sur le sol et s'opposant à la rotation de la roue est maximal, ce qui est défavorable.

De la même manière, le robot étant à l'arrêt, il n'y aura pas de roulement de la roue sur le sol et le moteur devra donc vaincre le plus grand effort lié à l'adhérence de la roue sur le sol.

Question 2:

Voir annexe A.

Question 3:

En négligeant les effets de l'inertie de la roue, on comprend que pour faire tourner la roue l'effort exercé par le pignon sur la couronne doit ~~être supérieur~~ à vaincre l'effort tangentiel exercé par le sol sur la roue.

La démarche de résolution consiste donc en la résolution d'un problème de statique (effets inertiels négligés) où, en connaissant le coefficient de frottement entre la roue et le sol, en connaissant le poids appliqué à la roue, nous allons établir l'équilibre des moments dus à l'effort moteur et à l'adhérence des roues sur le sol.

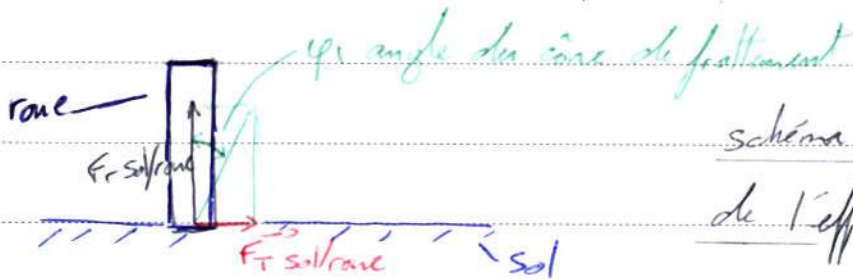
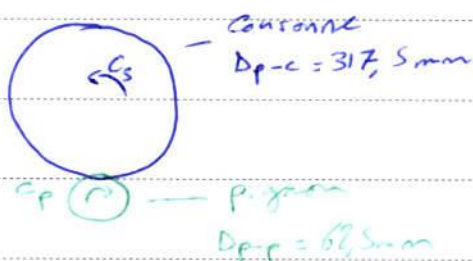


schéma représentant l'effort F_T en fonction de l'effort F_R et du coefficient de frottement

$$\tan \varphi = \frac{F_T}{F_R} \Rightarrow F_T = \tan \varphi \cdot F_R$$

On finit donc par calculer l'effort moteur nécessaire pour vaincre l'effort tangentiel ci-dessus en posant l'équation d'égalité des moments selon la normale au sol.

Choix du moteur réducteur:



Effort de la couronne sur le pignon:

$$F_{p \rightarrow c} = F_{c \rightarrow p}$$

$$\frac{2 \cdot C_p}{0,0625} = \frac{2 \cdot C_s}{0,3175}$$

d'où l'on tire $C_p > \frac{C_s \cdot D_{p-c}}{D_{p-p}} = \frac{225 \cdot 0,0625}{0,3175} = 44,29 \text{ N.m}$

Le couple exercé par le pignon doit être supérieur à 44,3 N.m. pour faire bouger la roue.

$$\frac{C_m}{C_p} = \text{Rapport de réduction du réducteur}$$

C_m : couple du moteur
C_p : couple exercé par le pignon

$$\frac{C_m}{C_p} = \frac{1,4}{44,3} = \underline{0,032}$$

Il faut que le rapport de réduction du motoréducteur soit plus fort que 0,032 pour que la roue l'entraîne.

$$\text{Rapport de réduction} = \text{Réduction étage \#1} \times \text{Réduction étage \#2} \times \text{Réduction étage \#3}$$

Il semble que les deux plus petits rapports de réduction des deux premiers étages suffisent pour atteindre la réduction voulue :

$$\left(\begin{array}{cc} \text{étage n°1} & \text{étage n°2} \\ \frac{1}{3,7} & \times \frac{1}{13,73} = \underline{0,02} < 0,032 \end{array} \right)$$

Concours/Examen : PLPA-4 ecat / KKT Épreuve : n°1 N° sujet :

Section-option/S spécialité/BAP/Domaine : STAEAH / A - Agroéquip

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Partie n°4 - ÉlectricitéQuestion 1:

L'électricité présente le gros avantage de ne pas relâcher de gaz nocifs dans les environnements clos tels que celui en étude ici. De plus, la génération d'énergie mécanique et son contrôle (vitesse, couple) sont très simples à partir d'énergie électrique. Le matériel est également relativement robuste en environnement poussiéreux et le dépannage plutôt rapide.

