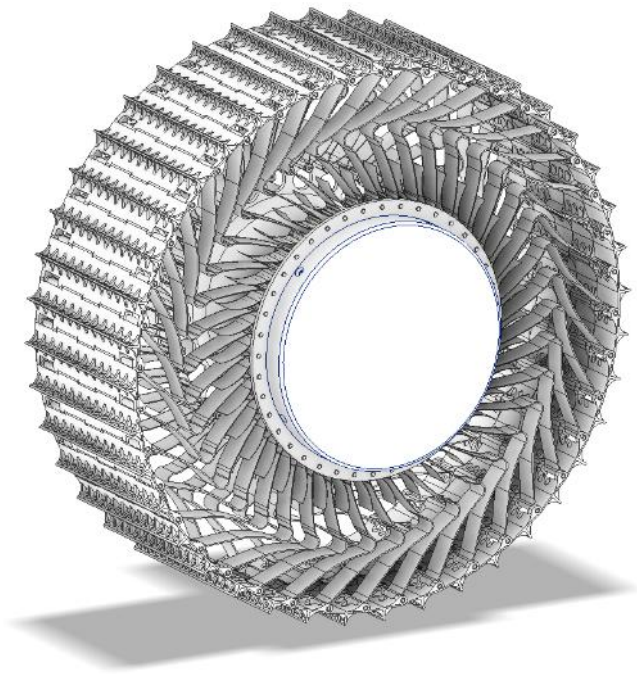

HTR

Hellenic Technology of Robotics

Manuel d'utilisation de la roue lunaire sans moyeu

Document technique

Manuel de l'utilisateur



Version: v11.0

30/10/2025



TABLE DES MATIÈRES

1	VUE D'ENSEMBLE	5
1.1	Présentation du document.....	5
2	LA ROUE FLEXIBLE LUNAIRE HTR SANS MOYEU	7
2.1	Caractéristiques de la roue lunaire sans moyeu.....	7
2.2	Matériaux.....	9
2.3	Spécifications.....	9
2.4	Galerie de photos.....	10
2.5	Plans.....	12
3	ENDURANCE ET USURE	14
4	ENTRETIEN ET SÉCURITÉ	15
4.1	Routine Maintenance.....	15
5	SCÉNARIOS D'APPLICATION TYPIQUES: INTERFACE ENTRE LA ROUE ET VOTRE ROVER	16
6	QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES	19
6.1	Vidéos connexes.....	24

TABLEAU DES CHIFFRES

Chiffre 1-1: La roue lunaire sans moyeu HTR avec sa housse de protection avant (telle qu'expédiée).5

Chiffre 1-2: Roue sans moyeu avec bride de montage (à partir de laquelle le mouvement est transmis), telle qu'expédiée (dimensions des trous d'interface comme sur les plans ci-dessous, chapitre 5).6

Chiffre 2-1: Roue CCW (gauche) et roue CW (droite) telles que livrées. Le sens préférentiel du mouvement est indiqué par une flèche sur le couvercle de la roue.8

Chiffre 2-2: Graphique comparatif des performances de traction des roues HTR (ligne pointillée, atteignant une charge de 0,4 barre de traction/axe à un taux de glissement de 20 %), par rapport aux roues Ti NI de la NASA (ligne bleue, atteignant une charge de 0,25 barre de traction/axe à un taux de glissement de 40 %) et aux roues rigides MSL du JPL (ligne rouge, atteignant une charge de 0,18 barre de traction/axe à un taux de glissement de 70 %).8

Chiffre 2-3: Essais de roues HTR dans les installations d'essai de l'ASTROBOTIC (GRC-1).9

Chiffre 2-4: Roue sans moyeu présentant une déformation lors de l'escalade d'une pierre. .10

Chiffre 2-5: Roue sans moyeu présentant une déformation lors de l'escalade d'une pierre. .11

Chiffre 2-6: Roue sans moyeu soumise à une charge statique de 710N présentant une déformation complète.11

Chiffre 2-7: Plan sans moyeu côté et piste.12

Chiffre 2-8: Voie de roulement sans moyeu et section B-B à l'échelle 1/2.13

Chiffre 3-1: Configuration de l'essai des roues et résultats de l'essai.14

Chiffre 5-1: Vue frontale de la bride de fixation de la roue.16

Chiffre 5-2: Vue latérale de la bride de fixation de la roue.16

Chiffre 5-3: Vue latérale de l'interface de montage des roues.17

Chiffre 5-4: Vue en coupe de l'interface de montage des roues.17

Chiffre 5-5: Exemple d'alimentation de la roue par un axe sortant du châssis d'un rover.18

Chiffre 5-6: Exemple d'alimentation de la roue par un axe, le moteur étant situé à l'intérieur du châssis du rover.18

Chiffre 6-1: Roue: Rotation dans le sens des aiguilles d'une montre.19

Chiffre 6-2: Roue: Rotation CCW.19

Chiffre 6-3: Démontage du segment de jante/de la vis de l'axe du ressort.20

Chiffre 6-4: Démontage de la vis du moyeu du ressort.21

Chiffre 6-5: Retrait du segment de jante.22

Chiffre 6-6: Vue d'ensemble de l'assemblage de la roue sans moyeu, du moyeu motorisé HTR et du rover HTR.23

Chiffre 6-7: Le châssis du rover HTR avec 4 roues montées.24



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1: Caractéristiques principales de la roue sans moyeu HTR. 10

Enregistrement des modifications de documents.

Version	Date	Description	Sections concernées
1.0	13/05/2025	Premier projet	Tous
2.0	15/05/2025	Premier projet	Chapitre 2
3.0	19/05/2025	Projet avancé	Chapitre 2 et 3
4.0	21/05/2025	Projet avancé	Chapitre 3
5.0	25/05/2025	Projet avancé	Chapitre 4 et 5
6.0	29/05/2025	Projet avancé	Tous
7.0	01/06/2025	Projet avancé	Mise en forme du texte
8.0	02/06/2025	Projet final	Tous les chiffres
9.0	03/06/2025	Projet final	Chapitre ajouté
10.0	03/06/2025	Projet final	Mise à jour des légendes et ajout de références
11.0	30/10/2025	Final	Tous



La roue lunaire sans moyeu HTR sans capot avant.

