

AMENDMENT 003

**AI for Space Robotics and Auto-diagnostics Early Failure Prediction –
QUESTIONS AND ANSWERS**

Q1) We assume an off-nominal operation is different from a faulty operation. The former does not necessarily mean a fault yet but has the potential to turn into one. Is the task is to develop a method to detect off-nominal operations, hence future faults?

A1) CSA is interested in innovative solutions that will allow the detection of potential faults in advance or in early stages of performance degradation as it will help with timely reactions and thus limit the impact on the service. It includes providing a diagnosis to help isolate faults in the system and predicting failures of the subsystems or components of the flight system.

Q2) Does CSA collect the logs of past operations with the corresponding label? For example, given the duration between t1 and t10, operation X has been performed on Canadaram2 Latching End Effector "B".

A2) Yes, there is telemetry that provides such information, including to monitor the health of the system.

Q3) The scenario that's been defined in the problem statement describes the anomaly detection process for reactive maintenance rather than predictive maintenance, since, the intelligent agent determines if the performance is within normal variations while the robot performs a routine operation. In this scenario, performance degradation happens first and then respective outside-of-nominal performance detection. You can find the section below:

Another scenario of interest is the autonomous detection of outside-of-nominal performance. While operating autonomously without a communication link to the ground segment:

- The robot performs a routine operation (e.g., insertion of a payload into a receptacle).
- An intelligent agent compares the telemetry reported by the robot throughout the operation to a model based on previous similar operations.
- The agent determines if the performance is within normal variations, or if an anomaly or performance degradation has occurred. If the latter, the data is flagged for priority download at the next communication window so that ground personnel can perform a detailed post-analysis."

Since in the problem statement there is an emphasis on predictive maintenance, my team would like to know if this is a predictive maintenance problem or a reactive maintenance problem?

If this is a predictive maintenance problem, how we should interpret the section above?

A3) This is only one example. CSA is interested in exploring AI-based solutions that will help with both predictive and reactive maintenance. The ability to predict early failures, even before significant degradation of performance in the system, is particularly interesting for us.

Q4) Could you provide further explanations about this mandatory essential outcome: Provide a diagnosis to help isolate faults in the system.

My current understanding is that the proposed solution should be able to give an auto-diagnostic with a very precise description of the root cause of any current or future failure of a sub-system. Is that correct?

A4) Yes. That is correct. A solution that provides a diagnosis to help isolate faults in the system and predict failures of the subsystems or components of the flight system is of interest for us.

MODIFICATION 003

L'IA pour la robotique spatiale et l'autodiagnostic - Prévission précoce des défaillances – QUESTIONS ET RÉPONSES

Q1) Nous présumons qu'une opération non nominale est différente d'une opération défectueuse. Une opération non nominale ne veut pas nécessairement dire qu'il y a un défaut, mais elle a le potentiel d'en créer. Notre tâche est-elle d'élaborer une méthode de détection des opérations non nominales, c'est-à-dire les défauts futurs?

R1) L'Agence spatiale canadienne (ASC) souhaite obtenir des solutions novatrices qui lui permettront de détecter les défauts potentiels à l'avance ou lors des premières étapes d'une dégradation des performances, ce qui favorisera une réaction rapide et limitera les répercussions sur le service. Les solutions doivent comprendre un outil de diagnostic capable d'isoler les défauts dans le système et de prédire les pannes des sous-systèmes ou des composants du système de vol.

Q2) L'ASC recueille-t-elle les registres des anciennes opérations selon une étiquette appropriée? Par exemple, étant donné la durée entre t1 et t10, l'opération X a été réalisée par l'effecteur de verrouillage « B » du Canadarm2.

R2) Oui, la télémétrie comprend de tels renseignements, y compris la surveillance de la santé du système.

Q3) Le scénario défini dans l'énoncé du problème décrit le processus de détection d'anomalies pour de la maintenance réactive plutôt que de la maintenance prédictive, puisque l'agent intelligent détermine si la performance se situe dans des variations normales pendant que le robot effectue une opération de routine. Selon ce scénario, la dégradation des performances a lieu, suivie de la détection respective des performances non nominales. Voir la section ci-dessous :

Un autre scénario d'intérêt est la détection autonome des performances en dehors de la valeur nominale. En fonctionnement autonome sans liaison de communication avec le segment sol :

– Le robot effectue une opération de routine (par exemple, l'insertion d'une charge utile dans un réceptacle).

– Un agent intelligent compare la télémétrie rapportée par le robot tout au long de l'opération à un modèle fondé sur des opérations similaires précédentes.

– L'agent détermine si les performances se situent dans des variations normales, ou si une anomalie ou une dégradation des performances s'est produite. Dans ce dernier cas, les données sont signalées pour un téléchargement prioritaire lors de la prochaine fenêtre de communication afin que le personnel au sol puisse effectuer une analyse postérieure détaillée.

Puisque l'énoncé du problème met l'accent sur la maintenance préventive, notre équipe aimerait savoir s'il s'agit d'un problème de maintenance préventive ou de maintenance réactive.

S'il s'agit bien d'un problème de maintenance préventive, comment devrions-nous interpréter la section ci-dessus?

R3) Il ne s'agit que d'un exemple parmi d'autres. L'ASC souhaite explorer des solutions fondées sur l'intelligence artificielle et capables d'effectuer de la maintenance prédictive et de la maintenance réactive. La capacité de prédire les défauts de façon précoce, avant même la dégradation importante des performances du système, est très pertinente pour nous.

Q4) Pouvez-vous expliquer davantage ce résultat essentiel obligatoire : Fournir un diagnostic pour aider à isoler les défauts du système.

Selon notre compréhension, la solution proposée devrait être capable de fournir un diagnostic automatique avec une description très précise de la cause principale de tout défaut actuel ou futur d'un sous-système. Est-ce exact?

R4) Oui. C'est exact. Nous avons un intérêt pour les solutions qui fournissent un diagnostic pour isoler les défauts dans le système et prédire les pannes des sous-systèmes ou des composants du système de vol.