L'inconvénient majeur est la puissance disponible et la capacité des batteries assez limitée, ce qui ne pose pas problème dans ce petit environnement.

Question 2:

Les batteries à électrolyte gélifié ne nécessitent aucun remplissage et acceptent un plus grand nombre de cycles de décharge que les batteries humides.

Question 3 : Voir annexe B

Question 4 :

La caractéristique C_5 , C_{20} , C_{100} nous permet de connaître l'autonomie du robot en fonction de la consommation des récepteurs actifs.

Question 5 :

Le document fig 2 n°14 nous montre clairement que l'augmentation de la profondeur de décharge détériore la batterie puisque le nombre de cycles diminue également.

Ainsi d'après le document fig 1 n°15, si l'on veut préserver la batterie il faut minimiser la durée d'utilisation entre charges.

Question 6 :

Par lecture de la courbe bleue à 30A de courant de décharge, la durée d'utilisation est d'environ 10,5h.

Il faut donc absolument recharger le robot après 10h30 de fonctionnement. Ceci-dit, le robot se positionne à la station de charge dès lors qu'il ne reçoit pas d'instruction après 3 minutes. Ce résultat est donc à moduler en fonction des recharges

intermédiaires possibles.

Question 7:

Ne connaissant pas bien la technologie Lithium-ion, je ne peux que supposer qu'en vu de leur application, elle permettent de fournir des intensités plus importantes pour un même encombrement. Ceci-dit leur fabrication doit être plus complexe...

Question 8:

L'autonomie du robot, de 10h30 permet largement de réaliser les tours d'alimentation des animaux et les opérations de repousse vers les tables d'alimentation.

Comme évoqué précédemment, le fait que le robot retourne à la station de chargement après 3 minutes d'attente laisse présumer qu'il n'atteindra probablement pas les 80% de décharge évoqués. Du moins, on peut supposer que les concepteurs ont adopté un état d'esprit similaire lors de l'analyse détaillée des temps de fonctionnement.

Concours/Examen : PLPA-4.0001/Ext Épreuve : n°1 N° sujet :

Section-option/Spécialité/BAP/Domaine : STAEAH 1A - Agroéquip

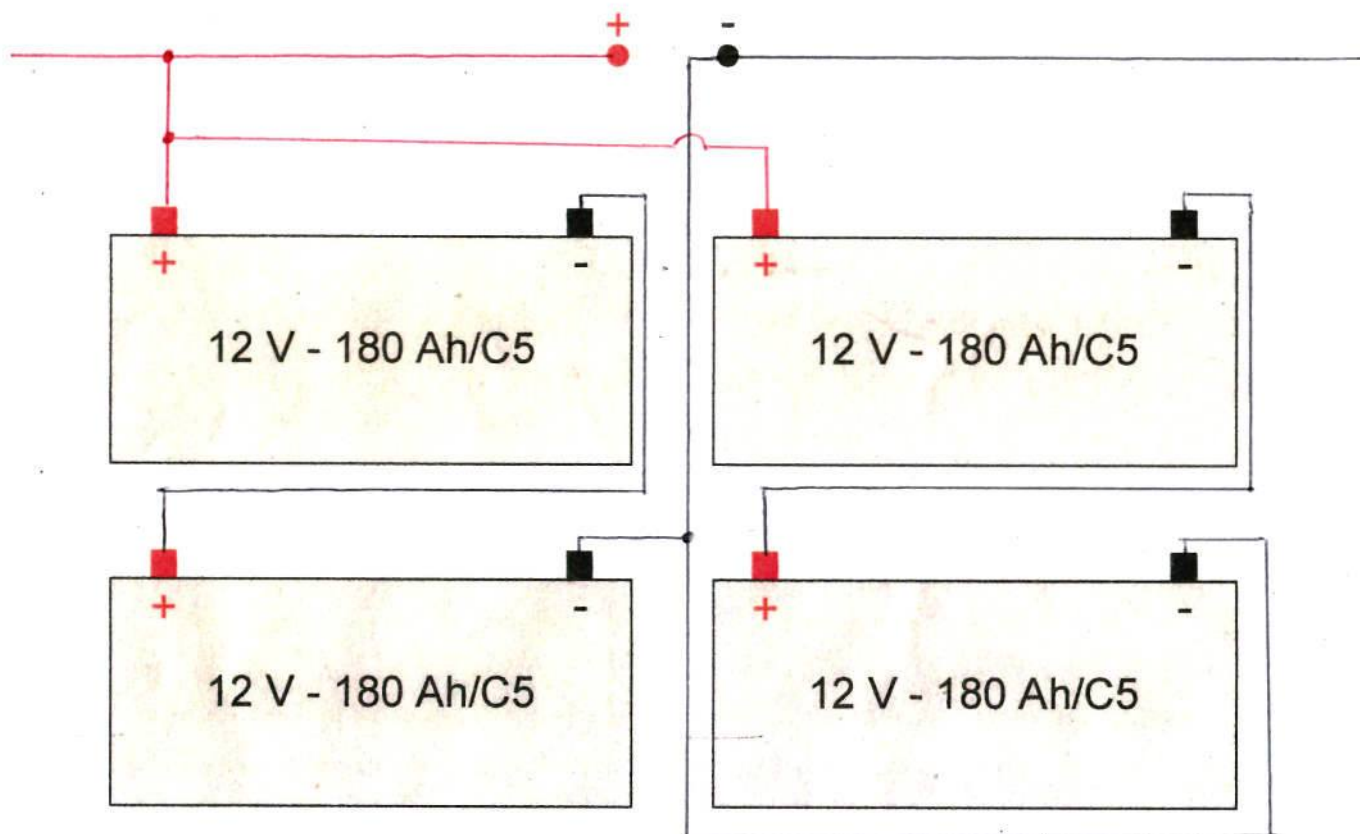
CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