1 VUE D'ENSEMBLE

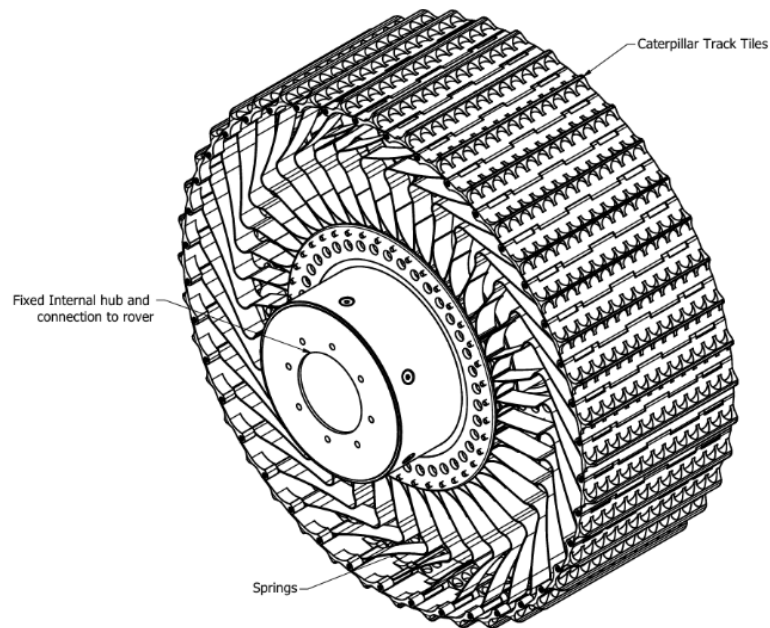
1.1 Présentation du document

Le présent document est structuré comme suit:

- Le chapitre 1 présente le document.
- Le chapitre 2 fournit des informations sur la roue.
- Le chapitre 3 fournit des informations sur l'endurance et l'usure de la roue.
- Le chapitre 4 fournit des conseils en matière d'entretien.
- Le chapitre 5 présente des scénarios d'application typiques: Interfaçage de la roue avec votre Rover.
- Le chapitre 6 donne une liste de FAQ.



Chiffre 1-1: La roue lunaire sans moyeu HTR avec sa housse de protection avant (telle qu'expédiée).



Chiffre 1-2: Roue sans moyeu avec bride de montage (à partir de laquelle le mouvement est transmis), telle qu'expédiée (dimensions des trous d'interface comme sur les plans ci-dessous, chapitre 5).

2 LA ROUE FLEXIBLE LUNAIRE HTR SANS MOYEU

Ce chapitre présente les principales propriétés et caractéristiques de la roue lunaire sans moyeu HTR..

2.1 Caractéristiques de la roue lunaire sans moyeu

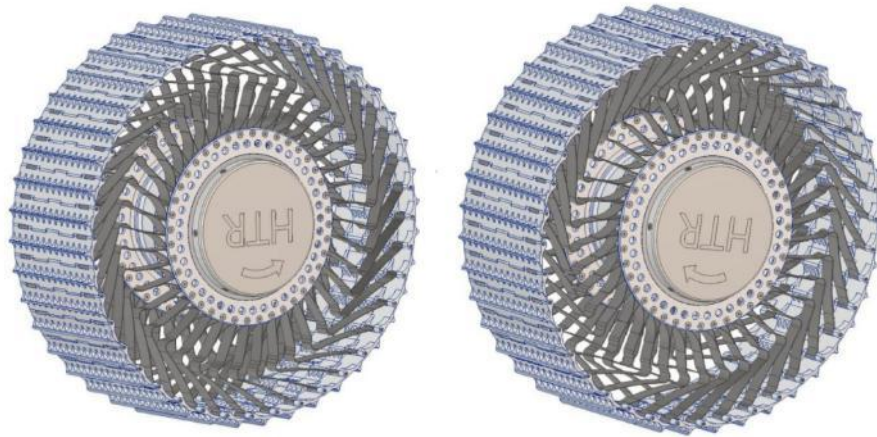
La roue est l'équivalent le plus proche d'une roue de vol qui peut survivre à l'environnement lunaire. En faisant fonctionner votre rover avec ces roues, vous obtiendrez le comportement le plus proche possible de votre machine sur un paysage lunaire. Les performances de la roue sont étonnantes, même si on les compare à celles des pneus en caoutchouc. La roue se comporte en fait comme une chenille, épousant les irrégularités du terrain et absorbant les chocs. Le fonctionnement qui en résulte est extrêmement souple, comme on peut le voir sur les vidéos (liste en fin de document).

La roue est disponible en deux options de rigidité du ressort : 06 et 08.

Les roues 06 et 08 modifient également automatiquement leur rigidité en cours de fonctionnement : La rigidité augmente lorsque la roue génère un couple plus élevé, en relation avec le sol. En d'autres termes, plus le sol est dur, plus la roue peut atteindre une rigidité élevée (dans une fourchette prédéfinie). Cela augmente encore l'adaptabilité et l'efficacité de la roue.

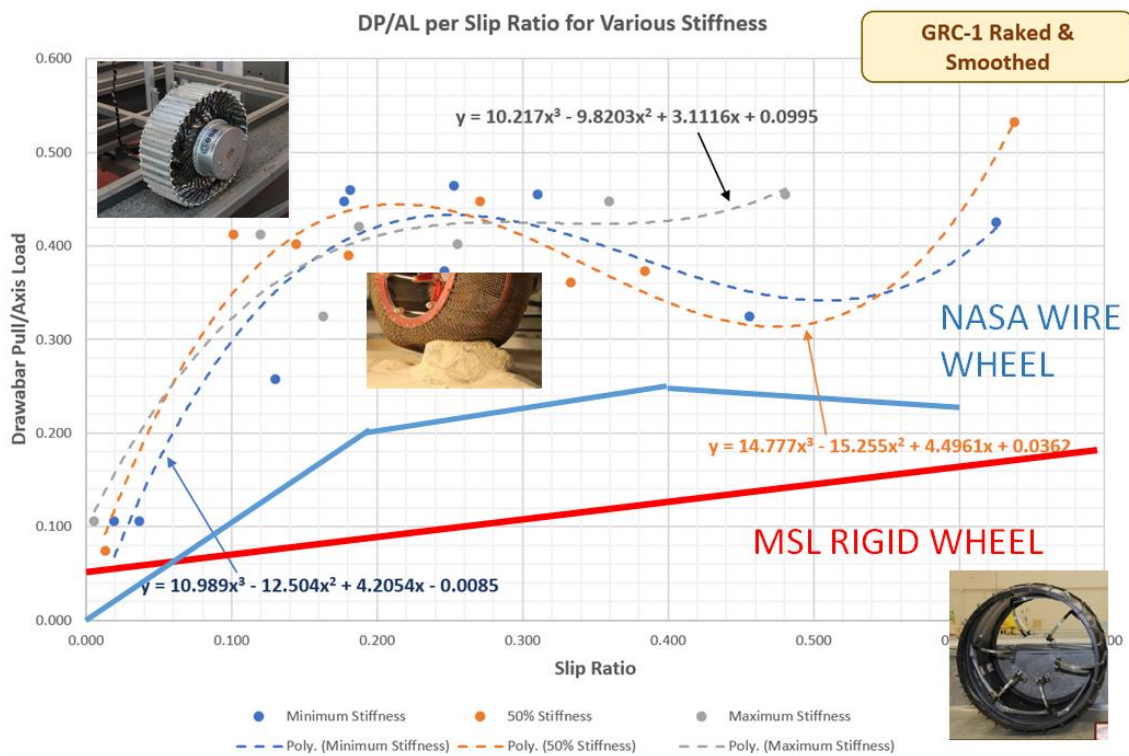
La roue 06 est conçue pour supporter une charge plus faible (150 N) que la roue 08, qui peut supporter une charge de 250 N. La roue 06 convient mieux aux sols très meubles (GRC-1), tandis que la roue 08 est conçue pour les sols supportant des pressions plus élevées.

