

HORIZON 2050

# RÉSEAUX DE TRANSPORT DANS L'ESPACE

ÉNERGIE POUR LE TRANSPORT  
MATIÈRES PREMIÈRES  
ET MARCHANDISES



Réalisation Stéphanie Loyer

---

## INTRODUCTION

---

Dans le cadre de ses missions, le CNES DIA/IP anime avec ses partenaires l'observatoire de prospective spatiale, SPACE'IBLES, pour comprendre ensemble les dynamiques des évolutions en cours et possibles, partager des visions communes des futurs possibles et éclairer les décisions d'aujourd'hui qui construiront l'espace de demain.

Le CNES et ses partenaires ont identifié 4 axes d'intérêts commun :

- **Besoin d'espace des sociétés futures**
- **Vivre et produire dans l'espace**
- **Enjeux éthiques et juridiques de la conquête spatiale**
- **Évolution des rôles des acteurs de l'écosystème spatial.**



---

## INTRODUCTION

---

Dans le cadre de l'axe Vivre et produire dans l'espace, ce rapport rend compte des travaux conduits par le groupe Transport Énergie Logistique (TEL) en 2020 et 2021.

Ces travaux ont été produits au cours d'une réflexion prospective participative avec un groupe d'une vingtaine d'experts issus du domaine spatial et d'activités terrestres particulièrement concernées par le sujet, en 5 réunions collectives.

Leurs résultats se concrétisent par trois scénarios des schémas de transport spatial d'ici à 2050 centrés sur le transport des matières premières, des marchandises et de l'énergie pour le transport.



01 .

UNE DÉMARCHE DE PROSPECTIVE EN COMMUN

02 .

2050. POINT DE DÉPART

03 .

STORYTELLING

SCÉNARIO 01. L'amorce de la logistique spatiale

04 .

LES TROIS SCÉNARIOS

SCÉNARIO 01. L'amorce de la logistique spatiale

SCÉNARIO 02. Une logistique spatiale simplifiée

SCÉNARIO 03. Une logistique spatiale développée et complexe

05 .

CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE  
DE L'EUROPE SPATIALE



# UNE DÉMARCHE PROSPECTIVE... EN COMMUN

---

---

## UNE VISION PROSPECTIVE DE SCHÉMAS DE TRANSPORTS SPATIAUX CO-CONSTRUITE AU TRAVERS D'UNE RÉFLEXION COLLECTIVE OUVERTE



---

Fondée principalement sur des travaux collectifs produits au cours de 5 réunions d'une demi-journée du groupe prospectif, cette réflexion a bénéficié d'un travail d'enrichissement systématique entre chaque temps collectif.

Cette valorisation des résultats des réflexions collectives est produite par les consultants du cabinet Groupe ressources prospective en coordination avec le comité de pilotage et d'animation du CNES.

**UNE CAPITALISATION DES RÉSULTATS**  
et enseignements de l'étude  
sur l'industrialisation et l'exploitation  
des ressources dans l'espace

**5 RÉUNIONS COLLECTIVES**  
de réflexion collaborative  
d'une demi-journée



## LES PARTICIPANTS À LA DÉMARCHE

ADAPTATION  
INSTITUTE  
AIRBUS  
AIR LIQUIDE  
ARIANE GROUP  
CNAM

CNES  
DASSAULT AVIATION  
ÉCOLE ARCHITECTURE  
STRASBOURG  
ESA  
ONERA

ORANO GROUP  
RENAULT  
VINCI  
ORANGE  
EDF

CHRONOPOST  
SNCF  
ERAMET  
SAFRAN  
TECHNIP...

Le groupe prospectif,  
principal organe de production  
de la réflexion était composé  
d'une vingtaine de participants  
du spatial et du non spatial issus  
du secteur de l'énergie,  
de la logistique, de l'industrie  
minière, de l'aménagement,  
du transport et de l'aéronautique.



---

**COMITÉ D'ANIMATION  
ET DE PILOTAGE COMPOSÉ DE**

**Pascal Bultel**

Long term key trends expert  
Innovation directorate



**Céline Duparcq**

Chef de projet prospective



**Régine Monti**  
Directrice associée



**Anne Drapeau**

Prospective en analyse de marchés



**Stéphane Giron**

Associé

Président fondateur



**Christophe Lebre**

Directeur d'études associé



---

Le pilotage et l'animation de ce groupe  
sur le plan de la méthode prospective  
est assurée par le cabinet  
Groupe ressources prospective



---

Avec la mobilisation  
de la Plateforme Numérique  
Collaborative de Prospective (#pncp)





## CHAMP DE LA RÉFLEXION

Les réseaux de transport spatiaux s'entendent ici comme étant composés des infrastructures, des vaisseaux et également des marchés et acteurs.

Ces réseaux s'étendent de la Terre, à la Lune, à Mars et aux astéroïdes. Un effort particulier a été mené pour ancrer la réflexion dans la réalité physique des échanges.

# LE SUJET DE LA RÉFLEXION PROSPECTIVE

## Quels réseaux de transport spatial d'ici à 2050 ?

### TROIS DIMENSIONS



#### MARCHÉS ET ACTEURS

Les types de produits à transporter et les acteurs impliqués



#### LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Hubs, sites de stockage...



#### LES VAISSEAUX

Typologie et performances...

## CHAMP DE LA RÉFLEXION

Nous avons choisi de nous concentrer pour ces travaux sur les réseaux relatifs au transport de :

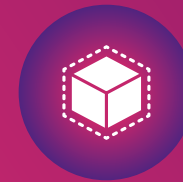
**MARCHANDISES** des produits simples (pièce détachée...) jusqu'aux produits complexes (imprimantes 3D, réacteurs nucléaires, outillages...)

**ÉNERGIE POUR LES TRANSPORTS** utilisée pour la propulsion des vaisseaux à travers les réseaux de transport (Argon, Krypton...)

**MATIÈRES PREMIÈRES** spécifiques à chaque corps céleste (He3 sur la Lune, métaux rares sur Mars, ferronickel sur les astéroïdes)

## 3 SEGMENTS DE PRODUITS

### Les composants du réseau



Marchandises



Énergie  
pour  
les transports



Matières  
premières

---

## HORIZON DE LA RÉFLEXION

---

On se situe pour cette réflexion sur l'avenir des réseaux de transport spatiaux en 2050, date à laquelle :

- les réseaux de transport spatiaux ont été mis en place
- Les réseaux de transport sont dans leurs premiers temps de fonctionnement.

Cet horizon, 2050, tient compte de l'accélération du temps des projets spatiaux de la période récente.

# 2050

## MÉTHODOLOGIE

Compte tenu de la diversité des produits à transporter, nous avons étudié dans un premier temps les caractéristiques de chaque réseau (matières premières, énergies pour les transports et marchandises) en élaborant des hypothèses de référence selon les différentes composantes de ces réseaux : infrastructures, vaisseaux, acteurs et marchés.

Nous avons ensuite assemblé ces différentes hypothèses de référence dans un métaréseau - c'est-à-dire le réseau des trois réseaux, ce qui nous a permis de produire un premier scénario du métaréseau dit scénario de référence (scénario 1) à partir duquel nous avons pu explorer deux scénarios alternatifs (scénario 2 et 3) et obtenir ainsi les trois scénarios exposés dans le présent rapport.

# HYPOTHÈSES DE RÉFÉRENCE

## 3 SEGMENTS DE PRODUITS À TRANSPORTER



Marchandises



Énergie pour  
les transports



Matières premières

# 3 SCÉNARIOS

POUR LES MÉTARÉSEAUX DES 3 RÉSEAUX

# LE DÉROULÉ DE LA DÉMARCHE

## 5 RÉUNIONS COLLECTIVES

La réflexion s'est déroulée sur un peu plus d'une année

31 JANVIER 2020

2<sup>e</sup> SEMESTRE 2020

1<sup>er</sup> SEMESTRE 2021

RÉUNION

1

LES COMPOSANTES

Des réseaux  
de transport énergie,  
marchandises,  
matières premières dans  
l'espace



RÉUNION

2

LES HYPOTHÈSES  
DE RÉFÉRENCE

Pour chacun  
des 3 réseaux de  
transport  
(marchandises,  
matières, premières et  
énergie pour les  
transports)

RÉUNION

3

LES HYPOTHÈSES  
ALTERNATIVES

Pour le réseau  
des réseaux ,de  
transport

RÉUNION

4

LES SCÉNARIOS

du réseau  
des réseaux de transport

RÉUNION

5

ENSEIGNEMENTS  
+  
RAPPORT  
+  
SYNTHÈSE  
FINALE



02

# en 2050... POINT DE DÉPART

SCÉNARIO DE DÉPART  
“ANARCHIE ET PUISSANCE”

GÉOGRAPHIE DU RÉSEAU

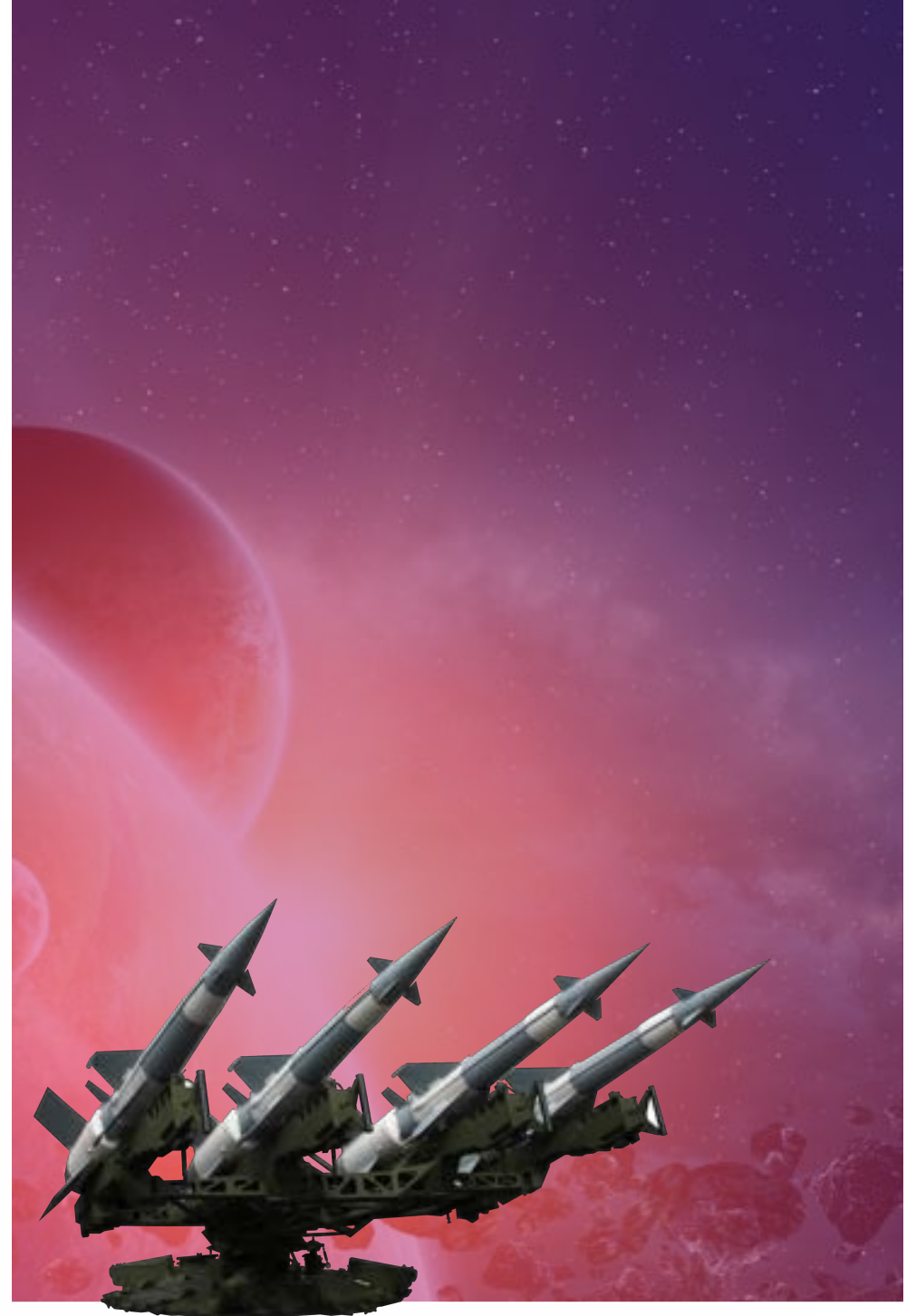
---

## MÉTHODOLOGIE

---

Pour garantir la pertinence et l'efficacité de cette réflexion collective, un travail spécifique a été mené en amont par les consultants, en collaboration avec le comité d'animation et de pilotage pour produire « un point de départ » de la réflexion.

Ce point de départ est constitué du scénario dit « Anarchie et puissance » proposé dans le cadre des travaux précédents de SPACE'IBLES et du groupe énergie, exploitation des ressources et industrialisation et d'éléments de référence sur la cartographie du réseau.



## POINT DE DÉPART LE SCÉNARIO ANARCHIE ET PUISSANCE

SAISON 1 SPACE'IBLES

L'essentiel des investissements est le fruit de décisions individuelles d'États, de groupes privés, de communautés, d'individus... amenant à des redondances, et une utilisation des ressources et des infrastructures qui n'est pas optimal...

Le développement engagé par les différents acteurs n'a pas vocation à être rentable ni à contribuer à la recherche, mais a pour but principal d'occuper le territoire – pour démontrer sa puissance et sa capacité à le faire.

Pour les acteurs de l'industrie spatiale, ce scénario assez probable, représente des opportunités de marché importantes par la redondance des équipements, des infrastructures.

Du fait de la multiplication des acteurs qui interviennent dans cet écosystème spatial, les sources de financement sont elles aussi nombreuses et importantes.

UTILISATION NON OPTIMALE  
DES RESSOURCES

REDONDANCES DES ÉQUIPEMENTS  
ET DES INFRASTRUCTURES

OPPORTUNITÉS DE MARCHÉS

ÉQUILIBRE INSTABLE  
RISQUE DE CRISE



Scénario assez probable

Opportunités de marché

Sources de financement  
nombreuses et importantes



## POINT DE DÉPART

### LE SCÉNARIO ANARCHIE ET PUISSANCE

SAISON 1 SPACE'IBLES

Dans ce scénario, l'espace est comme la Terre le lieu de conflits et de démonstrations de puissance des grands acteurs politiques et économiques dans un contexte d'avancée rapide des technologies et de gouvernance mondiale affaiblie.

Les acteurs sont nombreux à s'implanter dans l'espace, et ce, avec un minimum de coordination. Des grands acteurs privés ou publics installent plus d'une dizaine de villages lunaires, puis sur Mars et des plateformes à différentes orbites (une dizaine également), avec l'occupation de quelques humains dans chacune de ces infrastructures.

Le contexte spatial dans ce scénario est caractérisé par une régulation a minima, avec la gestion partagée de certaines infrastructures indispensable au développement de chacun (certains équipements de télécom, certaines plateformes de production par exemple).

## L'ESPACE DEVIENT UN LIEU DE CONFLITS ET DE DÉMONSTRATIONS DE PUISSANCE

NOMBREUX ACTEURS  
PUBLICS ET PRIVÉS  
ÉTATS, GROUPES PRIVÉS, COMMUNAUTÉS

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES  
OU POLITIQUES DIVERGENTS

COORDINATION ET RÉGULATION  
MINIMUM

UNE DIZAINE D'IMPLANTATIONS  
LUNAIRES ET DE PLATEFORMES

## POINT DE DÉPART

### LE SCÉNARIO ANARCHIE ET PUISSANCE

SAISON 1 SPACE'IBLES

1. **Un espace autarcique** : Il est difficile d'envisager une économie lunaire [ou martienne] pérenne qui soit dépendante de la Terre. Pour envisager un développement conséquent de l'activité spatiale le groupe a jugé nécessaire d'envisager un espace sera en fonctionnement autarcique, c'est-à-dire ne dépendant qu'assez peu de la Terre.
2. **Une économie circulaire** avec l'utilisation de ressources in situ et des échanges entre plusieurs sites comme les bases lunaires, les plateformes situées aux points de Lagrange, etc. Une logistique sera à mettre en place pour aller d'un site à l'autre
3. **La disponibilité in situ d'eau**, première des ressources à extraire, pour les besoins humains, mais aussi pour fabriquer les carburants.

Ce scénario a été construit en partant des feuilles de route des agences spatiales, et s'inscrit donc dans les dynamiques en cours et leurs prolongations d'ici à 2050 avec pour principales caractéristiques :

## LES HYPOTHÈSES STRUCTURANTES

UN ESPACE  
TRÈS AUTARCIQUE



Très peu  
dépendant  
de la Terre

UNE ÉCONOMIE  
CIRCULAIRE



Utilisation de  
ressources in situ  
Échanges entre  
plusieurs sites :  
plateformes, base  
lunaires...