ANNEXE B

Schéma de connexion des batteries du robot d'alimentation
(à compléter et à rendre avec la copie)

D'après documents LUCAS G



Données :

Tension d'une batterie
Capacité d'une batterie

$U = 12 \text{ V}$
 $C = 180 \text{ Ah/C5}$

Concours section : PLPA STAEAH AGROEQUIPEMENTS

Epreuve matière : Culture disciplinaire

14.5 / 20

Concours/Examen : PLPA - G. cat. / C&T Épreuve : n°1 N° sujet :
Section-option/Spécialité/BAP/Domaine : STAEAH / A - Ag. Equip.

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Indiquer le n° du sujet quand l'épreuve comporte plusieurs sujets au choix.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre noire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

ANNEXE A

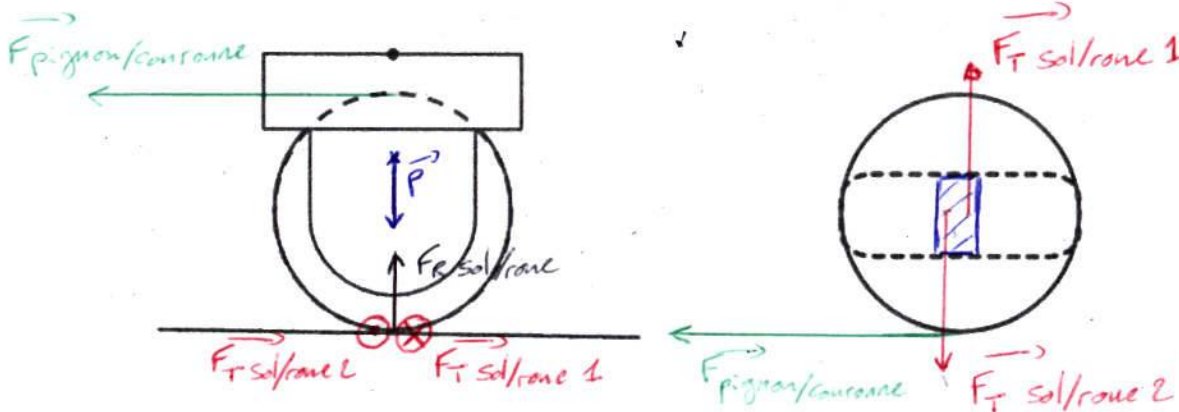
Représentation schématique de la roue directrice du robot d'alimentation
(à compléter et à rendre avec la copie)

D'après documents LUCAS G

Tracer des actions mécaniques extérieures agissant sur la roue motrice directrice dans la situation décrite :

Roue (vue de côté)

Roue (vue de dessus)



Légende : (à compléter)

Bande de roulement

$F_{\text{pignon/couronne}}$: effort généré par le moteur

$F_{T \text{ sol/roue 1}}$ et $F_{T \text{ sol/roue 2}}$: efforts tangentiels du sol sur la roue (dus à l'adhérence)

P : poids du système

$F_{R \text{ sol/roue}}$: effort normal du sol sur la roue