Les roues ont une direction préférentielle de mouvement. Ceci est dû à l'adaptation automatique de la rigidité, qui fonctionnera correctement si la roue est actionnée dans sa direction préférentielle de mouvement. Nous recommandons d'utiliser cette direction comme direction de mouvement vers l'avant de votre rover. Par conséquent, pour une utilisation sur un rover à 4 roues, vous devez utiliser 2 roues avec un sens de mouvement préférentiel dans le sens des aiguilles d'une montre et 2 roues avec un sens de mouvement préférentiel dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le sens préférentiel du mouvement est indiqué sur chaque enjoliveur de roue (figure ci-dessous).



Chiffre 2-1: Roue CCW (gauche) et roue CW (droite) telles que livrées. Le sens préférentiel du mouvement est indiqué par une flèche sur le couvercle de la roue..

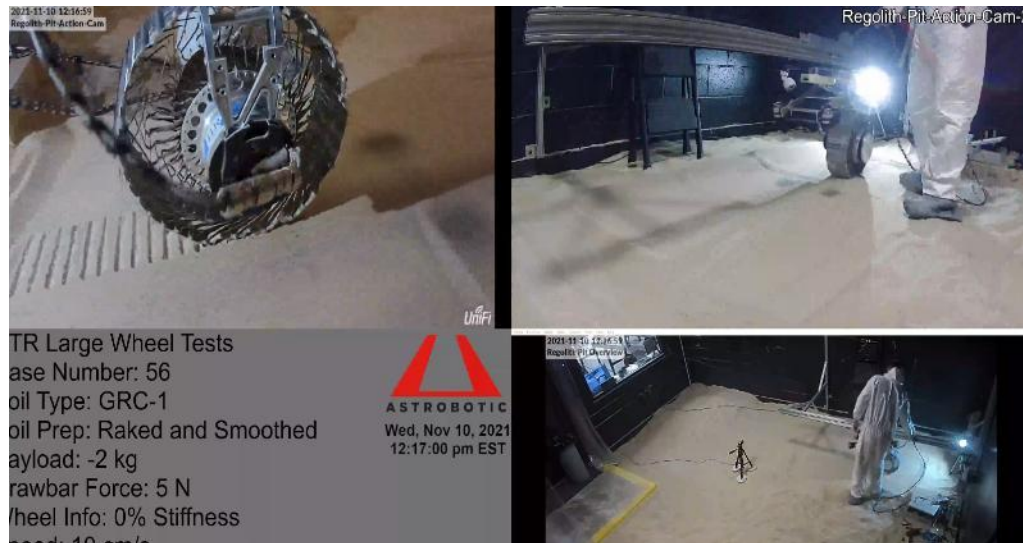
Les roues présentent une traction exceptionnelle sur les sols meubles, surpassant les performances des roues rigides et des roues Ti Ni de la NASA. Les graphiques comparatifs ci-dessous démontrent la différence:



Chiffre 2-2: Graphique comparatif des performances de traction des roues HTR (ligne pointillée, atteignant une charge de 0,4 barre de traction/axe à un taux de glissement de 20 %), par rapport aux roues Ti Ni de la NASA (ligne bleue, atteignant une charge de 0,25 barre de traction/axe à un taux de glissement de 40 %) et aux roues rigides MSL du JPL (ligne rouge, atteignant une charge de 0,18 barre de traction/axe à un taux de glissement de 70 %).

Tous les résultats des tests ci-dessus se rapportent au sol analogue lunaire GRC-1.

Tous les tests de roues HTR du graphique ci-dessus ont été effectués sur GRC-1, car HTR a effectué ces tests dans les installations d'essai ASTROBOTIC sur 2021.



Chiffre 2-3: Essais de roues HTR dans les installations d'essai de l'ASTROBOTIC (GRC-1).

2.2 Matériaux

Les roues sont entièrement fabriquées à partir de matériaux cryorésistants et résistants à la corrosion. Elles peuvent donc être utilisées à des températures extrêmement basses (moins 180oC) ou élevées (plus 150oC), sans dégradation des performances. Bien que les roues vendues n'aient pas passé les tests de qualification de vol, elles sont construites exactement de la même manière que les roues qualifiées pour le vol. Cependant, les adhésifs utilisés ne sont pas qualifiés pour le vol

2.3 Spécifications

Spécifications		
Paramètres		Valeur/Description
Roue	Diamètre	360 mm
	Largeur du carreau	130 mm
	Largeur totale, y compris les moyeux	184 mm
	Rigidité radiale	Variable, 2500N/m à 10000N/m (mesuré comme le déplacement du moyeu)
Mass		3.8 kg
Vitesse maximale		15 Km/h
Couple maximal sur l'axe de la roue		70 Nm
Charge maximale par roue (opérationnelle) pour le type 06		150N
Charge maximale par roue (opérationnelle) pour le type 08		250N
Charge maximale par roue (statique) pour le type 06		700N

Spécifications

Charge maximale par roue (statique) pour le type 08	800N
---	------

Tableau 2-1: Caractéristiques principales de la roue sans moyeu HTR.

Caution:

L'utilisation des roues de type 06 pendant des périodes prolongées à des charges supérieures à 150 N peut endommager progressivement les ressorts et entraîner leur défaillance. De même, l'utilisation des roues de type 08 pendant des périodes prolongées avec des charges supérieures à 250 N peut également réduire la durée de vie des ressorts. Ces dommages peuvent ne pas se manifester immédiatement, mais après plusieurs milliers de cycles

- Comment commander les roues:

La roue sans moyeu doit être commandée selon les 4 options suivantes:

