



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

CryoSense - L'IA pour la fiabilité des vannes

Etude R&T Transport Spatial contribuant au Vecteur d'Innovation Prioritaire « Système de Transport Spatial Intelligent »
Objectif : Contribuer à l'amélioration de la disponibilité du système de lancement Ariane 6 et de futurs systèmes de lancement mis en œuvre au CSG

Caroline BETBEZE - Arthur BARBIER
CNES (Direction du Transport Spatial) Stéphane ORIOL - Guillaume BEZIER - Bastien LEBAS

Comment anticiper les défaillances des vannes

Contexte

Les vannes cryogéniques sont des composants essentiels de la gestion des fluides nécessaires aux lancements.

Risques de défaillance des vannes liés aux contraintes thermiques

Indisponibilité du segment sol et durées de maintenance

Utiliser l'IA et la détection d'anomalies pour analyser et détecter les signaux faibles avant qu'ils ne mènent à une défaillance opérationnelle dans le but d'améliorer la disponibilité du segment sol Ariane 6.

Données utilisées

Période de données : 06/2023 → 08/2025

Données utilisées : Temps d'ouverture/de fermeture, température, pression, spécification...

Données labellisées : Labellisation réalisée manuellement par le CNES

Vannes	Phases anormales	Opérations
308	406	122 119

Taux d'anomalies: 25%

Taux d'anomalies: 1.54%

Exemples de phases anormales

Solution développée

```

    graph LR
        A[1 Données tabulaires et temporelles] --> B[2 Préparation des données]
        B --> C[3 Détection par seuils  
Modèle ML de détection d'anomalies]
        C --> D[4 Score de risque des vannes]
    
```

Évaluation

Differents niveaux de granularité d'évaluation de performance

- Opération : La prédiction du modèle est comparée avec la réalité terrain pour une opération donnée.
- Phase anormale : On considère que le modèle a bien détecté la phase s'il a détecté moins une opération normale au sein de la phase.
- Couple Vanne / Type : On considère que le modèle a bien détecté le couple Vanne / Type s'il a correctement détecté au moins une opération anormale.

Performances

Modèle hybride de détection par seuils et de détection d'anomalies ML (Isolation Forest)

70%	31%
des opérations labellisées comme anormales sont effectivement détectées par le modèle	des opérations détectées sont effectivement anormales (fausses alertes ou la labellisation manquante)

370 / 406

Nombre de phases anormales détectées (i.e. au moins une opération détectée dans toute la phase)

40	140	190
Nombre de phases détectées par le modèle ML seul	Nombre de phases détectées par le modèle ML et les seuils	Nombre de phases détectées par les seuils uniquement

Dashboard de suivi

Vannes nominales

Vannes à surveiller

Vannes à risque

KPIs svannes cryogéniques sur l'état global du parc des

Représentation graphique du réseau de vannes cryogéniques

F2- Score global 82%

Le modèle de détection hybride présente des performances prometteuses, permettant d'anticiper les problèmes éventuels sur les vannes tout en limitant le nombre de fausses alertes.

41a

Aqsone

Contact :
www.aqsone.com
contact@aqsone.com

cnes
CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES

Contact :
guillaume.bezier@cnes.fr
stephane.oriol@cnes.fr

Présenté aux
RENCONTRES TECHNIQUES ET NUMÉRIQUES
2 décembre 2025
Toulouse, Centre de Congrès Pierre Baudis



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

CryoSense - L'IA pour la fiabilité des vannes

Etude R&T Transport Spatial contribuant au Vecteur d'Innovation Prioritaire « Système de Transport Spatial Intelligent »

Objectif : Contribuer à l'amélioration de la disponibilité du système de lancement Ariane 6 et de futurs systèmes de lancement mis en œuvre au CSG

❖ Caroline BETBEZE - Arthur BARBIER

✉ CNES (Direction du Transport Spatial) Stéphane ORIOL - Guillaume BEZIER - Bastien LEBAS

Comment anticiper les défaillances des vannes cryogéniques ?