EAU IN SITU



Pour les besoins  
humains  
Pour fabriquer  
des ergols

## POINT DE DÉPART

### LE SCÉNARIO ANARCHIE ET PUISSANCE

SAISON 1 SPACE'IBLES

## GÉOGRAPHIE ET ÉLÉMENTS

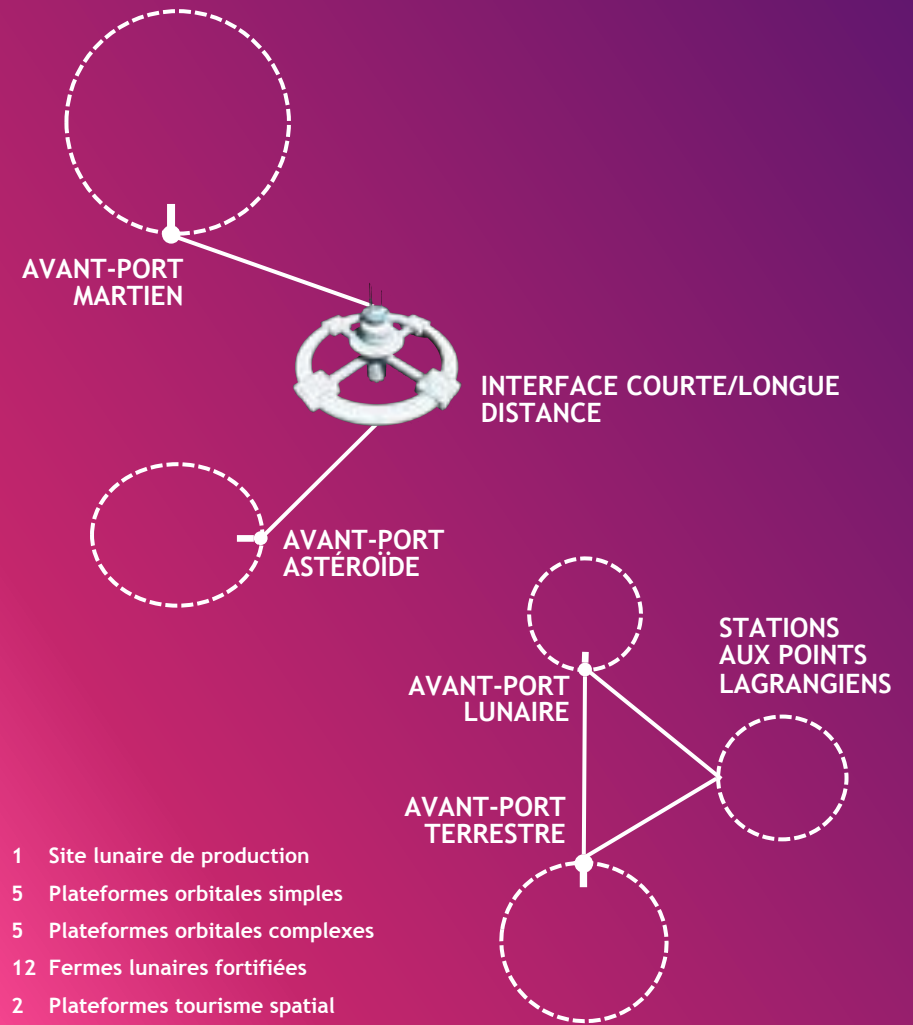
### DU RÉSEAU DE TRANSPORT SPATIAL

Les points sont les plateformes spatiales, la Terre, la Lune, Mars, les astéroïdes et les hubs spatiaux.

Les échanges avec le sol des planètes et astéroïdes s'effectuent via des avant-ports. Ce réseau est caractérisé par une grande diversité des distances à parcourir.

Le méta réseau de transport transportera des produits divers : énergie pour les transports, matières premières, marchandises et combiner des vaisseaux de transports adaptés à chaque distance à parcourir et produit à transporter.

## LA REPRÉSENTATION DU RÉSEAU DE TRANSPORT SPATIAL ENTRE LES DIFFÉRENTS POINTS DU RÉSEAU D'ICI À 2050



---

## POINT DE DÉPART

### LE SCÉNARIO ANARCHIE ET PUISSANCE

SAISON 1 SPACE'IBLES

---

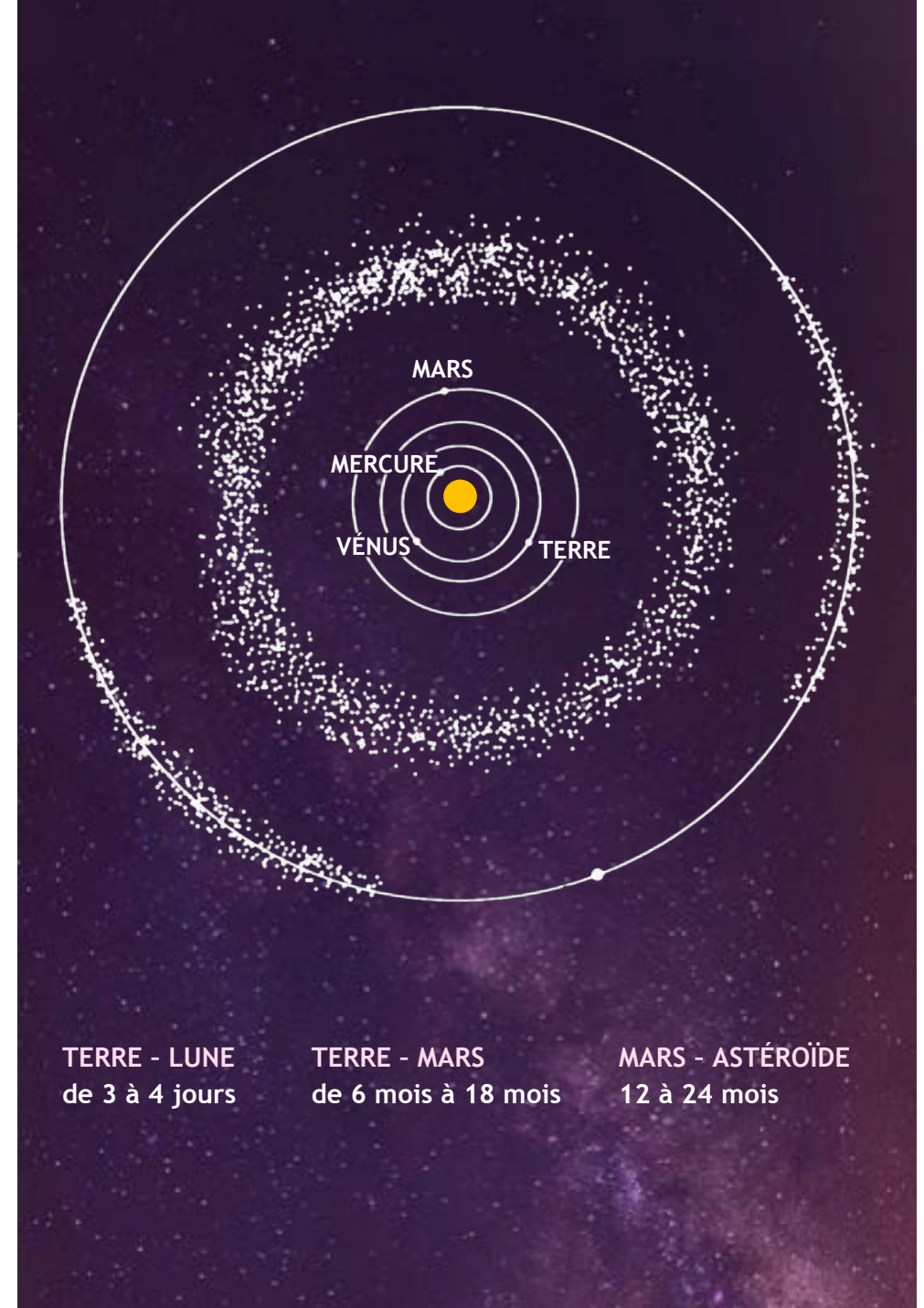
## TEMPS DE TRAJET

Actuellement, il faut de 3 à 4 jours pour aller de la Terre à la Lune, mais au moins 6 mois pour effectuer un trajet Terre-Mars et 1 an pour un trajet Terre-Astéroïdes ou Mars-Astéroïdes.

Ces temps de trajet ne sont possibles qu'à certains moments de l'année (fenêtres de lancements).

En dehors de ces moments, un trajet Terre-Mars peut excéder un an.

À cette géographie contraignante s'ajoute une grande diversité des corps célestes : gravité, typologies de matières premières présentes, conditions d'extraction, facilités d'atterrissage et de décollage, conditions de fonctionnement des équipements.



03

# STORYTELLING

LE RÉSEAU DE TRANSPORT  
DE MATIÈRES PREMIÈRES

SCÉNARIO 1  
L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE



---

## MÉTHODOLOGIE

---

Le scénario 1 dit scénario de référence des réseaux de transport spatial à 2050 et composé des hypothèses de référence proposées par le groupe prospectif pour chacun des trois réseaux élémentaires : transport de matières premières, de marchandises et d'énergie pour les transports. L'exploration des hypothèses constitutives de ce métaréseau a constitué une part importante des travaux collectifs.

Lors des space'ibles days, ce scénario de référence a été présenté dans un format de story telling que vous découvrirez dans les pages suivantes.

Ce story telling est centré sur la description du réseau de transport de matières premières en 2050 vu par la directrice générale D'AMAZON SPACE SERVICES et ses collaborateurs.

# AMAZON SPACE SERVICES



---

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

---

Je suis directrice générale d'Amazon Space Services.  
Aujourd'hui 21 mars 2050, je suis honorée d'intervenir pour les SPAC'IBLES DAYS 33<sup>e</sup> devant votre assemblée sur la question essentielle des réseaux de transport dans l'espace.

A votre demande, je vais plus particulièrement traiter de la question du transport de matières premières du point de vue d'Amazon Space Services (A2S).

En préalable je vous rappelle que l'on exporte entre deux corps célestes seulement les matières premières à très forte valeur ajoutée.



LA MAÎTRISE DES ROUTES DE L'HÉLIUM 3  
DE LA LUNE VERS LA TERRE  
ET DE LA DISTRIBUTION



À LA CONQUÊTE  
DES MARCHÉS  
DES ASTÉROÏDES  
16 - PSYCHE



ACTEUR LEADER DES  
MARCHÉS MARTIENS



## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

## NOS POSITIONS SUR LA LUNE AVEC L'HÉLIUM 3

Vous le savez, sur la Lune c'est l'Hélium 3 principalement qui est exporté sur la Terre pour alimenter les centrales à fusion nucléaires.

Nous avons aussi un assez grand nombre de clients sur la Lune pour l'Hélium 3 car il est utilisé comme carburant des réacteurs nucléaires sur la Lune.

Les accords signés sous l'égide du Space Mining Concession Agreement ont permis la répartition des concessions grandes puissances et grands acteurs économiques même si des tensions subsistent.



### AMAZON SPACE SERVICES

La maîtrise des routes de l'hélium 3  
de la Lune vers la Terre et de la distribution

### NOTRE SERVICE

Acheminer de la Lune à la Terre  
50 tonnes d'Hélium 3 et le distribuer sur Terre

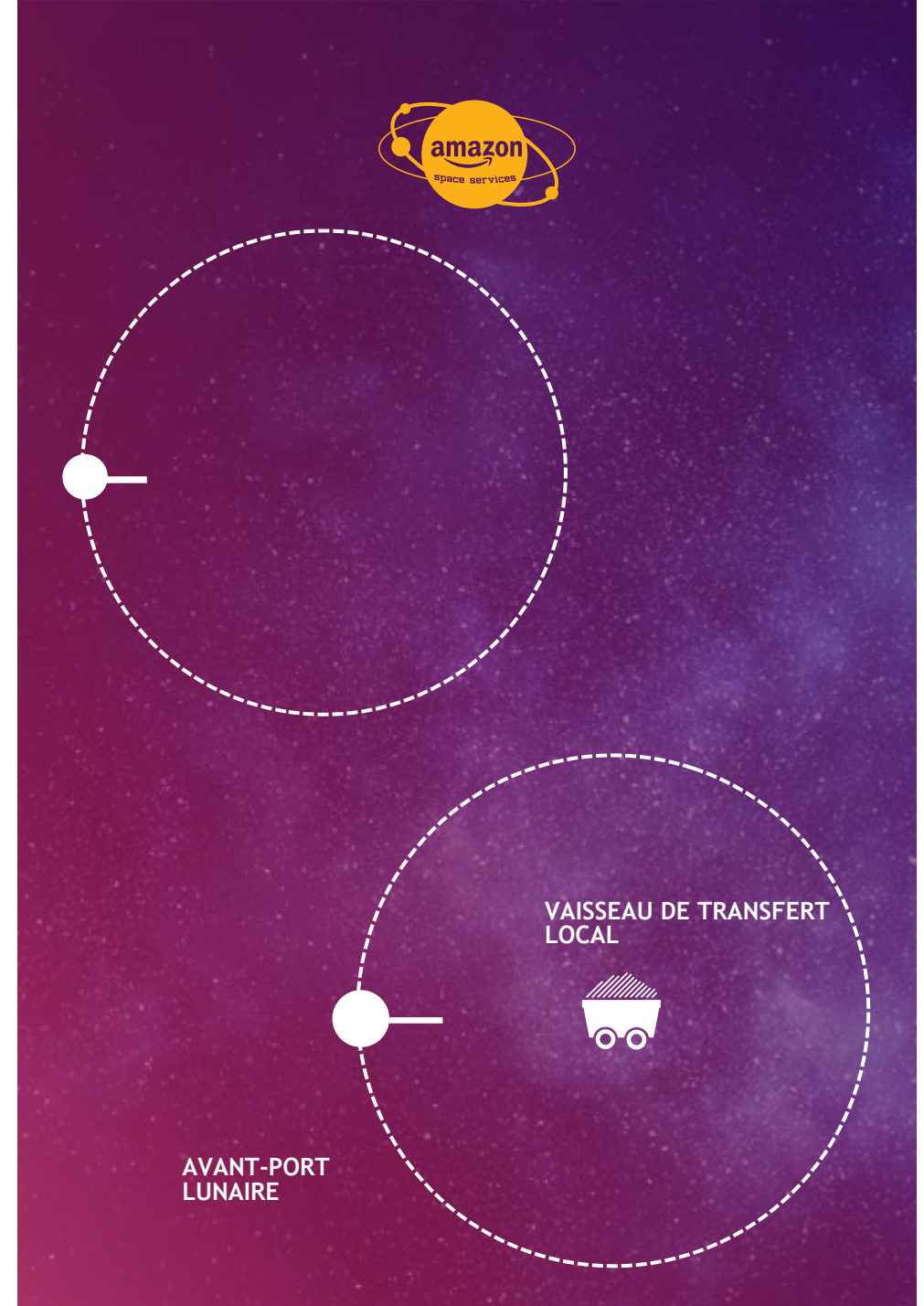


## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### LA ROUTE DE L'HÉLIUM 3

Nos clients nous achètent des capacités et des services de transport et de distribution sur la Terre vers les centrales à fusion terrestres. Ils nous amènent leurs productions à l'équateur lunaire et nous l'envoyons en orbite lunaire à des avant-ports grâce des vaisseaux spécialisés, des Lunar Transfer Vehicles. Ce sont des véhicules polyvalents qui transportent aussi bien des matières premières que des marchandises et bien sûr de l'énergie. L'Hélium 3 sur l'équateur lunaire est ainsi récupéré et emmené au point de Lagrange.

Du point de Lagrange, l'Hélium 3 est transporté vers les avant-ports terrestres pour être transféré sur Terre par notre flotte de navettes avant-ports-Terre.