ROUE SANS MOYEU 06 FONCTIONNEMENT DANS LE SENS DES AIGUILLES D'UNE MONTRE

ROUE SANS MOYEU 06 FONCTIONNEMENT DANS LE SENS INVERSE DES AIGUILLES D'UNE MONTRE

ROUE SANS MOYEU 08 FONCTIONNEMENT DANS LE SENS DES AIGUILLES D'UNE MONTRE

ROUE SANS MOYEU 08 FONCTIONNEMENT DANS LE SENS INVERSE DES AIGUILLES D'UNE MONTRE

2.4 Galerie de photos



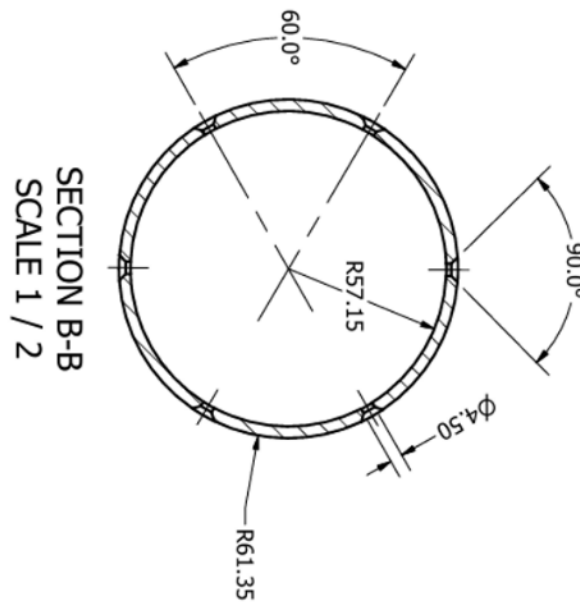
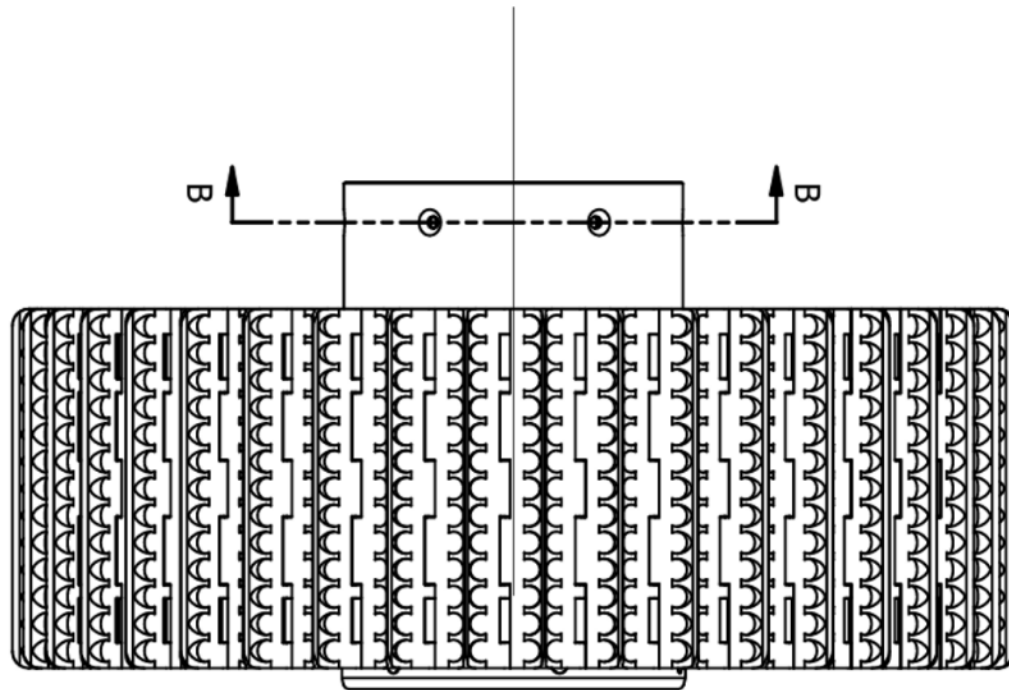
Chiffre 2-4: Roue sans moyeu présentant une déformation lors de l'escalade d'une pierre.



Chiffre 2-5: Roue sans moyeu présentant une déformation lors de l'escalade d'une pierre.



Chiffre 2-6: Roue sans moyeu soumise à une charge statique de 710N présentant une déformation complète.

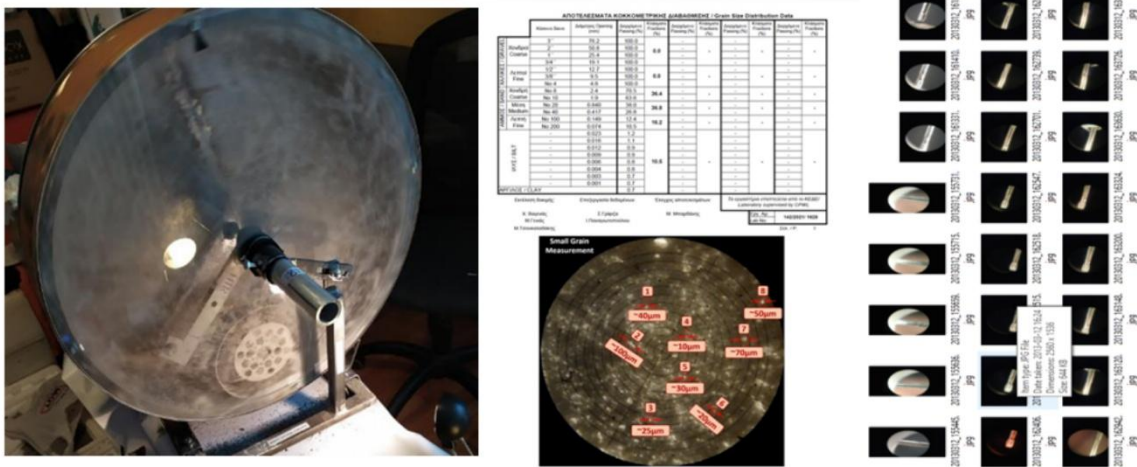


Chiffre 2-8: Voie de roulement sans moyeu et section B-B à l'échelle 1/2.

3 ENDURANCE ET USURE

Nous avons effectué des tests sur 1000 km dans un tambour rempli de sable de régolithe, d'une granulométrie de quelques microns. Nous avons ensuite démonté tous les éléments critiques et vérifié l'usure. La roue peut parcourir plusieurs milliers de kilomètres avant de s'user de manière significative.

How about wear?



Chiffre 3-1: Configuration de l'essai des roues et résultats de l'essai.

La roue lunaire HTR a été testée sur une distance de 1000 km (plusieurs semaines de fonctionnement continu à des vitesses de 3-7 km /h), chargée à la charge nominale et fonctionnant dans un environnement de sable régolithique entièrement contaminé. Contrairement aux considérations de l'"instinct d'ingénieur", bien que le sable régolithique pénètre profondément dans toutes les charnières de la jante et des ressorts, la flexibilité de la jante est préservée et il n'y a pas d'augmentation de la rigidité de la roue due à la contamination. Après 1000 km, l'élasticité de la roue est toujours préservée. L'usure n'apparaît que sur les câbles, mais le taux d'usure est tel que plusieurs milliers de km sont nécessaires avant d'altérer significativement la fonction des câbles.

4 ENTRETIEN ET SÉCURITÉ

4.1 Routine Maintenance

- **Vérifier l'absence de déformation de la roue:**

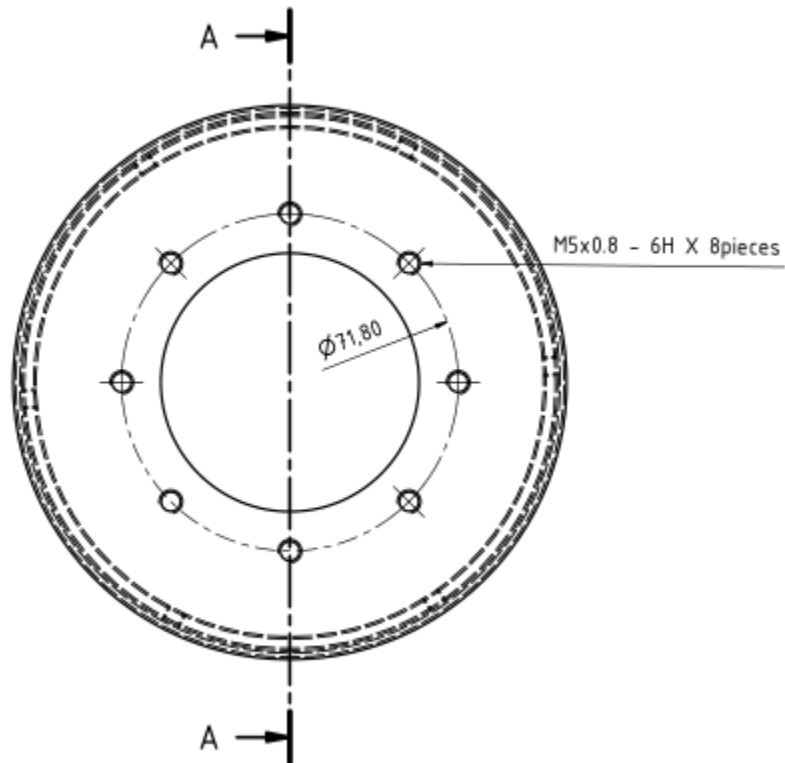
Les roues doivent être vérifiées pour s'assurer qu'elles ne se déforment pas, afin de détecter les éléments susceptibles d'entraver cette fonctionnalité. Il est extrêmement rare que de petites pierres soient coincées entre les ressorts et les tuiles. Dans ce cas, les pierres sont généralement éliminées naturellement de la rotation de la roue.

- **Nettoyer les pièces mobiles:**

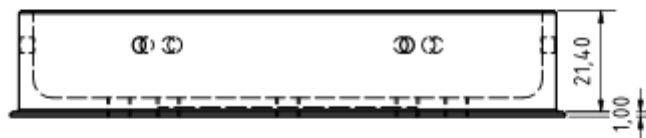
Si de la boue, des branches ou d'autres éléments de végétation ont obstrué l'espace entre les tuiles et les ressorts, vous constaterez que la roue devient plus rigide, car il n'y a plus de place pour la déformation. Les roues étant conçues pour fonctionner sur une surface dépourvue de boue ou de végétation, il convient d'éliminer ces salissures.

5 SCÉNARIOS D'APPLICATION TYPIQUES: INTERFACE ENTRE LA ROUE ET VOTRE ROVER

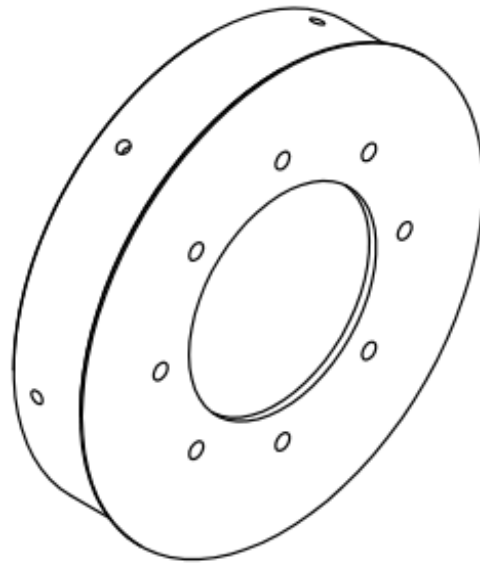
Vous pouvez facilement interfacer la roue HTR avec une bride mobile provenant de votre rover. Les plans suivants montrent les détails de l'interfaçage:



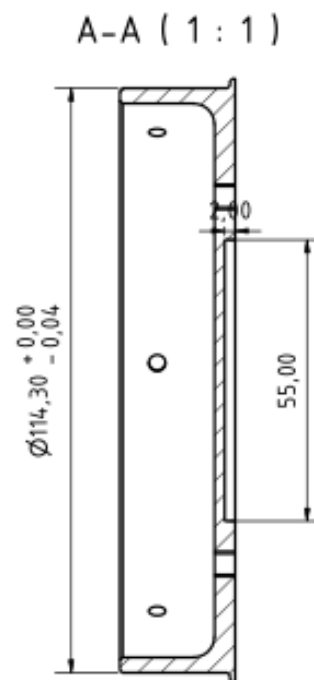
Chiffre 5-1: Vue frontale de la bride de fixation de la roue.



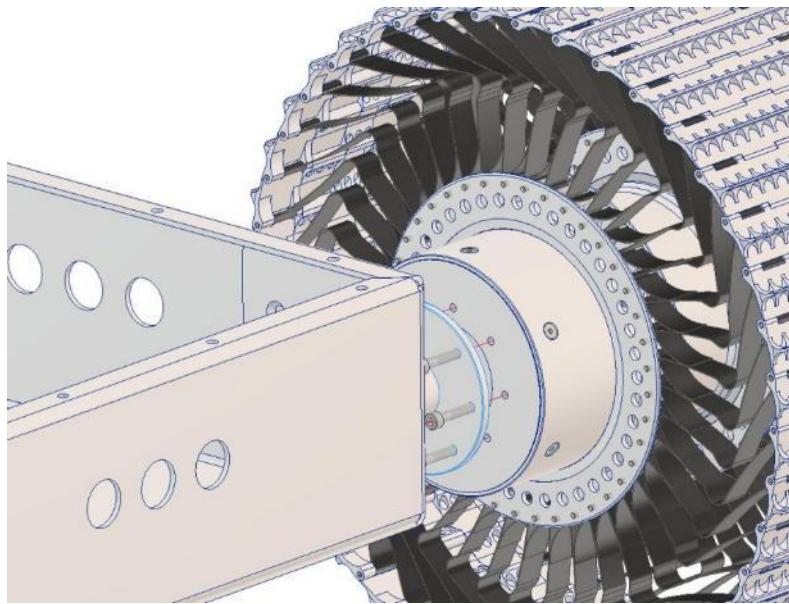
Chiffre 5-2: Vue latérale de la bride de fixation de la roue.