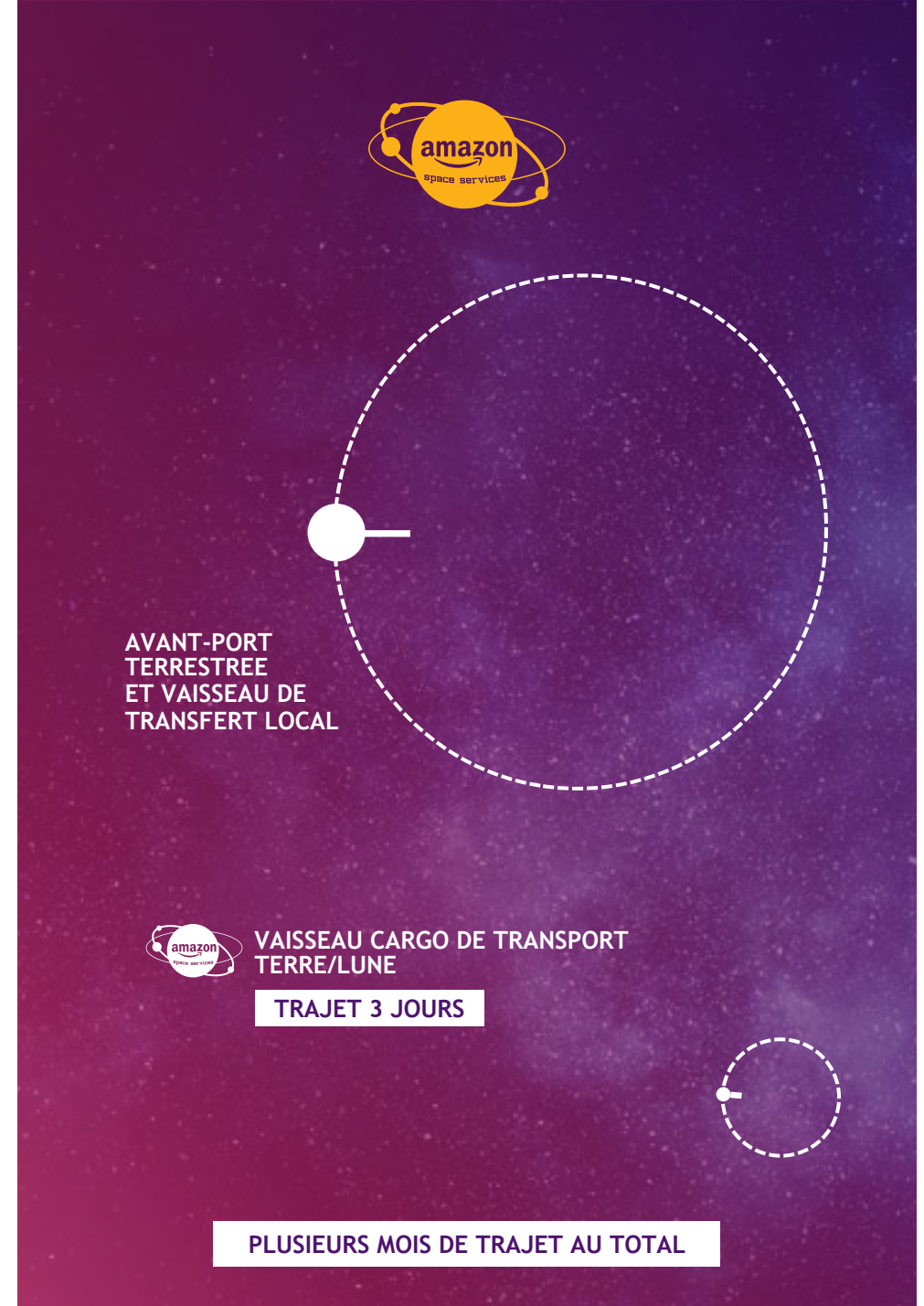
## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### LA ROUTE DE L'HÉLIUM 3

La durée totale d'un transfert de bout en bout Lune-Terre dure plusieurs mois avec le transfert à faible poussée inutile d'aller vite, cela fait perdre de la charge utile pour acheminer de l'Hélium 3.  
Puis il faut compter 3 jours pour le trajet entre avant-ports.

La route de l'Hélium 3 est désormais très au point et atteindra d'ici quelques années des volumes conséquents nécessitant de revoir les capacités de transport et de routage.

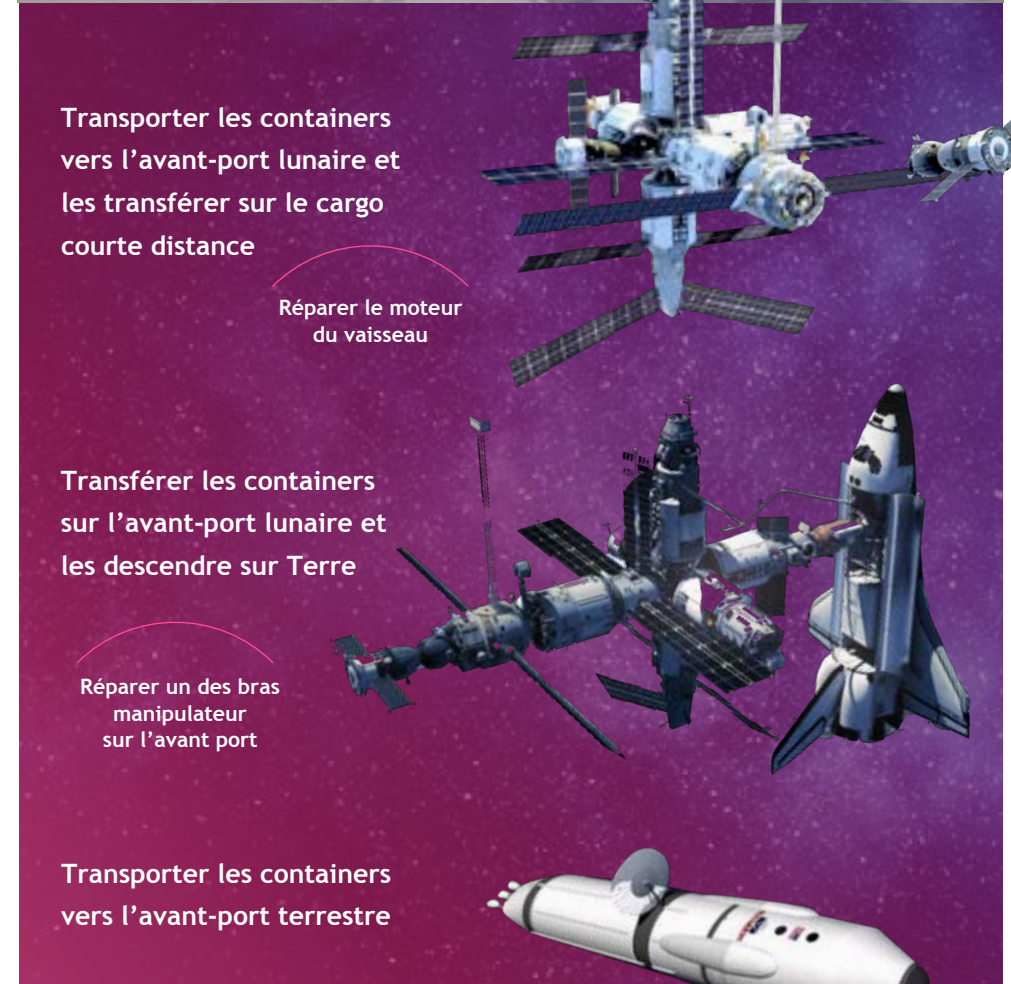
Ces échanges Terre-Lune-Terre sont maîtrisés, mais la complexité des vaisseaux et des infrastructures nécessite une surveillance constante et une maintenance très rigoureuse.



## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### NOS PRINCIPAUX SERVICES

1. L'hélium 3 est d'abord mis en container sur la Lune. Les containers sont ensuite transportés vers un de nos avant-ports lunaires en utilisant un lanceur dont l'aspect est assez proche du LEM de 1969.
2. Un vaisseau transfère l'hélium 3 vers un de nos avant-ports terrestres.
3. Sur cet avant-port, les containers contenant l'hélium 3 sont chargés à bord d'un vaisseau spécialisé de retour sur Terre.
4. Le transport entre avant-ports doit passer systématiquement par un Hub pour pouvoir utiliser les vaisseaux de transport longue distance qu'il faut rentabiliser en maximisant l'emport.



---

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### NOS CONCURRENTS SUR LA LUNE POUR L'HÉLIUM 3

---

L'évolution de la stratégie d'Amazon Space Services est d'acheter des hubs, voire d'en construire pour disposer d'un maximum d'autonomie. Chaque grande puissance, États-Unis, Chine, Union Européenne... s'est positionnée sur des points stratégiques du réseau comme les avant-ports. Fort heureusement, l'agence du commerce spatial a édicté des règles non discriminatoires et de tarification permettant de garantir l'accès aux infrastructures. Seul l'avant-port terrestre est resté international en souvenir de l'ISS.

Nous sommes le distributeur quasi unique côté américain et au-delà. Nous ne sommes pas vraiment concurrents avec Alibaba Space Services qui exploite principalement les routes asiatiques et africaines.

Dans les pages qui suivent, vous pourrez prendre connaissance des propos de notre responsable des zones Astéroïdes et Mars qui détaille nos activités dans ces espaces.



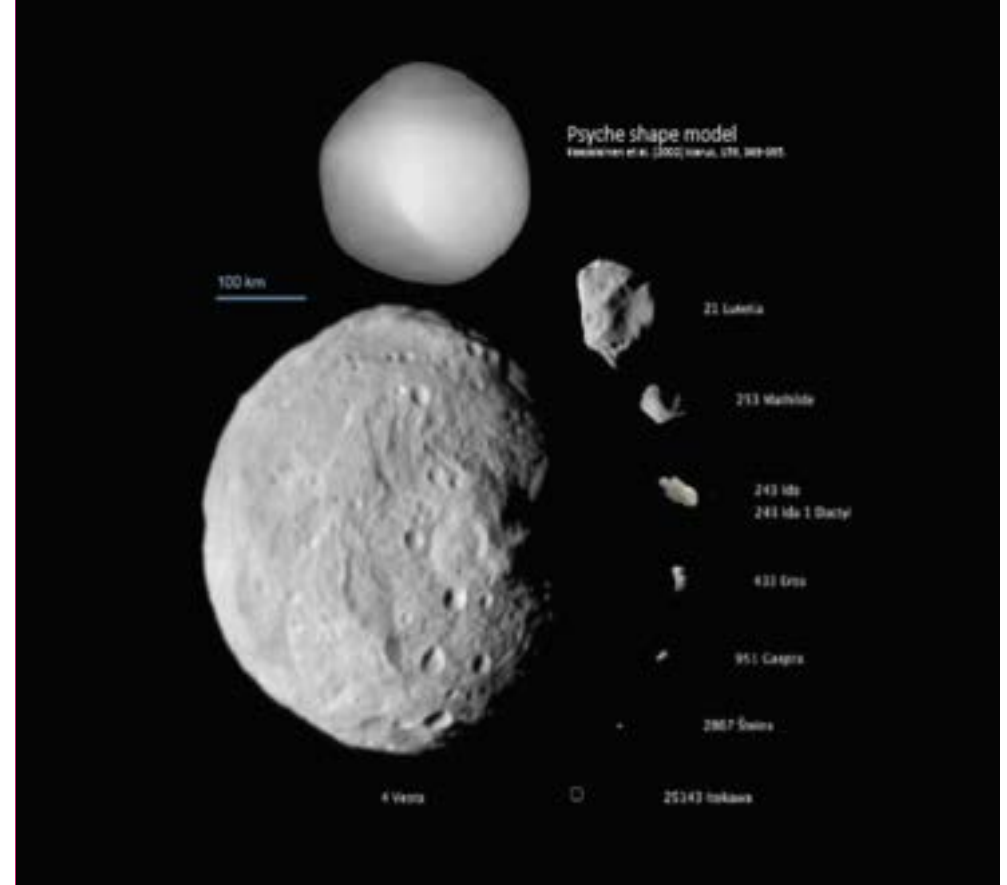
## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### NOS POSITIONS SUR LES ASTÉROÏDES AVEC LE CAS DE 16 - PSYCHÉ

16-psyché constitue sur source très importante de ferronickel utilisé dans les alliages produits en faible gravité sur les usines lunaires.

Nous avons arraché le marché de 16-psyché très récemment à un grand du mining Rio Tinto qui avait sa propre flotte, mais ils ont jeté l'éponge avec leurs difficultés sur Terre et le nouveau concessionnaire indien n'a pas voulu intégrer le transport.

Nous avons aussi racheté l'avant-port de 16-psyché et vous le savez comme il y a très peu de gravité, l'envoi en orbite est très aisé et l'on repart de l'avant-port directement vers la Terre ou vers la Lune.



## AMAZON SPACE SERVICES À LA CONQUÊTE DES MARCHÉS DES ASTÉROÏDES

### NOTRE SERVICE

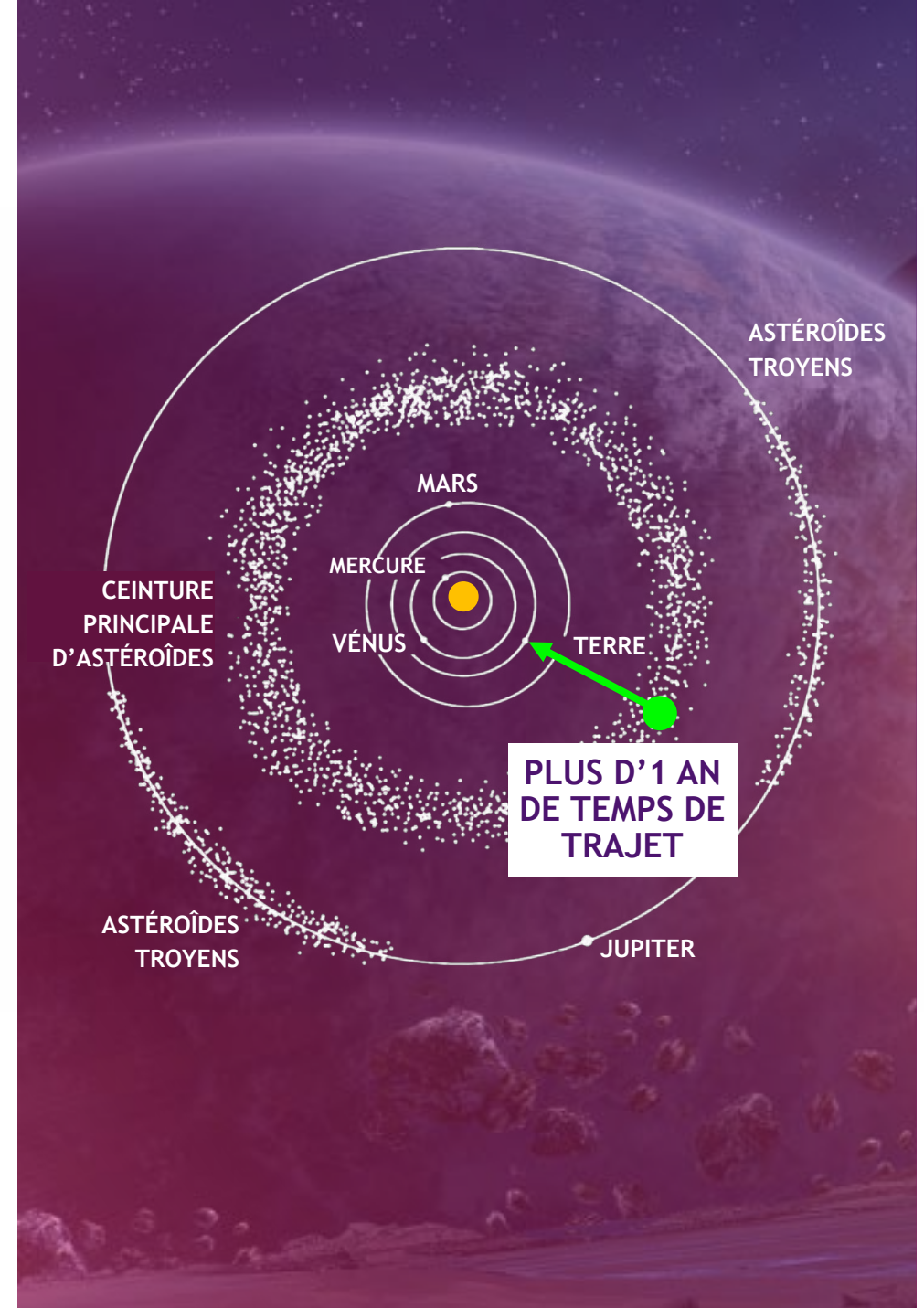
Acheminer, stocker et rendre disponible  
100 tonnes de ferronickel

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

EXTRAIRE ET ACHEMINER 100 TONNES DE FERRONICKEL VENANT DE 16 - PSYCHÉ  
DES TRAJETS LONGS

Concernant les réseaux de transport de matières premières partant des astéroïdes, ils sont à 85 % orientés vers la Terre. Seulement 5 % des trajets partent des astéroïdes pour aller vers la Lune ou vers Mars pour des matières premières spécifiques.

Comparés au cas précédent de l'Hélium 3 lunaire vers la Terre, les trajets sont nettement plus longs au moins d'un an et nécessitent d'attendre des fenêtres de tir optimales pour réduire les coûts.