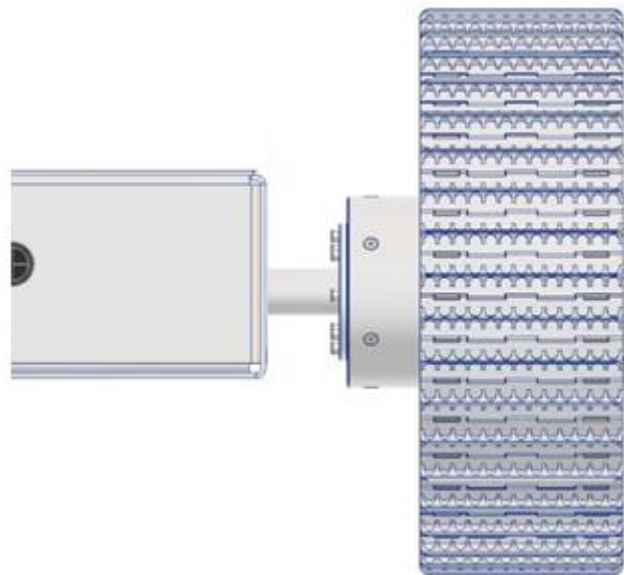
Chiffre 5-3: Vue latérale de l'interface de montage des roues.



Chiffre 5-4: Vue en coupe de l'interface de montage des roues.



Chiffre 5-5: Exemple d'alimentation de la roue par un axe sortant du châssis d'un rover.



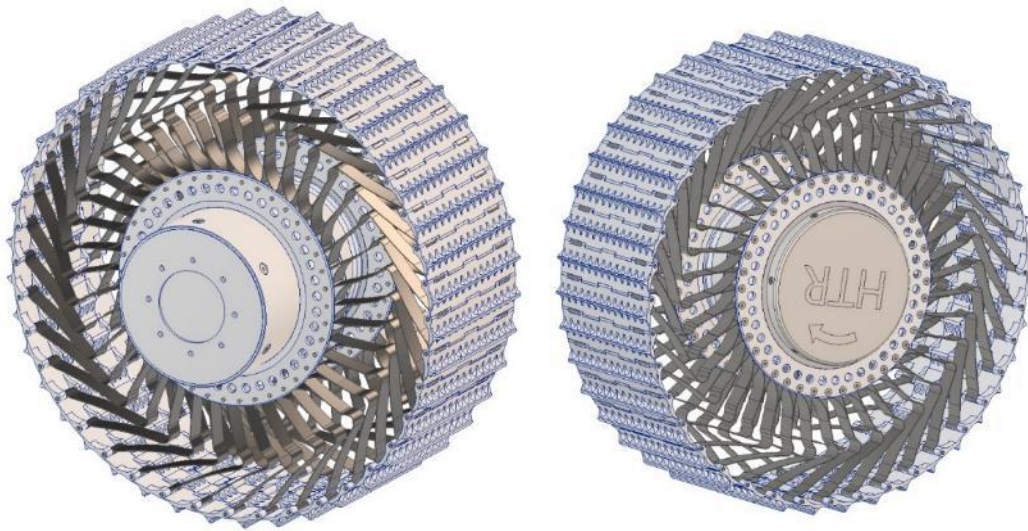
Chiffre 5-6: Exemple d'alimentation de la roue par un axe, le moteur étant situé à l'intérieur du châssis du rover.

De la même manière, la roue peut être entraînée par un axe dont le moteur est situé dans un bras de suspension, un bogie, etc.

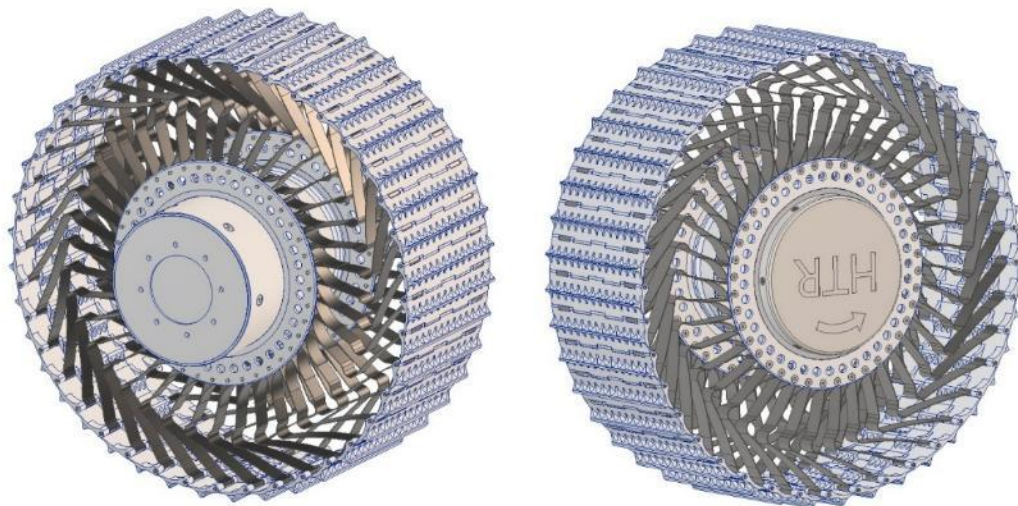
6 QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES

1. Q: La roue a-t-elle un sens de rotation privilégié ?

R: Oui. Le comportement du mécanisme de rigidité varie en fonction de l'orientation des ressorts et de la rotation de la roue. Vous trouverez ci-dessous des images de l'orientation des ressorts et de la corrélation de la rotation.:



Chiffre 6-1: Roue: Rotation dans le sens des aiguilles d'une montre.



Chiffre 6-2: Roue: Rotation CCW.

2. Q: La roue HTR sans moyeu est-elle qualifiée pour le vol ?

R: Les roues HTR sans moyeu n'ont pas fait l'objet d'essais de qualification spatiale, car cela augmenterait considérablement leur coût. Cependant, les roues que nous vendons ont une conception très similaire à celle des roues qualifiées pour le vol.

3. Q: Comment la variation de la rigidité affecte-t-elle les performances de la roue ?

R: La variation de la rigidité modifie la pression de surface exercée par la jante des roues sur le sol. Cela affecte de nombreux aspects de la performance, à savoir:

- Elle augmente l'efficacité, car l'énergie n'est pas gaspillée dans les déformations locales par hystérésis, mais au contraire pleinement utilisée.
- Il empêche le glissement, ce qui facilite à nouveau la conservation de l'énergie.
- Avec une surface de contact plus importante, la force de traction maximale de la roue est augmentée.

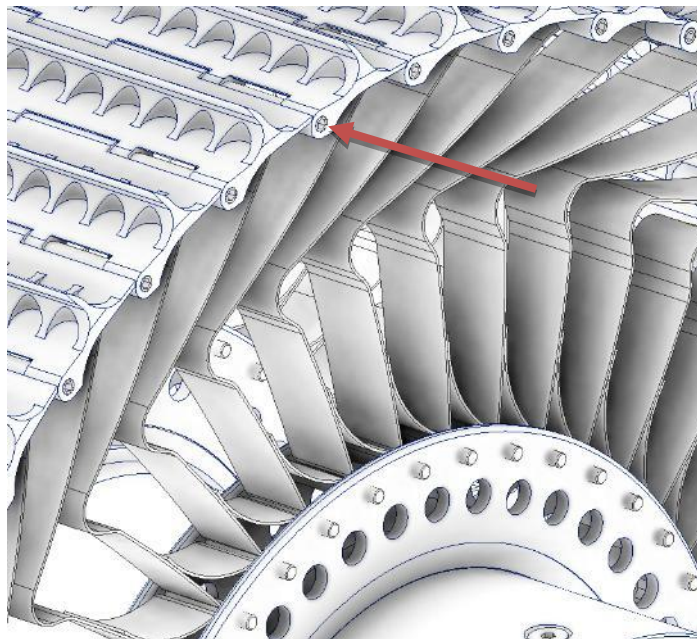
4. Q: Que se passe-t-il en cas de collision ?