---

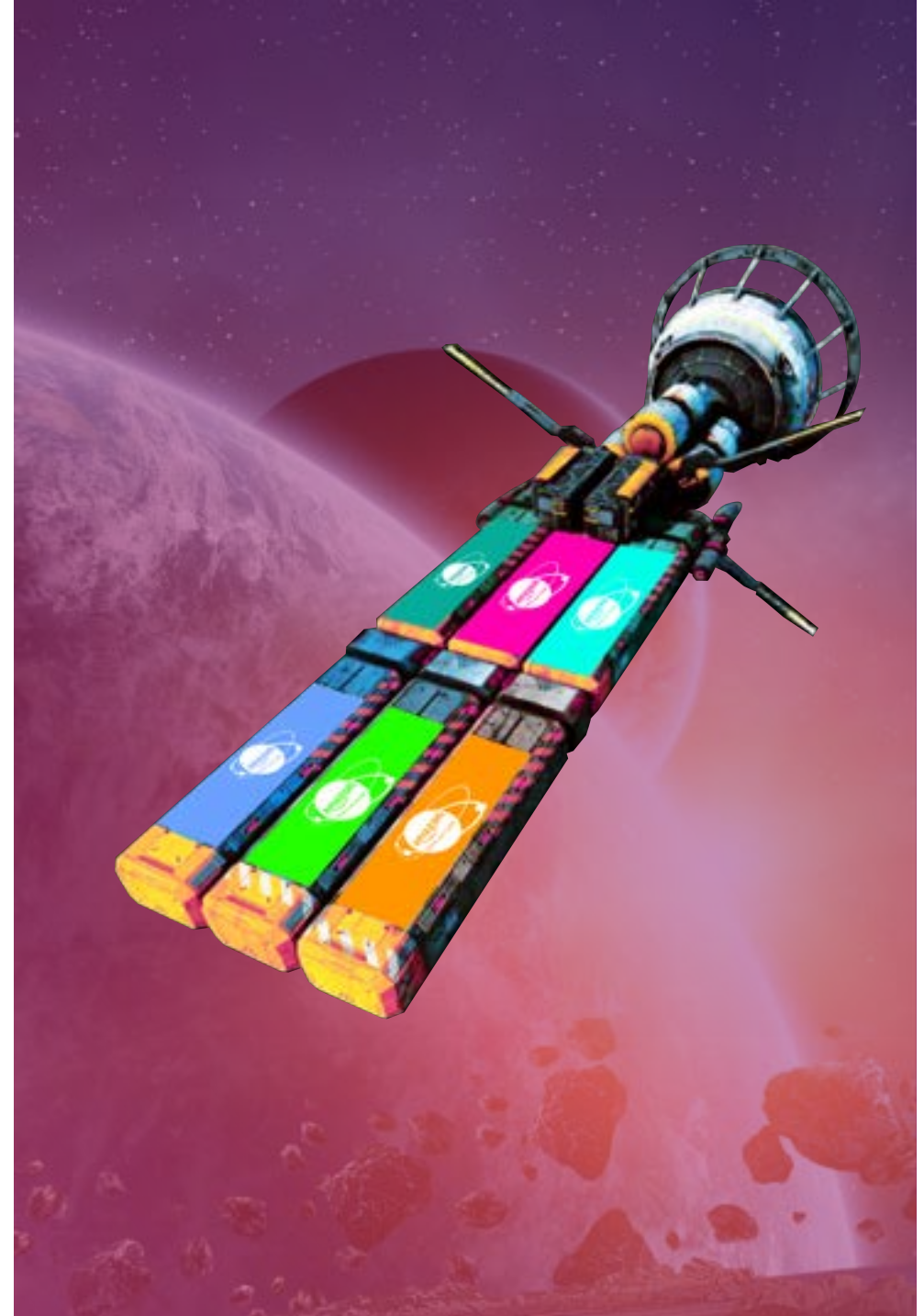
## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### EXTRAIRE ET ACHEMINER 100 TONNES DE FERRONICKEL VENANT DE 16 - PSYCHÉ DES OPÉRATIONS COMPLEXES

---

Les opérations sont nettement plus complexes que dans le cas précédent : utilisation de zones d'attente pour le cargo effectuant le transfert vers la Terre, synchronisation des opérations, risques de pannes et de collisions durant le trajet. Il s'agit d'un changement d'échelle qui est parfois sous-estimé. De plus, nous sommes contraints de transporter le carburant pour le trajet de retour depuis 16-psyché.

Nous avons créé et construit pour cela des vaisseaux cargos d'une autre dimension de ceux utilisés dans la banlieue terrienne Terre-Lune. Ces vaisseaux transfèrent 200 à 600 tonnes voire 1000 tonnes sur de longues distances. Ils utilisent la propulsion nucléaire ou électrique et sont dotés de robots pour réaliser les opérations de maintenance en route. Enfin, toutes les charges sont containerisées. (Voir la carte des trajets ci-après)



## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

EXTRAIRE ET ACHEMINER 100 TONNES DE FERRONICKEL VENANT DE 16 - PSYCHÉ  
DES OPÉRATIONS COMPLEXES





## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

EXTRAIRE ET ACHEMINER 100 TONNES DE FERRONICKEL VENANT DE 16 - PSYCHÉ  
NOS PRINCIPAUX SERVICES

Le déroulé de l'opération de transport entre 16-psyché et la Lune est similaire à l'opération précédemment décrite Lune-Terre pour l'Hélium 3.

La différence importante est qu'il faut utiliser une plate-forme « hub » qui permet les transferts de containers entre les cargos longue distance et les vaisseaux de desserte entre le hub et les avant-ports de la Lune, de la Terre.

Ce hub réalise également l'avitaillement en carburant des vaisseaux ainsi que les opérations de contrôle des produits échangés.



---

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### NOS POSITIONS SUR MARS

---

#### **MARS** - Troisième zone d'activité essentielle pour Amazon Space Services

Même si nous avons mis plus de temps à pénétrer ce marché du fait de l'historicité de Space X, nous y sommes parvenus ! Il existe maintenant pour Mars, deux réseaux de transport, Space X et nous !

Le réseau de transport de matières premières sur Mars concerne avant tout l'Argon et le Xénon pour la propulsion électrique sont des carburants qui peuvent être exporter vers l'orbite vers les avant ports de Mars et leurs stations-services.

Il y a aussi l'eau dont nous nous chargeons pour approvisionner les personnes en orbite martienne. Les autres matières premières sur Mars sont destinées à un usage local.



**AMAZON SPACE SERVICES  
ACTEUR LEADER DES MARCHÉS MARTIENS**

**NOTRE SERVICE**  
Acheminer de l'eau, de l'Argon et du Krypton  
de la surface de Mars vers ses avant-ports

---

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

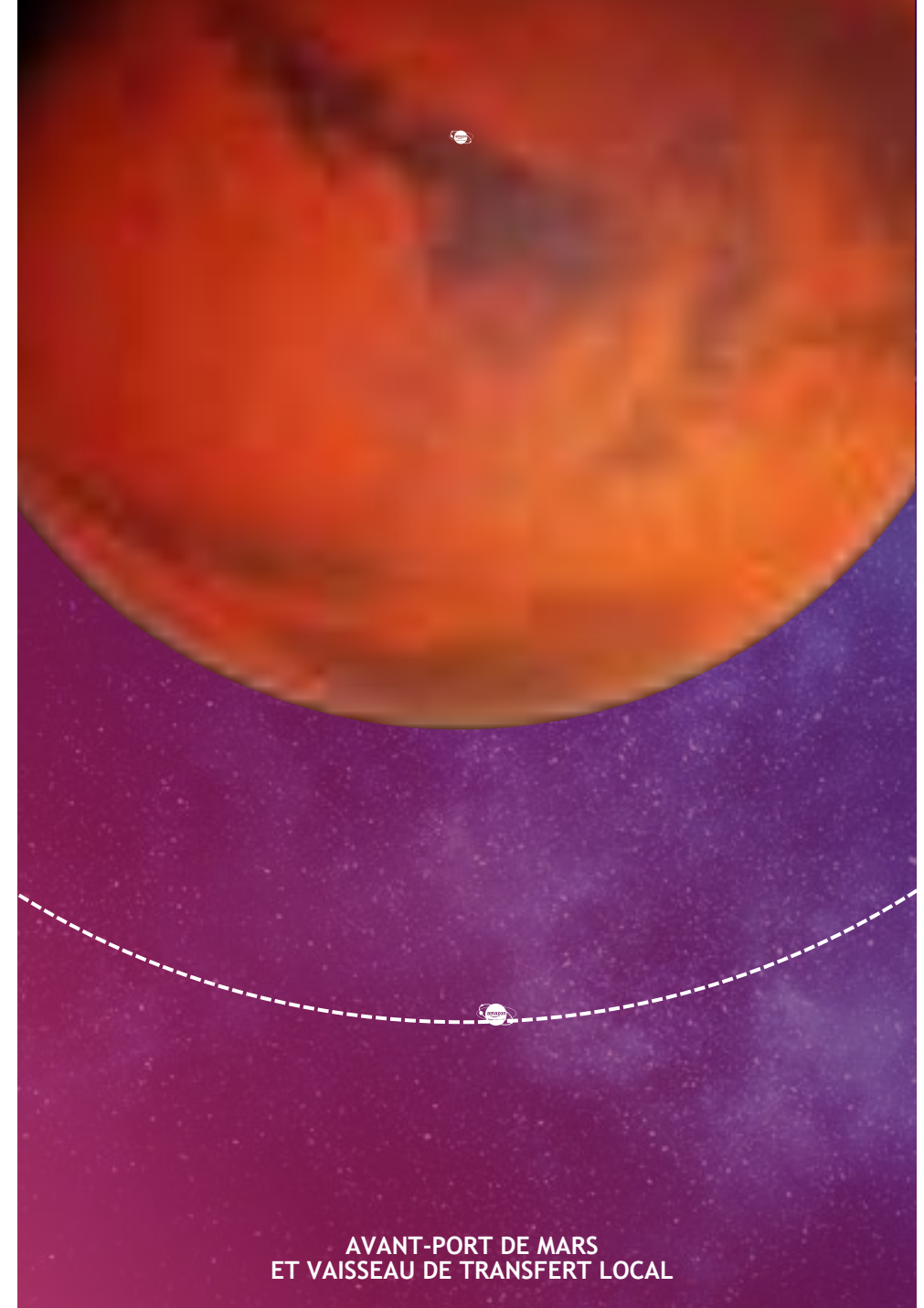
### NOS POSITIONS SUR MARS

---

Nous utilisons des navettes permettant des fréquences importantes, notamment pour l'alimentation en eau. Nous utilisons des vaisseaux de même type que ceux qui desservent les astéroïdes et la banlieue terrestre pour le Xénon et l'Argon. Les vaisseaux utilisés sont dans tous les cas modulaires.

Concernant les infrastructures, nous pensons soit acheter un des hubs soit construire le nôtre afin devenir des opérateurs d'infrastructures spatiales et proposer des offres complémentaires de services à celles que nous venons de présenter.

Nous vous présentons dans le schéma ci-après nos principaux services.



AVANT-PORT DE MARS  
ET VAISSEAU DE TRANSFERT LOCAL

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

### NOS POSITIONS SUR MARS



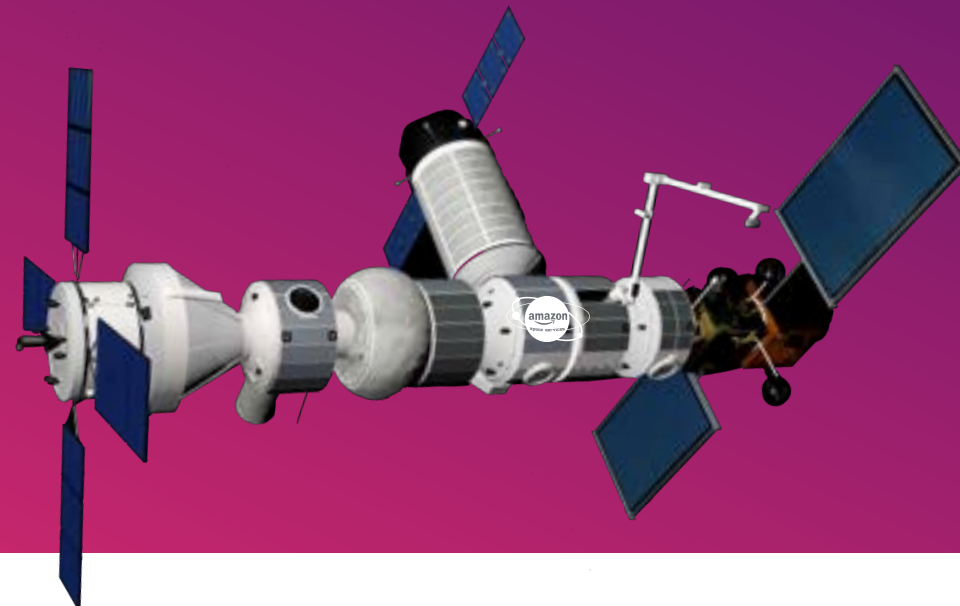
#### NOS PRINCIPAUX SERVICES

Réaliser la mise en containers de l'Argon, du Krypton et de l'eau



Transporter les containers vers l'avant-port martien

Décharger les containers et transférer l'eau vers l'avant-port et l'argon et le krypton vers les sites de stockage



Réparer un des panneaux d'un des sites de stockage

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

## NOS POSITIONS SUR LES AUTRES RÉSEAUX DE TRANSPORT MARCHANDISES ET ÉNERGIE

Nous proposons bien sûr également une offre de transport de marchandises, comprise dans notre offre globale de distribution de marchandises dans l'espace.

Dans l'ensemble les réseaux de transport de marchandises sont identiques à ceux des matières premières en ce qui concerne les infrastructures spatiales et de vaisseaux, mais les routes sont dans la plupart des cas inversées : Terre-Lune, Terre-Astéroïdes et Terre-Mars.

Pour plusieurs produits nous maîtrisons l'ensemble de la chaîne de distribution spatiale des matières premières aux produits finis.

Pour les produits complexes, nous les acheminons de la Terre vers les différents corps célestes.



---

## NOS SERVICES SPATIAUX & LE TRANSPORT DE MATIÈRES PREMIÈRES

## NOS POSITIONS SUR LES AUTRES RÉSEAUX DE TRANSPORT MARCHANDISES ET ÉNERGIE

---

A noter, nous avons choisi de ne pas nous positionner sur le marché du transport de l'énergie pour plusieurs raisons :

- Ce marché est tenu par des très grands acteurs qui maîtrisent les technologies et la chaîne de production-distribution d'énergie.
- Les processus de fourniture en carburants nécessitent des compétences très spécifiques liées aux risques de transport des carburants, de l'alimentation des « stations-service » et des sites de secours.
- Les investissements demandés sont trop importants au regard des revenus attendus, d'autant plus que l'on parle de carburants et de motorisations alternatives permettant de réduire notablement les temps de trajets pour les longues distances.

---

Nous vous remercions de votre lecture attentive de ce story telling sur le scénario 1 et le réseau de transport de matières premières avant de vous exposer de façon complète les trois scénarios.

A futuristic landscape with a flying vehicle and a large digital number '04'. The scene is set in a dark, rocky environment with a small, white, multi-segmented flying vehicle in the sky. The background is a dark, starry space with a large, glowing digital number '04' in the upper center. The overall tone is dark and futuristic.

# 04

## LES TROIS SCÉNARIOS DES RÉSEAUX DE TRANSPORTS SPATIAUX 2050 MATIÈRES PREMIÈRES, MARCHANDISES ET ÉNERGIE POUR LES TRANSPORTS

SCÉNARIO 01. **L'amorce de la logistique spatiale**

SCÉNARIO 02. **Une logistique spatiale simplifiée**

SCÉNARIO 03. **Une logistique spatiale développée et complexe**

---

## MÉTHODOLOGIE

---

Trois scénarios du réseau de transport spatial 2050 pour les marchandises, les matières premières et l'énergie pour les transports ont été proposés par le Groupe prospectif.

Le premier, le scénario 1 "l'amorce de la logistique spatiale" a été présenté dans la partie précédente sous forme de story telling centré sur les matières premières. Il est exposé dans la présente partie de façon complète.

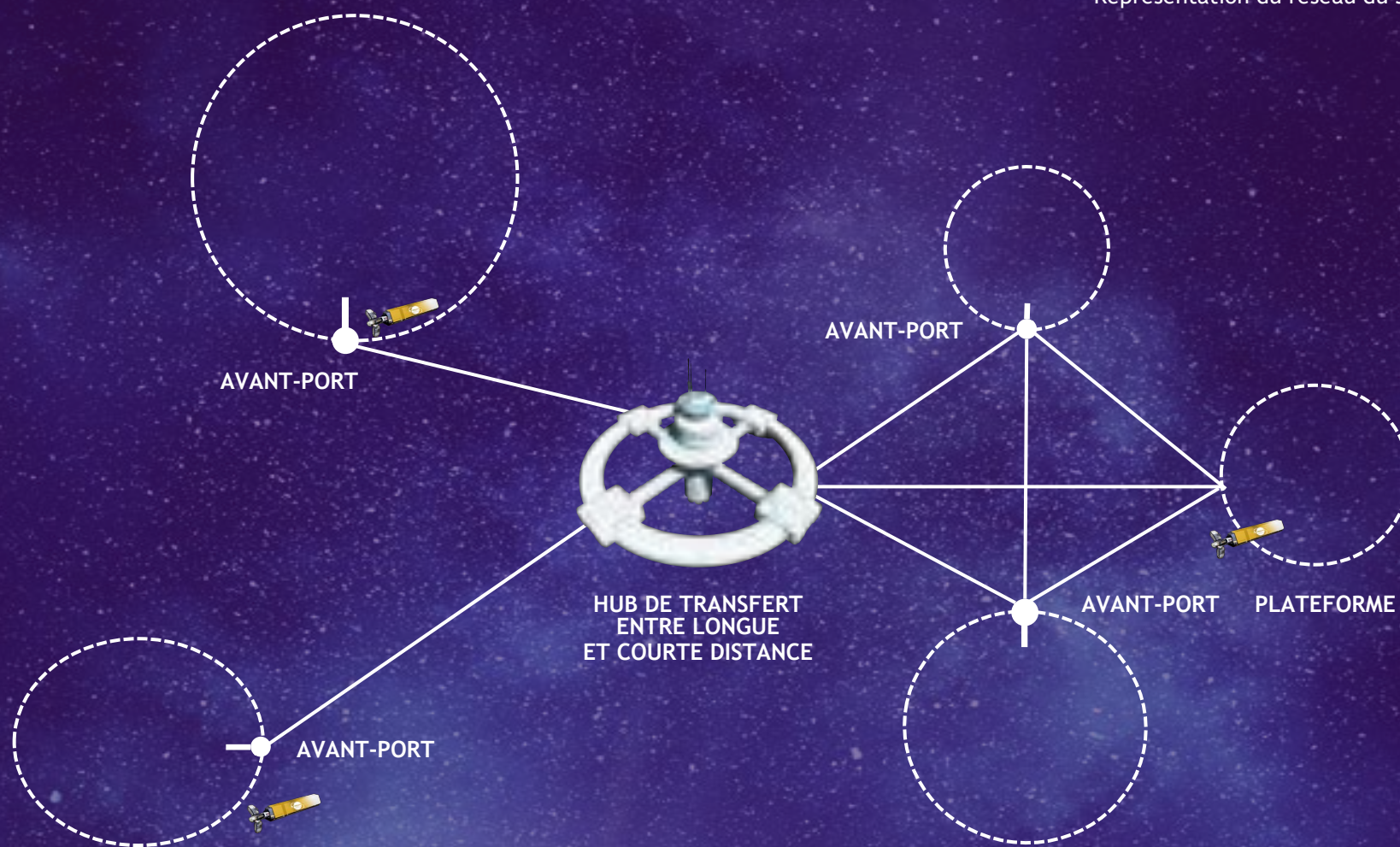
C'est à partir de ce scénario dit de référence qu'ont été ensuite identifiés deux scénarios alternatifs : la logistique spatiale simplifiée centrée sur les matières premières et la logistique spatiale développée et complexe. Ils sont également présentés dans les pages suivantes selon les différentes composantes du réseau : les infrastructures, les vaisseaux et les marchés et acteurs.



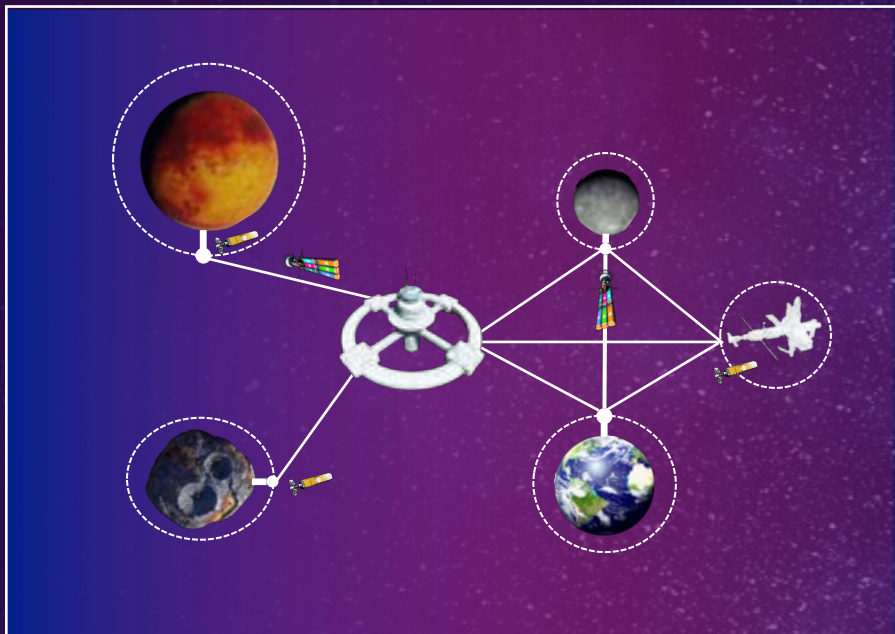


# SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

Représentation du réseau du scénario 1



## VISION GLOBALE DU RÉSEAU SCÉNARIO 1



Le réseau transporte des flux de 3 types :

- de l'énergie pour les transports (Argon et Xénon par exemple)
- des matières premières spécifiques à chaque corps céleste et
- des marchandises allant des produits génériques de base à des produits complexes

## L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

La Terre, la Lune, Mars et les astéroïdes sont dotés d'avant-ports assurant l'interface entre le sol et le transport spatial. Ces avant-ports disposent de stocks de carburant.

Des hubs spatiaux à partir de plateformes spatiales ont été développés. Ils permettent le stockage et le transport vers Mars et les astéroïdes en attendant les fenêtres de lancement optimales.

Le réseau Terre-Lune – y compris plateformes en orbite terrestre – est maillé. Il est constitué de routes, à temps de trajet court, desservies par des vaisseaux de petite taille et de faible emport et opérants à forte fréquence de type navette. Les routes à temps de trajet longs sont opérées par des vaisseaux de grande taille et d'emport important. Les vaisseaux peuvent transporter tout type de ressources en utilisant des conteneurs.

Une amorce de logistique spatiale apparaît.

## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU Avant-ports et hubs

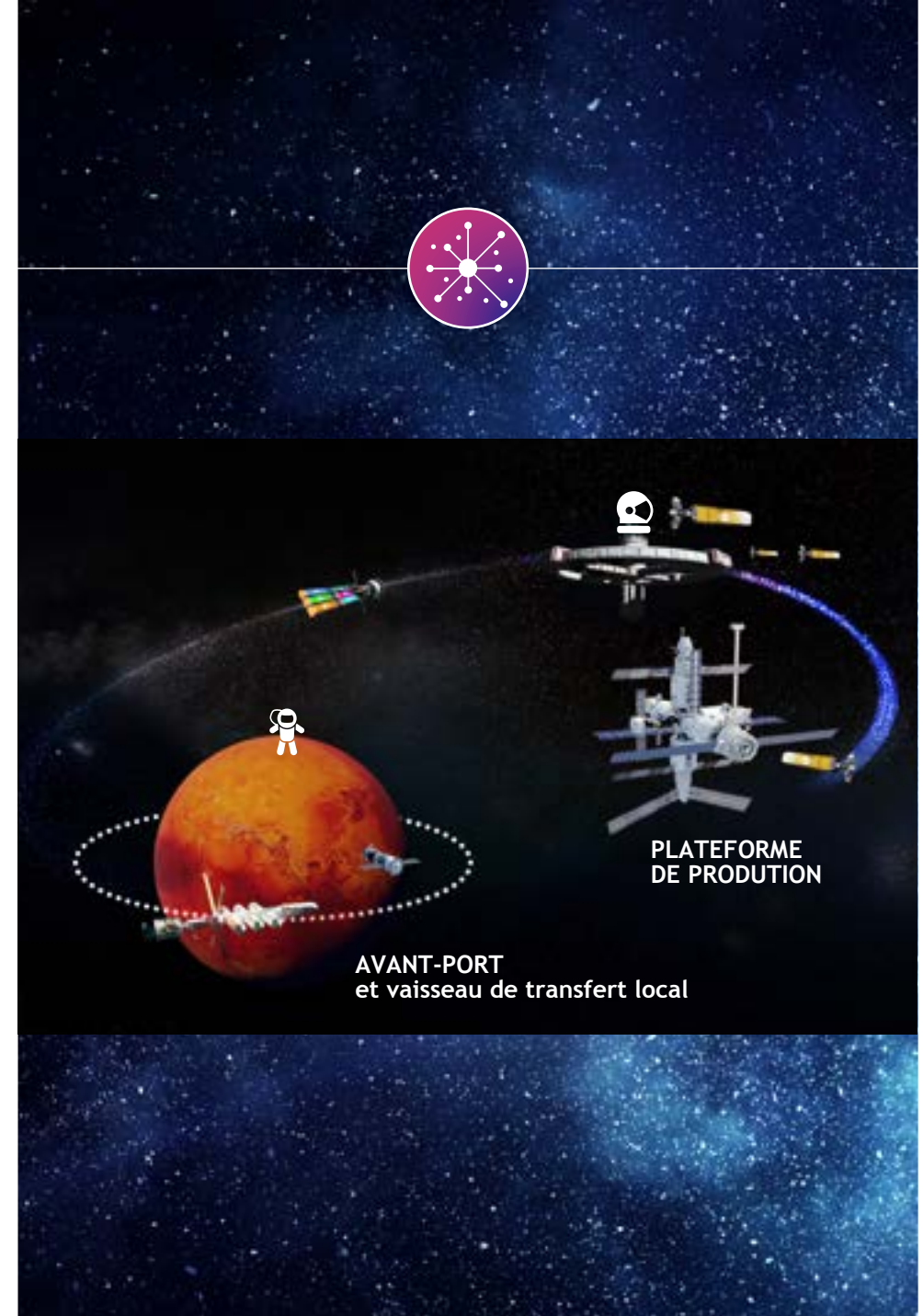
Le réseau de transport est formé :

- d'un réseau de transport courte distance maillé reliant les avant-ports : terrestres, lunaires et plateformes spatiales en orbite terrestre,
- d'un réseau longue distance formé de peu de routes.
- Les deux réseaux sont reliés via des hubs.

La Terre, la Lune, Mars et les astéroïdes sont dotés d'avant-ports assurant l'interface entre le sol et le transport spatial. Ces avant-ports disposent de réserves de carburant.

On a développé des hubs spatiaux à partir des plateformes spatiales. Ils permettent de stocker les éléments à transporter vers Mars et les astéroïdes en attendant les fenêtres de lancement optimales.

Les sites de stockage importants sont sur les hubs. Les avant-ports et certaines plateformes disposent de fonction de stockage, mais de faible capacité.



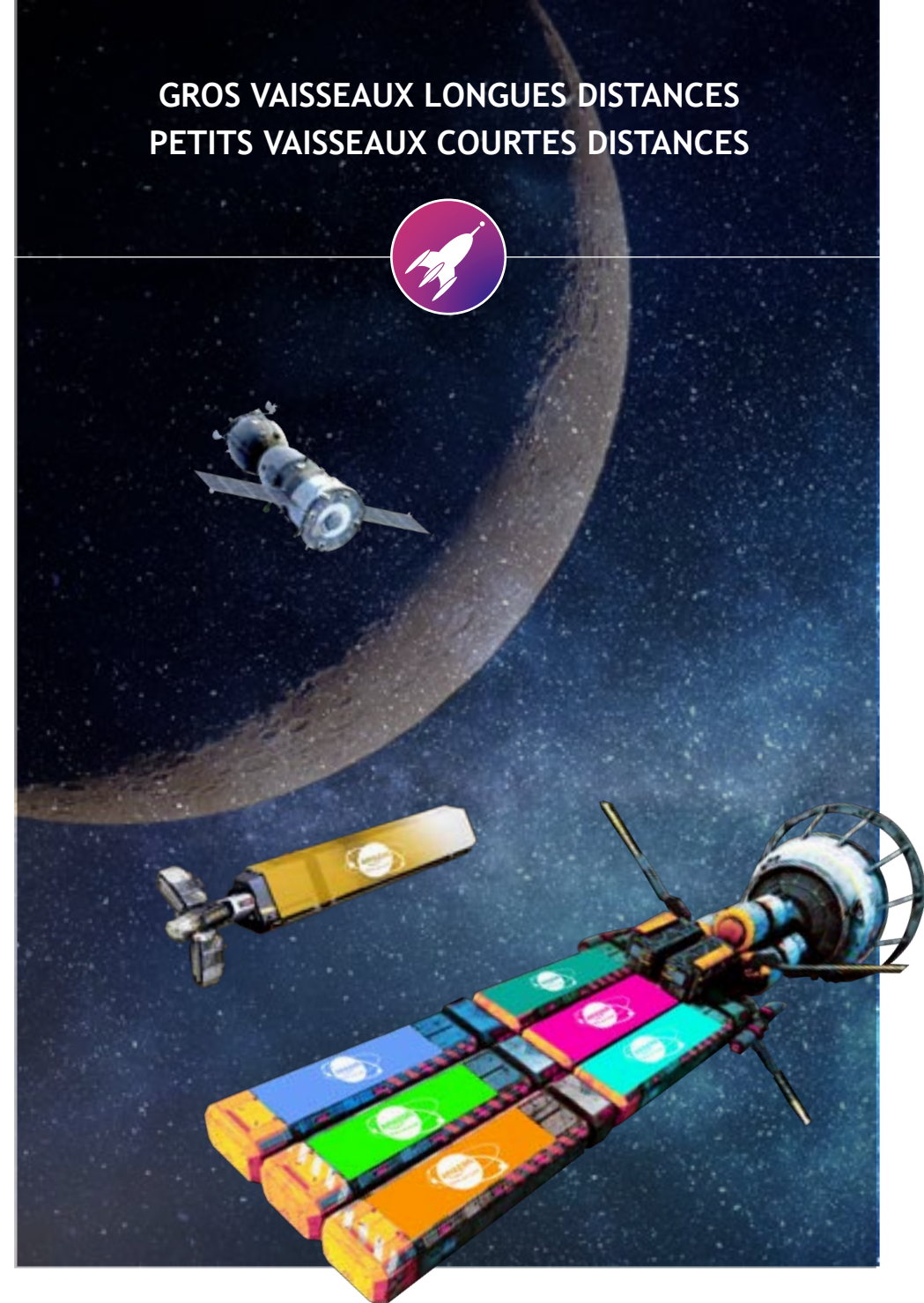
## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU Un transport par conteneurs

Les routes à temps de trajet court (réseau Terre-Lune-Plateformes en orbite terrestre) sont desservies par des vaisseaux de petite taille et de faible emport, opérant à forte fréquence de type navette. Les routes à temps de trajet longs sont desservies par des vaisseaux de grande taille et d'emport important. Ils opèrent à faible fréquence en fonction des fenêtres de lancement vers et depuis les corps lointains. Ils emportent matières premières et marchandises.

Les vaisseaux peuvent transporter tout type de produit en utilisant des conteneurs. Ils sont composés de remorqueurs porte-conteneurs et d'un véhicule pousseur. Les plus gros ont des capacités allant de 200 à 600 tonnes pouvant atteindre 1000 tonnes. Les vaisseaux longue distance sont mutualisés pour maximiser le remplissage. Les vaisseaux courte distance ne sont pas mutualisés, ils peuvent utiliser la propulsion nucléaire ou électrique.