R: Des collisions sont inévitables. La roue sert de suspension au système en général. Si la collision est plus violente que prévu, certains ressorts peuvent être endommagés autour de la zone de collision.

5. Q: Puis-je réparer un ressort cassé sans renvoyer la roue à HTR ?

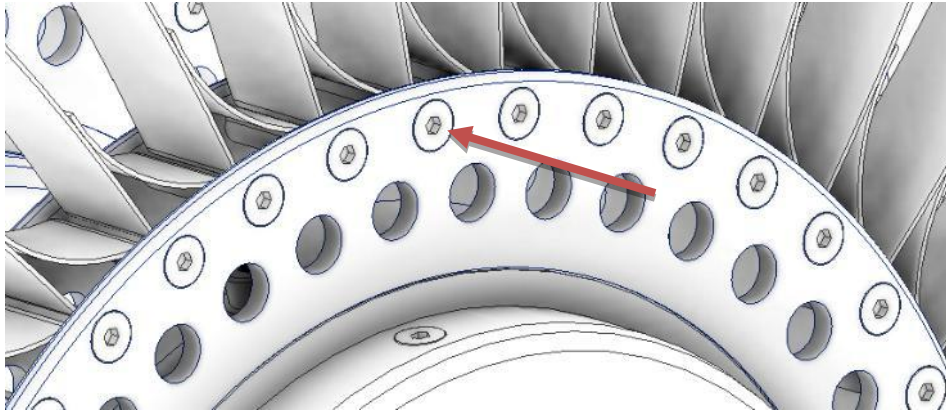
R: Oui, le remplacement d'un ressort est possible sans renvoyer la roue, mais il faut faire attention en essayant de retirer les boulons, car nous utilisons de l'adhésif pour éviter qu'ils ne se détachent.

- Retirer les vis sans tête de fixation supérieures des deux côtés de la jante.



Chiffre 6-3: Démontage du segment de jante/de la vis de l'axe du ressort.

- À l'aide d'un axe de 3 mm de diamètre, poussez l'axe de la jante vers l'extérieur, en le retirant du ressort endommagé. Veillez à ne pas retirer complètement l'axe de la jante, mais seulement à le pousser hors du ressort à retirer.
- Dévisser la vis qui maintient le ressort endommagé sur la jante interne.



Chiffre 6-4: Démontage de la vis du moyeu du ressort.

- Retirer le ressort endommagé maintenant libéré et le remplacer par le nouveau.
- Fixer la vis interne et faire passer l'axe de la jante externe à travers le ressort.
- Remettre en place les vis sans tête supérieures.

Note: Toutes les vis doivent être débarrassées de l'adhésif séché et réappliquées lors de la fixation.

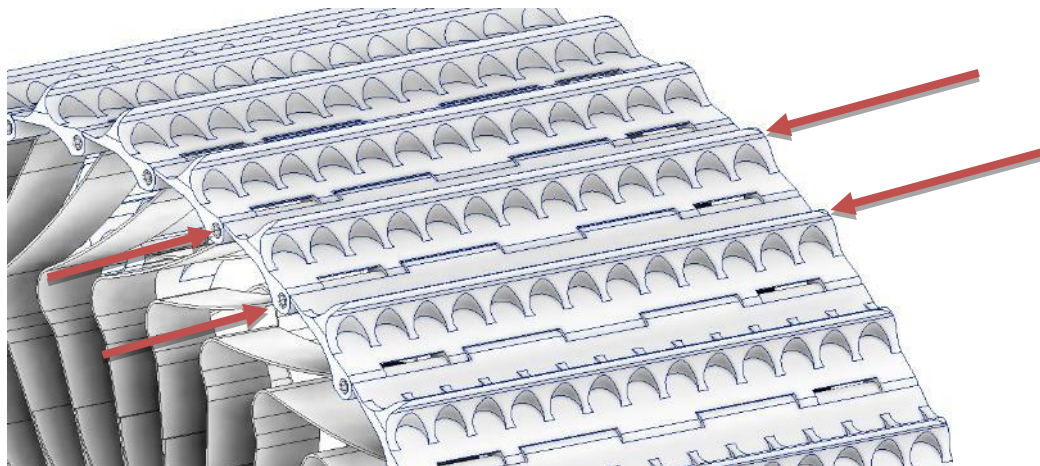
6. Q: HTR vend-il des ressorts individuels séparément comme pièces de rechange ?

R: Oui. Un ressort peut être vendu séparément pour un coût d'environ 20 euros, plus les frais de port et les taxes.

7. Q: Puis-je réparer un segment de jante endommagé (tuile) sans renvoyer la roue à HTR ?

R: Oui, vous pouvez réparer un segment de jante endommagé en suivant les instructions ci-dessous.

- Retirer les vis sans tête de fixation de l'axe de chaque côté des deux axes qui maintiennent le segment de jante en place.



Chiffre 6-5: Retrait du segment de jante.

Une fois les vis retirées, poussez soigneusement les deux axes hors de leur position à l'aide d'une tige de 3 mm, en les retirant complètement..

- Retirer le segment de jante endommagé, désormais libre, et placer le nouveau segment en position.
- Pousser avec précaution les deux axes, en veillant à les faire passer à travers les quatre ressorts libérés et les segments de jante adjacents.
- Fixer les quatre vis de fixation sans tête.

Note: Toutes les vis doivent être débarrassées de l'adhésif séché et réappliquées lors de la fixation..

8. Q: [Puis-je acheter des pièces détachées ?](#)

R: Si la pièce détachée ne figure pas sur le site web du revendeur, contactez directement HTR à l'adresse suivante sales@htr.gr

9. Q: [Sur quelle distance et dans quelles conditions la roue a-t-elle été testée ?](#)

R: La roue a été testée sur une distance de 1000 km à une vitesse de 4-7 km/h sur un sol régolithique avec une forte contamination de sable régolithique pendant l'opération.

10. Q: [Comment l'usure affecte-t-elle la performance des roues ?](#)

R: L'usure des matériaux sur les segments de la jante n'affecte pas de manière significative les performances de la roue. Les ruptures de ressorts en faible nombre (<15 ruptures de ressorts, non consécutives) n'altèrent pas non plus les performances de manière significative.