GROS VAISSEAUX LONGUES DISTANCES  
PETITS VAISSEAUX COURTES DISTANCES



## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

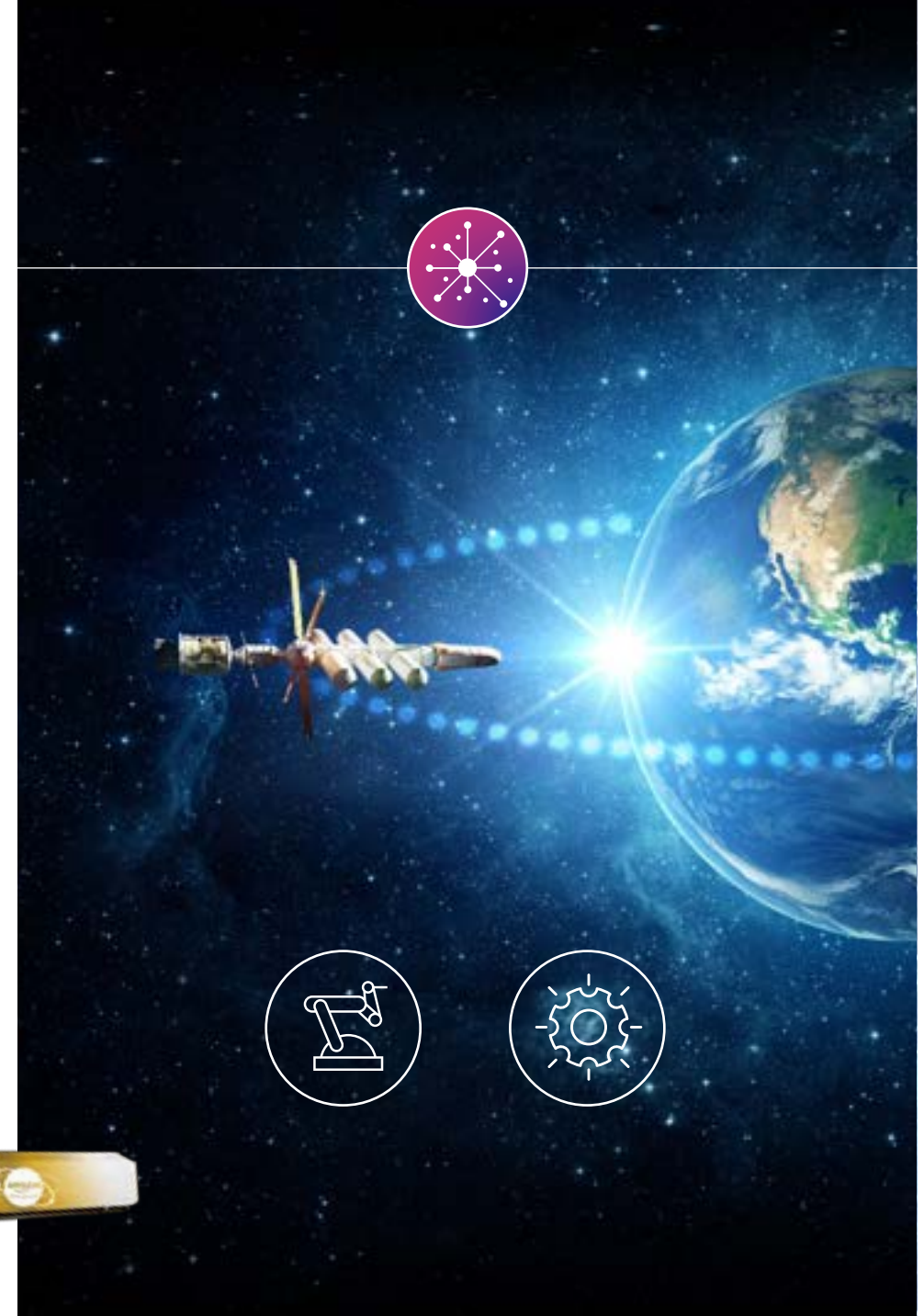
#### Une maintenance fortement automatique et basée sur des kits et sur la modularité

La simplicité des systèmes, formés de kits, permet de faciliter la maintenance. Elle se fait par dissociation des modules qui sont réparés individuellement.

La maintenance lourde s'effectue sur la Deep space gateway du fait de sa position sur un Lagrangien entre la Terre et la Lune pour le matériel de secours.

Des pièces détachées pour les cas d'urgence sont présentes sur Mars et en orbite autour de Mars.

Les acteurs réalisent en interne la maintenance de type « upgrade ». Certaines opérations de maintenance courante sont externalisées.



---

## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

### MARCHÉS ET ACTEURS

#### Des produits transportés à forte valeur ajoutée

---

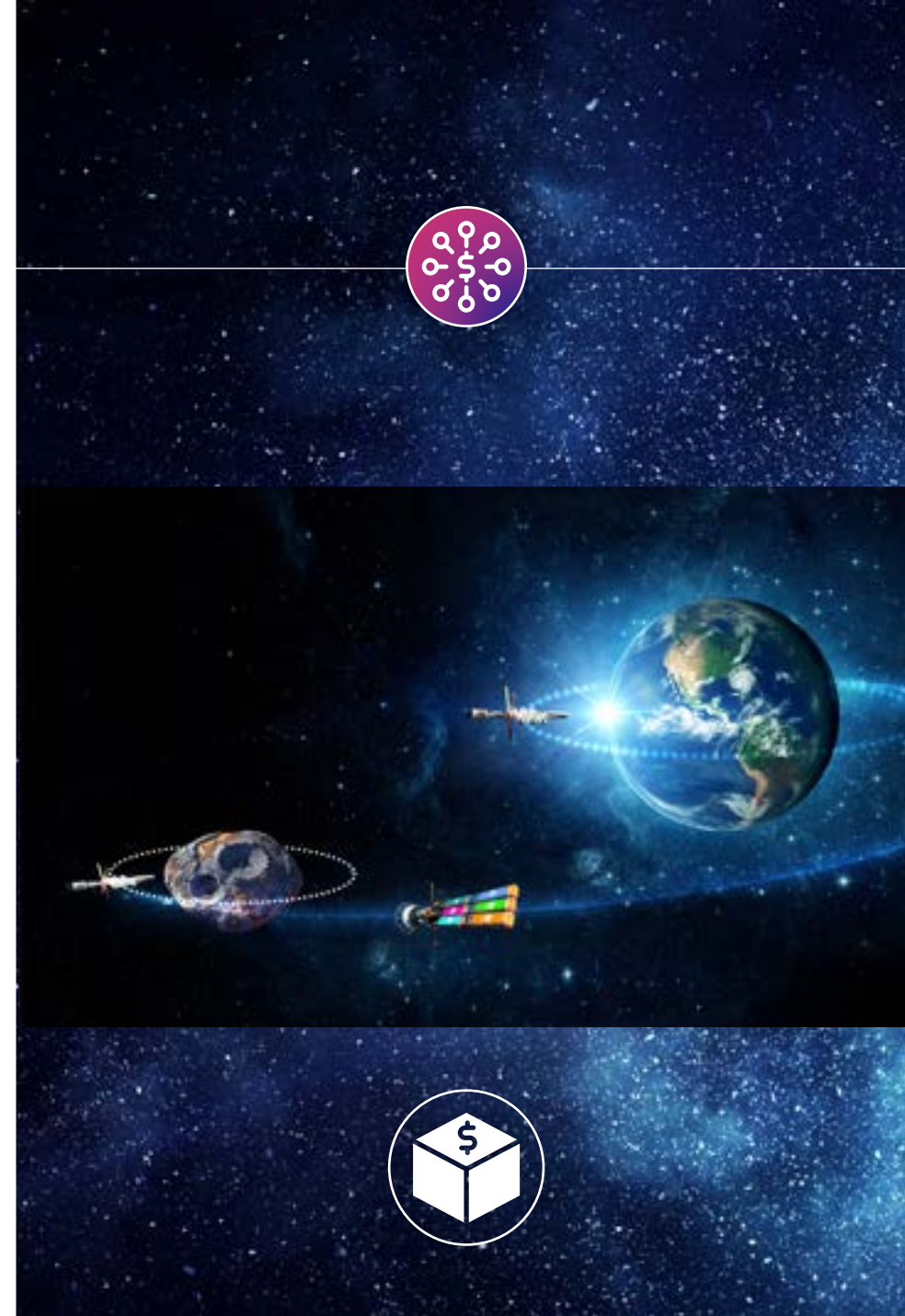
Le fonctionnement du réseau est caractérisé par la recherche maximum d'autarcie pour les sites proches comme lointain.

Ainsi, seuls les produits complexes sont transportés, les autres étant fabriqués sur place autant que possible.

Les matières premières doivent avoir suffisamment de valeur ajoutée ou être rares pour être transportées.

Les réseaux de transport de matières premières partant des astéroïdes sont essentiellement orientés vers la Terre, seuls quelques trajets partent des astéroïdes pour aller vers la Lune ou vers Mars pour des matières premières spécifiques.

Ces échanges de matières premières et de marchandises, ces hubs, avant-ports et sites de stockage ouvrent la voie à un début de logistique spatiale.



## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

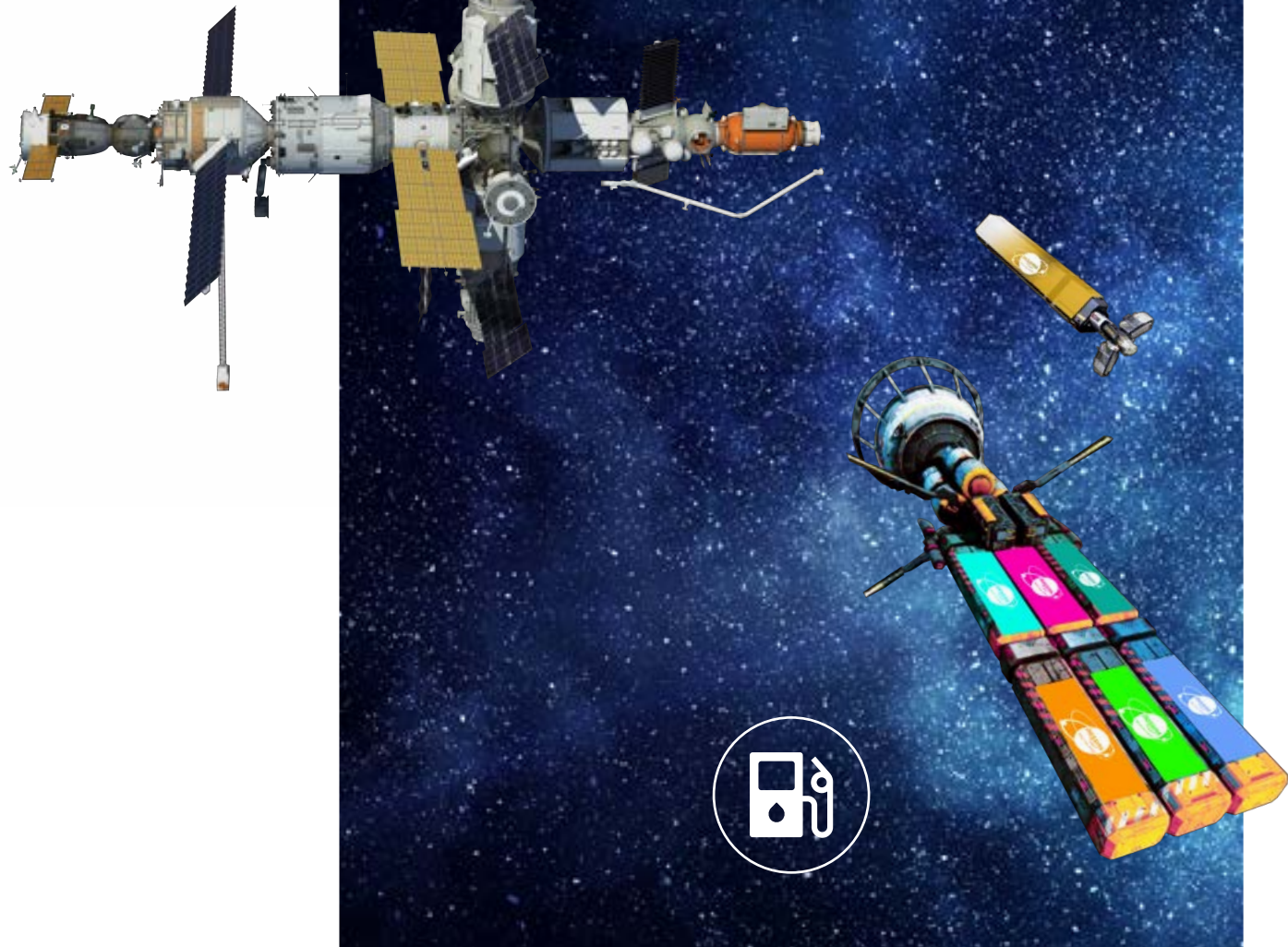
### MARCHÉS ET ACTEURS

#### Le cas du marché de l'énergie

Les stratégies développées par les acteurs sont spécifiques pour chaque marché.

Pour l'énergie destinée aux transports, quelques grands acteurs maîtrisant les techniques mettent à disposition des installations dans l'espace.

En effet, le montant des investissements, les risques et la complexité des processus au regard des revenus possibles constituent des barrières d'entrée infranchissables pour la plupart des acteurs



## SCÉNARIO 01. L'AMORCE DE LA LOGISTIQUE SPATIALE

### MARCHÉS ET ACTEURS

Un système complexe d'acteurs privés et publics. Des réseaux privatifs

A la différence des premiers temps de l'exploration spatiale, le paysage d'acteurs est beaucoup plus complexe, mêlant États et grandes entreprises au sein d'alliances pérennes ou de circonstance.

Côté États, on trouve les États-Unis, la Chine, l'Inde, la Russie, l'Union européenne et des coalitions d'États. Côté entreprises, les acteurs présents sont issus de rapprochements entre de grands constructeurs historiques comme Boeing, Tupolev et Airbus et des descendants des GAFAM.

De nouveaux acteurs, « space native », sont également apparus comme la North American Space Industries, la Multi Services Spaceline ou la Shenyang Aerospace. Chaque acteur ou groupe d'acteurs possède son réseau de transport de marchandises et de matières premières. Les réseaux sont parallèles, mais peuvent être ponctuellement connectés.

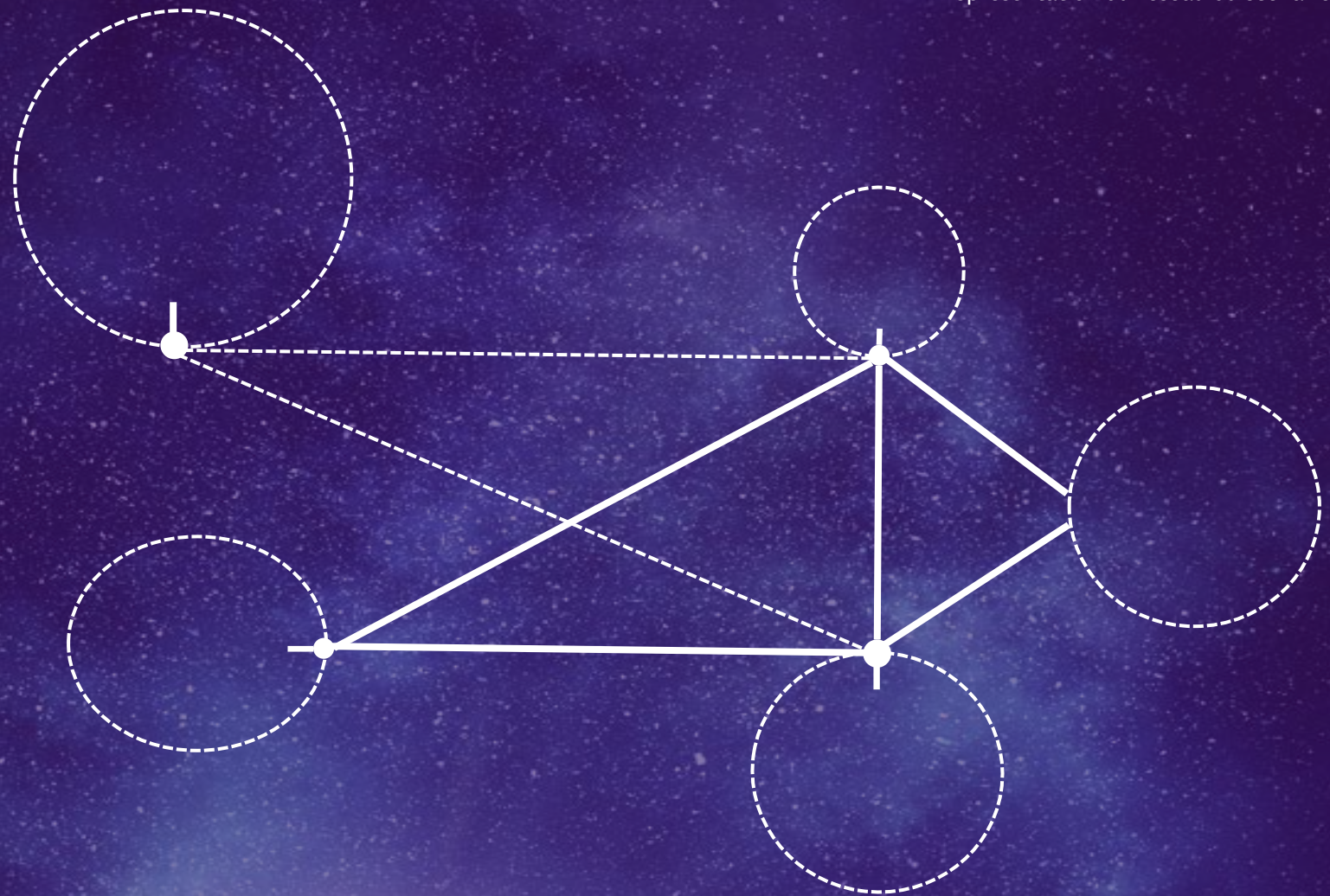




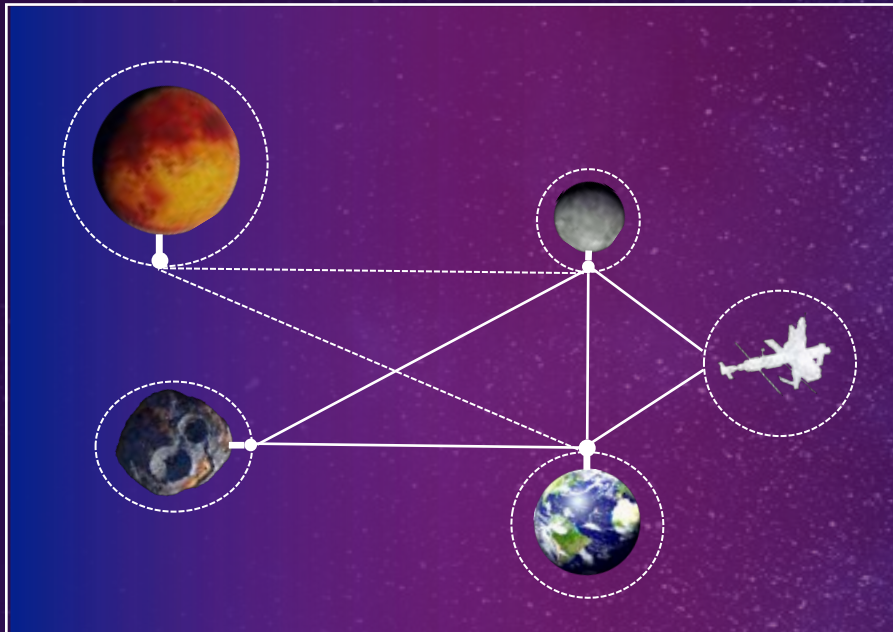
# SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