11. Q: [Quelle est la garantie offerte par HTR ?](#)

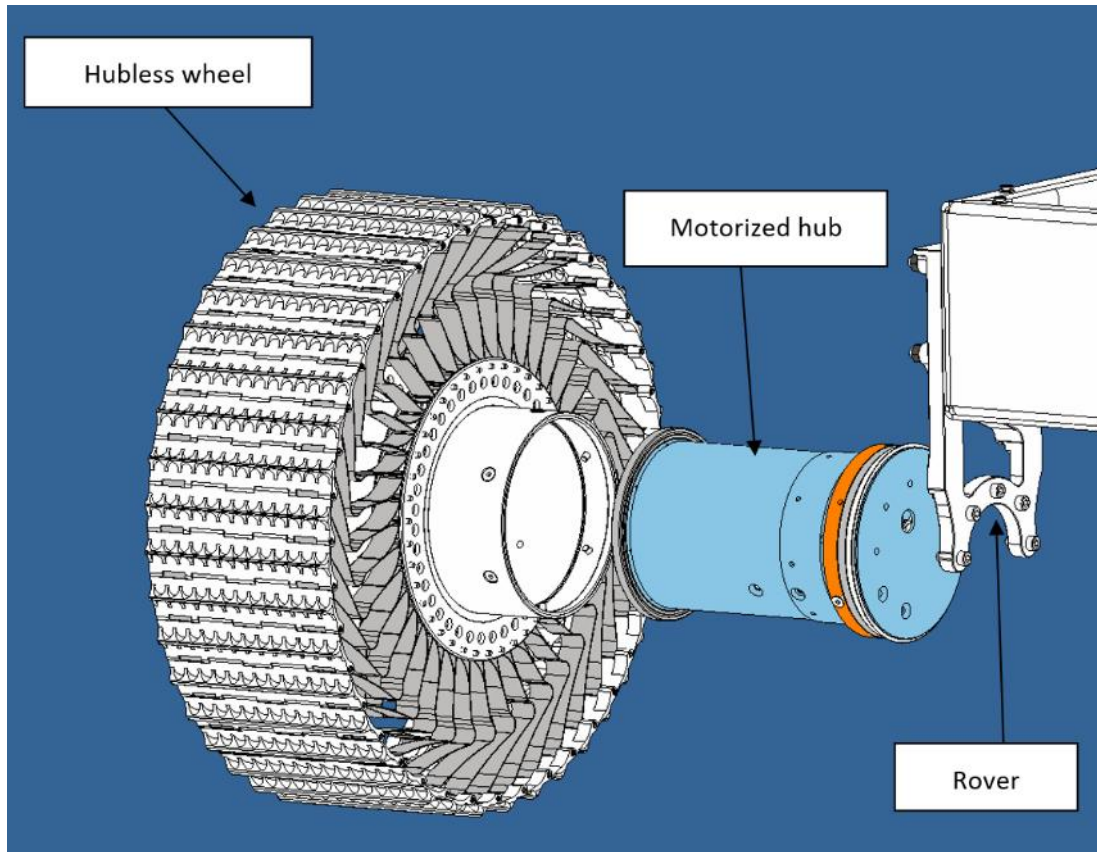
R: Nous garantissons que, dans des conditions nominales, la roue est capable de parcourir 250 km sans qu'il soit nécessaire de remplacer le matériel.

12. Q: [Les roues HTR Lunar sans moyeu sont-elles compatibles avec les roues HTR dotées d'un moteur dans le moyeu ?](#)

R: Oui, les dessins sont les mêmes. Si vous avez acheté la version sans moyeu de la roue HTR, nous proposons des packs de mise à niveau pour installer le moyeu motorisé HTR.

13. Q: Puis-je convertir une roue HTR sans moyeu en une roue équipée d'un moteur HTR dans le moyeu ?

R: Oui, vous pouvez intégrer un moyeu motorisé HTR dans la roue sans moyeu, vous trouverez ci-dessous un schéma du principe d'assemblage.



Chiffre 6-6: Vue d'ensemble de l'assemblage de la roue sans moyeu, du moyeu motorisé HTR et du rover HTR.

- Le montage est facile, de sorte qu'un moyeu motorisé peut être acheté ultérieurement et intégré dans la roue sans moyeu, au cas où vous décideriez d'utiliser la motorisation HTR dans le moyeu.

La motorisation in-hub de HTR est une boîte de vitesses sur mesure extrêmement robuste avec moteur, qui garantit un fonctionnement dans les conditions les plus difficiles. L'électronique du rover et des roues motrices associées de HTR garantit un fonctionnement en douceur et une traction optimale dans les conditions les plus exigeantes.

14. Q: Quelles sont les spécifications des solutions de moteurs intégrés de HTR ?

R: La motorisation dans le moyeu est compatible avec tous les modèles de roues sans moyeu. Pour les spécifications de la motorisation dans le moyeu, veuillez vous référer au manuel de la roue motorisée dans le moyeu ou écrivez-nous à l'adresse suivante sales@htr.gr.

15. Q: Quel serait le coût d'un moteur intégré dans le moyeu d'une roue HTR ?

R: Pour plus d'informations, veuillez vous reporter au produit Roue moteur moyeu ou écrivez-nous à sales@htr.gr

16. Q: HTR propose-t-il des contrôleurs de moteur pour les roues à moteur dans le moyeu ?

R: HTR n'offre pas de contrôleurs individuels pour les roues motorisées autonomes dans le moyeu, mais nous offrons un contrôleur pour 4 roues avec un châssis de rover conçu pour porter 4 roues. Veuillez consulter le manuel du châssis de rover HTR ou écrivez-nous à sales@htr.gr.

17. Q: Combien coûterait un châssis de rover avec 4 contrôleurs de moteur et un maître ?

R: Veuillez vous référer au produit HTR rover chassis pour plus de détails ou écrivez-nous à sales@htr.gr.



Chiffre 6-7: Le châssis du rover HTR avec 4 roues montées.

6.1 Vidéos connexes

Roue lunaire HTR simple sur le régolithe.

Roue lunaire HTR simple sous compression.

Roue lunaire HTR simple sur des pierres

Roue lunaire HTR montée sur un rover lourd sur des pierres

Châssis de rover lunaire HTR avec 4 roues escaladant des rochers

Châssis de rover lunaire HTR avec 4 roues sur du sable similaire à celui de GRC-1

Pour voir ces vidéos, veuillez consulter:

In <https://www.linkedin.com/company/hellenic-technology-of-robotics/posts/?feedView=all>

Références:

1. <https://www.semanticscholar.org/paper/Energetics-impact-from-the-use-of-flexible-and-on-Papantoniou-Skevakis/bb9cffd549bf2d733db60c9dbfb33ce842ac39e1>
2. <https://www.hou.usra.edu/meetings/isairas2020fullpapers/pdf/5079.pdf>
3. <https://patents.google.com/patent/EP3808573B1/en?q=EP3808573B1>
4. <https://patents.google.com/patent/US11623472B2/en?q=US11623472B2>

FIN DU DOCUMENT