Représentation du réseau du scénario 2

! "#\$%&' ()#\*'+\$("&, -\$+#  
'"#, -."+#/#, -."+#' &+\$' ."+#  
()0#1 (+.2\$' &#, \$' 1.2\$' &



## VISION GLOBALE DU RÉSEAU SCÉNARIO 2



Dans ce second scénario, l'objet des réseaux spatiaux est de transporter uniquement des matières premières, les seules marchandises transportées étant les engins de mining et certains équipements de maintenance qui ne peuvent pas être construits localement.

## UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

Les engins de mining sont assemblés le long du trajet, dans les avant-ports ou sur place, leurs composants peuvent être fabriqués sur des plateformes spatiales.

Le réseau est essentiellement point à point. Le temps de trajet n'est pas un enjeu : un an voire deux ans pour couvrir la distance Astéroïde-Lune est considéré comme acceptable.

Les avant-ports jouent le rôle de hubs, mais ce rôle est restreint aux fonctions de transbordement, de stockage longue distance et de refueling. Ils comportent également des fonctions d'assemblage d'engins de mining.

Ils peuvent traiter des cargaisons d'énergie et de matières premières.

## SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

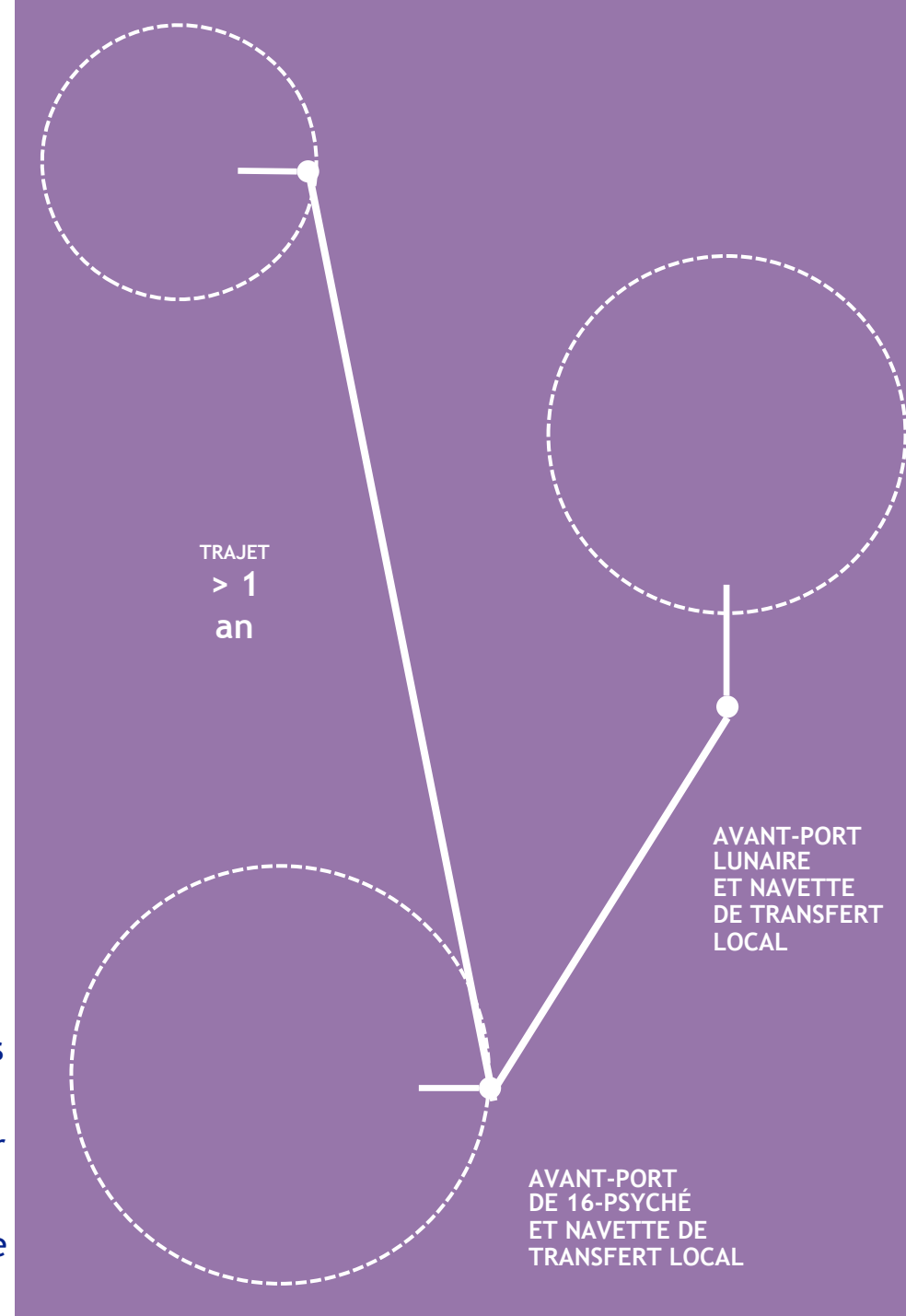
Une maintenance fortement automatique et basée sur des kits et sur la modularité

Les opérations de transport entre les astéroïdes et la Lune ou la Terre comportent 3 temps :

Dans un premier temps, les matières premières sont containerisées et acheminées vers un des avant-ports de l'astéroïde. Cette opération s'effectue en utilisant des technologies développées pour la Lune, les astéroïdes et la Lune partageant l'absence d'atmosphère et la faible gravité.

Dans un second temps, les containers sont chargés sur le vaisseau de transport longue distance. Ces deux temps sont synchronisés avec les fenêtres de lancement.

Dans un troisième temps, les matières premières sont transportées vers la Lune ou la Terre qu'elles atteignent après une durée d'au moins un an. Les vaisseaux utilisent les avant-ports pour transférer leurs containers sur les navettes qui les acheminent vers la Lune, la Terre ou les plateformes. Toutes ces opérations sont réalisées de manière totalement automatique.



---

## SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

Des cargos spatiaux de très gros tonnage pour les longues distances et des navettes pour les dessertes locales

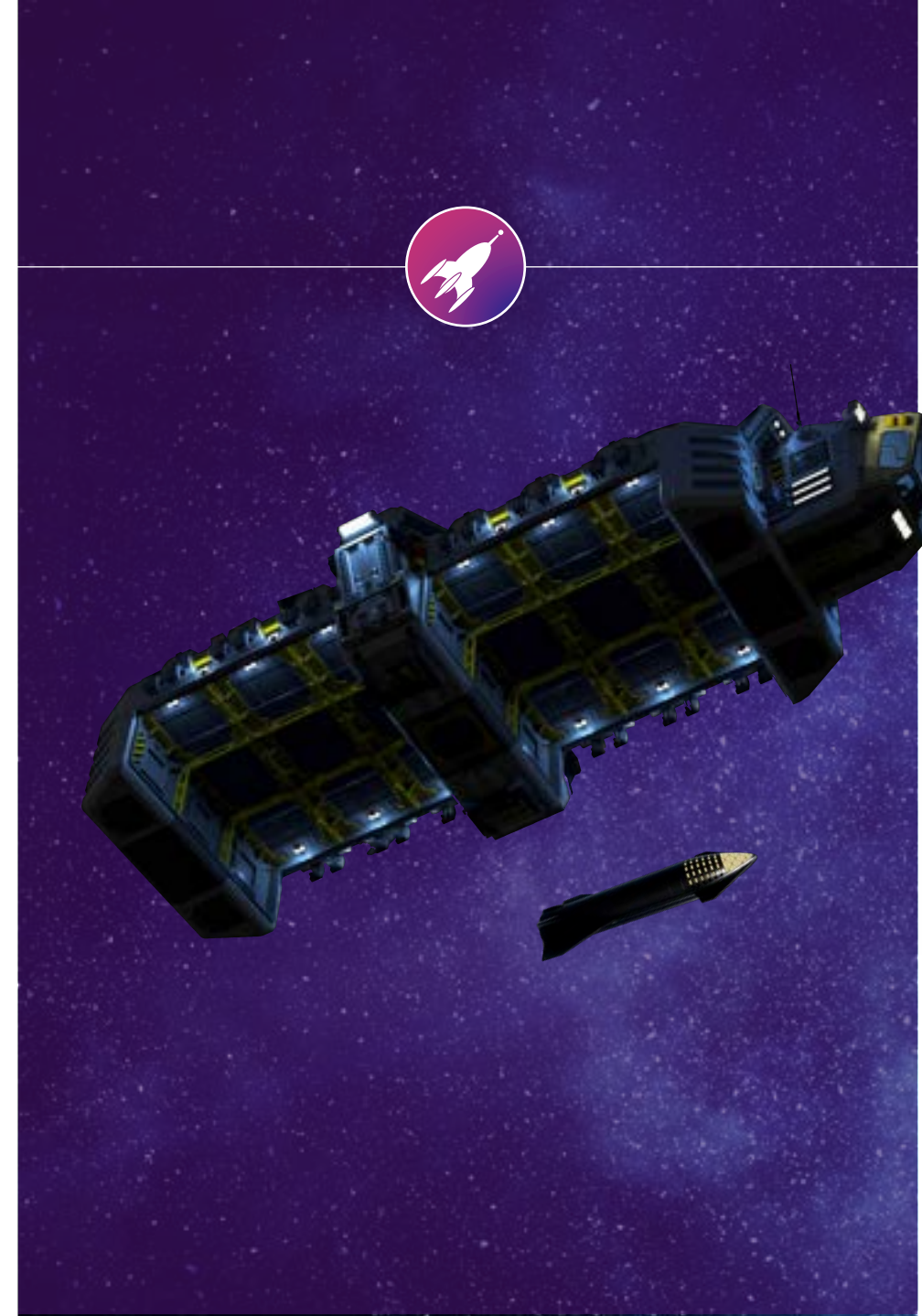
---

Compte tenu des temps de trajet, la solution retenue est d'utiliser des vaisseaux de grande taille et des navettes courte distance pour tout type de minerais ainsi que les composants et engins de mining.

Il n'y a pas ou très peu de transport d'énergie, la production de carburant est effectuée in situ.

Tous ces vaisseaux fonctionnent de manière autonome et les minerais sont chargés dans des containers.

Le choix de la simplicité des vaisseaux permet de minimiser les opérations de maintenance.



## SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU Maintenance automatique et basée sur une forte redondance

La simplicité des infrastructures et des vaisseaux, leur modularité et leur redondance permettent une maintenance réduite. Les composants peuvent être facilement produits localement et remplacer les composants défectueux.

Cette simplicité permet également de maximiser la sûreté de fonctionnement.

La maintenance est internalisée pour chaque acteur. Elle est réalisée par des robots au niveau des avant-ports et durant les trajets pour les longues distances.



---

## SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

### MARCHÉ ET ACTEURS

#### Une mutualisation des infrastructures et des accords de gré à gré

---

Les capacités de production en matières premières spatiales issues des astéroïdes sont trop faibles pour générer des conflits et la nécessité de mutualisation des équipements et des vaisseaux conduit à une démarche d'entente de gré à gré entre acteurs dans un contexte de gestion par concession des sites de mining.



---

## SCÉNARIO 02. UNE LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE

### MARCHÉ ET ACTEURS

#### L'engagement fort des États et le rôle central des agences

---

Les sites d'extraction et de transformation sont gérés principalement par les États. Le cadre législatif est minimaliste.

Les États engagés délèguent la gestion à leurs agences spatiales, les acteurs privés et publics se regroupant derrière les agences.

Des accords permettent de mutualiser l'usage des infrastructures du réseau et de vaisseaux tout en laissant la priorité au propriétaire.

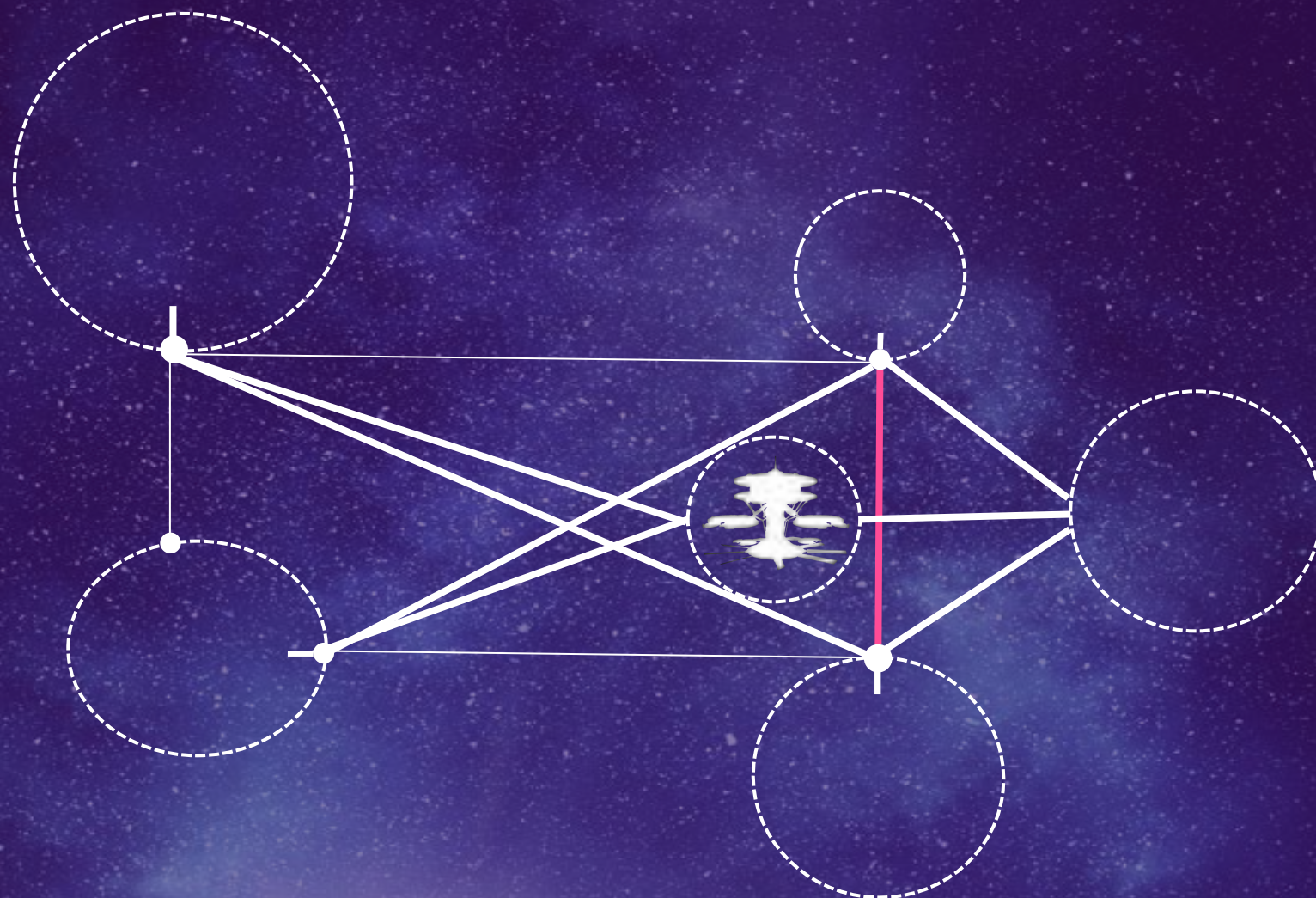
On a créé, spécifiquement pour la Lune, une bourse des matières premières et des prix de vente plancher sont mis en place incitant l'industrie minière à investir.



# SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

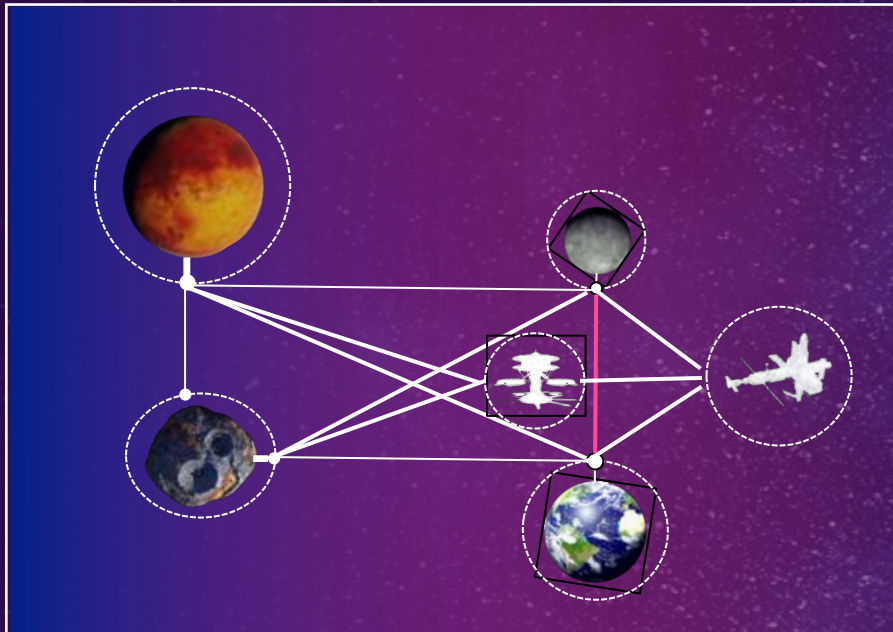
Représentation du réseau du scénario 3

Un réseau de transport dense pour des activités spatiales importantes





## VISION GLOBALE DU RÉSEAU SCÉNARIO 3



### UN RÉSEAU DE TRANSPORT DENSE POUR DES ACTIVITÉS SPATIALES IMPORTANTES

Les tensions et situations de compétitions entre pays et entre grandes entreprises se sont conjuguées à des progrès technologiques importants au cours de la période.

## UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

Les évolutions dans la propulsion spatiale, l'IA et la fiabilisation du transport ont permis de réduire très significativement les temps de trajet. Il est ainsi possible de rejoindre Mars en quelques semaines depuis la Terre, au lieu d'au moins six mois auparavant, et de ne plus s'astreindre aux fenêtres de lancements.

Grâce aux gains de temps des trajets, l'industrie spatiale se développe. Mars dispose de sites de production et la présence humaine y est accrue.

L'interdépendance Terre-Mars est forte. Il devient possible de concevoir une réelle chaîne logistique spatiale. Les sites de production sont localisés entre la Terre, la Lune et Mars. Les flux sont tracés en utilisant une technologie de type blockchain. Les acteurs tendent à se concentrer en des super acteurs, parfois « spatial native », autonomes mais liés en partie à la puissance publique pour le financement.

---

## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

**Une logistique intégrée de bout en bout.  
Maximisation de la flexibilité  
et de la connectivité**

---

Chaque opération de transport nécessite une planification fine de manière à minimiser le coût tout en restant fiable.

Le transport est pensé de bout en bout en combinant infrastructures et modes de transport.

L'enjeu, pour chaque acteur du transport, est de disposer d'un maximum de flexibilité et de connectivité.

Il s'agit de réduire au maximum le recours aux stocks dans une logique de « juste à temps ».

Le transport de personnel s'effectue via des hubs, mais avec des durées de connexion très courtes.



## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

#### Une intensification des échanges avec Mars

Les échanges s'intensifient entre la Terre, la Lune et Mars. Les flux entre Mars et les astéroïdes restent marginaux.

La flexibilité des trajets est forte : il n'est pas rare de définir un trajet via un hub puis de changer de hub si le hub initial n'était plus accessible.

Grâce aux gains de temps, il devient possible d'optimiser un chargement sans être véritablement contraint par les fenêtres de lancement.

Cette optimisation dépend des produits à transporter. Pour certains minerais, des temps de trajet de plus d'un an restent acceptables.



---

## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU Un rôle stratégique pour les hubs, nouvelles places fortes

---

Le transport courte distance utilise un réseau maillé.  
Le transport longue distance reste effectué via des hubs pour des raisons d'optimisation économique et plus pour des raisons de fenêtre de lancement. Pour certains produits à forte valeur ajoutée ou nécessitant des délais réduits de transport, on préfère utiliser un trajet en direct. Les hubs sont dotés de bataillons de navettes pour acheminer les minerais ou les marchandises de et vers les plateformes-usines et les avant-ports. D'autres hubs servent à la maintenance des vaisseaux et des infrastructures. Les réseaux sont privés. Chaque acteur y détermine et fait appliquer ses règles de fonctionnement. L'absence de régulation permet à certains acteurs de contrôler totalement les hubs et d'y pratiquer des politiques d'exclusion d'autres acteurs via la tarification, les droits et contraintes d'accostage...  
Ce sont des nouvelles places fortes.



## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU Une grande diversité de vaisseaux

Il existe une grande diversité de vaisseaux, optimisés selon des critères de vitesse, de tonnage, de distance à parcourir. Le panel va des gros vaisseaux plutôt lents aux coûts plus réduits aux vaisseaux rapides de petit tonnage. Certains sont spécialisés pour le transport d'humains. Les gros vaisseaux à coque peuvent embarquer du fret et certains d'entre-eux disposent de fonctions de production pour des produits trop complexes pour être réalisés sur site.

Réaliser la production en même temps que le transport conduit à des gains de productivité spectaculaires.

L'usage de coques permet de mieux sécuriser la cargaison. La mutualisation n'est plus obligatoire pour les longues distances. Elle n'est mise en œuvre que pour les raisons d'optimisation économique. Des vaisseaux de protection assurent la sécurité des convois.



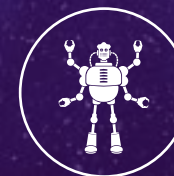
## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### INFRASTRUCTURE ET RÉSEAU

#### Maintenance des équipements complexes basée sur le couple humain-IA

La complexité, la diversité des vaisseaux et les exigences de disponibilité nécessitent une politique de maintenance comparable à celle des secteurs du nucléaire et de l'aéronautique terrestres. Elle repose en 2050 sur un couplage des capacités d'adaptation de l'humain et de l'IA. Par exemple, la généralisation de l'exosquelette assisté par l'IA facilite les opérations de maintenance. Les infrastructures et vaisseaux sont conçus dès le départ avec leur base de connaissances et leurs algorithmes d'IA.

La maintenance des infrastructures de transport et des vaisseaux est réalisée uniquement en interne du fait de sa complexité et de son rôle stratégique (notamment pour sécuriser les connaissances acquises par les vaisseaux et les infrastructures).



## SCÉNARIO 03. UNE LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE

### MARCHÉ ET ACTEURS

Peu de réglementations  
et la concurrence l'emporte sur l'efficience

L'importance des investissements conduit à la formation de super-acteurs s'affranchissant des agences spatiales.

L'intensité de la concurrence et l'absence de gouvernance conduisent à des usages privatifs des infrastructures de transport ainsi que des données associées.

Ces super-acteurs de la logistique développent des politiques de diversification vers le tourisme, le commerce... en utilisant les moyens techniques qu'ils ont développés pour leurs activités de logistique. Les marges générées sont fortes.

Il n'y a pas de recherche d'efficience, chacun construit selon ses propres besoins

La logistique spatiale devient une nouvelle compétence et un avantage concurrentiel majeur.



## GRILLE COMPARATIVE DES TROIS SCÉNARIOS

En synthèse, nous vous proposons cette grille qui compare les trois scénarios sur différents critères.

	 AMORCE D'UNE LOGISTIQUE SPATIALE	 LOGISTIQUE SPATIALE SIMPLIFIÉE	 LOGISTIQUE SPATIALE DÉVELOPPÉE ET COMPLEXE
<b>Temps de trajet</b>	IDENTIQUE AUX TEMPS DE 2020	IDENTIQUE AUX TEMPS DE 2020	MARS EN QUELQUES SEMAINES AU LIEU DE 6 MOIS
<b>Diversité des vaisseaux</b>	MOYENNE	FAIBLE À MOYENNE	FORTE
<b>Présence d'humains</b>	TRÈS FAIBLE	TRÈS FAIBLE	SIGNIFICATIVE (sur Mars)
<b>Intensité concurrentielle</b>	MOYENNE	FAIBLE	FORTE
<b>Interdépendance</b>	TERRE-LUNE	TERRE-LUNE	TERRE-LUNE-MARS
<b>Autonomisation juridique et économique de l'espace</b>	NON	NON	POSSIBLE





05

# CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SPATIALE

FACE AUX 3 SCÉNARIOS  
DES RÉSEAUX DE TRANSPORT SPACIAUX A 2050

---

## MÉTHODOLOGIE

---

À partir des trois scénarios proposés, il a été demandé au groupe prospectif qu'elles étaient les conditions pour la réussite de l'Europe dans chacun de ces scénarios

Est présentée ci-après la synthèse de leurs analyses sur ces conditions de réussite selon :

- Les institutions européennes
- Les acteurs privés
- L'opinion publique
- Les avancées technologiques
- L'écosystème spatial européen

Enfin, en s'appuyant sur l'ensemble de ces travaux sur le futur des réseaux de transport spatiaux à 2050 - les membres du groupe prospectif mobilisés lors la cinquième et dernière réunion ont proposé des grandes orientations à court et moyen qui pourront contribuer demain à la réussite de l'Europe spatiale.



---

## CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SELON CES SCÉNARIOS

### LES INSTITUTIONS EUROPÉENNES AU SERVICE DE L'EUROPE SPATIALE DE RÉSEAUX DE TRANSPORT

---



En 2050, l'Europe spatiale est un acteur de premier plan des réseaux de transport spatiaux...  
Pour cela, concernant les institutions européennes, deux conditions de réussite ont été soulignées par le groupe prospectif :

- la coordination européenne avec un alignement des agences nationales autour d'une volonté politique affirmée
- la capacité à fédérer les acteurs privés de gestion du réseau autour d'un projet ambitieux d'achat de services de transport par les gouvernements européens.

Cette coordination et cette politique volontariste européenne permettront à l'Europe :

- D'organiser de coopérations avec les acteurs - privés et institutionnels Nord-américains, Russes, Chinois, Indiens, Japonais, doublée de la capacité à défendre des intérêts européens communs face à des blocs puissants et déjà fédérés (États-Unis, Chine, Russie).
- La participation européenne à la réglementation internationale, mettant sur un pied d'égalité notamment les acteurs européens et les autres géants du spatial (Chine, US)
- Une capacité à sécuriser les voies commerciales spatiales pour les acteurs européens de la logistique

---

## CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SELON CES SCÉNARIOS

### LES ACTEURS DE L'EUROPE SPATIALE DES RÉSEAUX DE TRANSPORT

---



Une des premières conditions pour la réussite de l'Europe spatiale concerne la capacité à faire émerger des champions industriels européens, des consortiums industriels forts, des fédérations d'industriels autour d'un objectif commun.

Deux conditions à cela :

- les industriels devront trouver un intérêt économique suffisant dans l'activité de transport spatial et dans la gestion de ressources spatiales avec la question clé des business models et du rôle de la puissance publique
- Des fonds d'investissement qui seront orientés vers le spatial permettant d'amorcer ce développement des activités spatiales des champions européens

L'émergence de ces nouvelles activités spatiales aura pour conséquence l'apparition de nouveaux acteurs : dans le champ des opérations – lancement, remorquage, ergols, ravitaillement, entretien, maintenance, gestionnaire de hubs) – et aussi dans le domaine des activités de régulation et d'arbitrage

Plus largement, la réussite de l'Europe spatiale dépendra de l'implication d'acteurs nombreux et divers : des acteurs privés, publics, spatiaux et non spatiaux, des centres de recherche, des organismes de contrôles, des instances de certification et de régulation, des acteurs financiers, des assurances, des fonds d'investissement, des acteurs numériques...

---

## CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SELON CES SCÉNARIOS

### LES AVANCÉES TECHNOLOGIQUES POUR L'EUROPE SPATIALE DES RÉSEAUX DE TRANSPORT

---



Le développement d'un certain nombre de technologies et leur maîtrise européenne est nécessaire pour permettre le développement des réseaux de transport spatiaux européens, on peut citer entre autres :

- IA, technologies de calcul (quantique) pour libérer les contraintes techniques qui n'ont pas été levées ces trente dernières années
- Autonomie technique dans la construction, le déploiement, l'exploitation, de hubs et d'avant-ports
- Utilisation des ressources spatiales pour sauvegarder les ressources terrestres
- Déploiement de nouvelles solutions de production dans l'espace pour produire les véhicules et les hubs dans l'espace
- Développement de technologies de production de l'énergie sur les corps célestes
- Standardisation des « kits » pour les infrastructures avec adhésion de l'Europe aux comités de standardisation, et/ou l'Europe crée/impose le standard

---

## CONDITIONS POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SELON CES SCÉNARIOS

### EUROPE SPATIALE ET OPINION PUBLIQUE

---



Pour que l'Europe spatiale joue un rôle clé dans le développement et le fonctionnement des réseaux spatiaux, il faut convaincre la population :

- du bien fondé et des avantages de cette économie spatiale,
- de la cohérence de ce développement spatial avec les enjeux écologiques, économiques et spatiaux

Ainsi on sera en mesure d'embarquer l'opinion publique en montrant que le spatial est facteur de développement pour la Terre.

C'est à cette condition que l'on pourra obtenir l'acceptabilité par la population des investissements publics et privés de long terme nécessaire.

# DES GRANDES ORIENTATIONS

À METTRE EN ŒUVRE À COURT ET MOYEN TERME POUR LA RÉUSSITE DE L'EUROPE SPATIALE

2020-2030

Pour clore ce rapport nous vous présentons les premières propositions du groupe prospectif, issues de cet ensemble de travaux pour la réussite de l'Europe spatial

## 1

### RECHERCHE ET PROGRAMMES

- Fédérer la recherche entre institutions et privés et entre pays européens,
- Donner du sens avec des missions de démonstration bien ciblées pour prouver des cas d'usage concrets et précis,
- Réorienter les budgets vers les démonstrateurs et technologies clefs,
- Orienter la recherche vers des démonstrations de création de valeur : présence de gisements, démonstration d'utilisation des ressources locales

## 2

### DROIT SPATIAL

- Harmoniser au sein de l'Europe et ensuite avancer vers une coordination avec les autres acteurs mondiaux (publics et privés),
- Prôner un conseil de sécurité de l'espace dans lequel l'Europe aura sa place
- Intégrer les risques par leur évaluation et la pré-négociation des contrats types (assurance, droit d'apportage)

## 3

### INDUSTRIE

Développer les partenariats publics privés et le principe de fédération entre industriels et agences

## 5

### RÉUSSIR LA COOPÉRATION EUROPÉENNE AVEC LES ACTEURS DE LA RECONQUÊTE DE LA LUNE

## 6

### CRÉER UN PROTO RÉSEAU

## 4

### POLITIQUE

Développer un discours politique orienté vers les enjeux de l'espace et le bénéfice à long terme pour la Terre, obtenir des avancées dans la Space Policy



131

Réalisation Stéphanie Loyer    Crédit photo : AdobeStock - thenounproject