

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE**

Spécialité Biotechnologies

SESSION 2018

PHYSIQUE - CHIMIE

ÉPREUVE DU LUNDI 25 JUIN 2018

Durée de l'épreuve : 3 heures - Coefficient : 4

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

**Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.**

Le DOCUMENT RÉPONSE page 11/11 est à rendre impérativement avec la copie, même non complété.

*Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.
Toute réponse devra être justifiée.*

LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE (ISS)

La Station Spatiale Internationale est un formidable exemple de coopération internationale réunissant, entre autres, l'Europe, la Russie, les États-Unis, le Japon et le Canada.

L'étude qui vous est proposée sur l'ISS comporte trois parties qui peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

PARTIE A : Production d'énergie électrique à bord de l'ISS

Dans cette première partie, nous étudierons le rendement des panneaux photovoltaïques de l'ISS.

PARTIE B : Production de dioxygène à bord de l'ISS

Dans cette deuxième partie, nous verrons comment est produit à bord de l'ISS le dioxygène nécessaire à la respiration de ses occupants.

PARTIE C : Sorties extravéhiculaires

Dans cette dernière partie, nous verrons comment le dioxyde de carbone est éliminé des combinaisons lors des sorties extravéhiculaires puis nous travaillerons sur le voyage de retour de Thomas Pesquet à bord du module de descente du vaisseau Soyouz MS-03.

PARTIE A : Production d'énergie électrique à bord de l'ISS

La production d'électricité à bord de l'ISS est assurée par l'utilisation de 8 panneaux solaires doubles appelés SAW (Solar Array Wing). L'orientation par rapport au Soleil de ces panneaux est contrôlée en permanence de façon à optimiser la production d'énergie électrique. Sur le **DOCUMENT A1**, est représentée la production de chacun des panneaux SAW le 5 novembre 2017 à 21h45.

A.1. Autour du rendement d'un SAW

Chaque SAW comporte plusieurs milliers de cellules photovoltaïques et a un rendement moyen théorique η de conversion d'énergie lumineuse en énergie électrique de 14,5 %.

A.1.1. Compléter, sur le **DOCUMENT RÉPONSE 1**, à rendre avec la copie, la chaîne énergétique d'une cellule photovoltaïque.

A.1.2. En vous aidant des **DOCUMENTS A1 et A2**, répondre aux questions suivantes :

A.1.2.1. Montrer que la surface totale S d'un SAW vaut environ 389 m^2 .

A.1.2.2. Déterminer la puissance lumineuse théorique maximale P_{lmax} reçue par un panneau SAW.

A.1.2.3. En déduire la puissance électrique théorique maximale P_{emax} que pourrait générer un panneau SAW.

A.1.2.4. En réalité, la puissance électrique attendue pour chaque panneau par les ingénieurs est d'environ 31 kW. Déterminer la puissance électrique P_e attendue par les ingénieurs par les 8 SAW.

A.1.2.5. Déterminer la puissance électrique effective totale P_{tot} générée par l'ensemble des 8 panneaux SAW le 5 novembre 2017 à 21h45.

A.1.2.6. Montrer que les panneaux du SAW ne sont utilisés qu'à environ 24% de leur possibilité le 5 novembre 2017 à 21h45.

A.1.2.7. Proposer une explication.

A.1.2.8. Au cours de chacune de ses orbites autour de la Terre qu'elle effectue en 90 minutes, la station orbitale passe 36 minutes dans l'ombre de la Terre. Comment selon vous la station orbitale fait-elle pour subvenir à ses besoins en énergie électrique durant ces 36 minutes ?

A.2. Du vent dans les panneaux ?

A.2.1. Dans le référentiel géocentrique la station orbitale décrit un mouvement considéré comme circulaire de rayon $R_{station} = 6\,770 \text{ km}$. Calculer en km/h la vitesse v de la station orbitale.

A.2.2. Vu le résultat de la question précédente, justifier le fait que les panneaux ne soient pas attachés.

DOCUMENTS DE LA PARTIE A

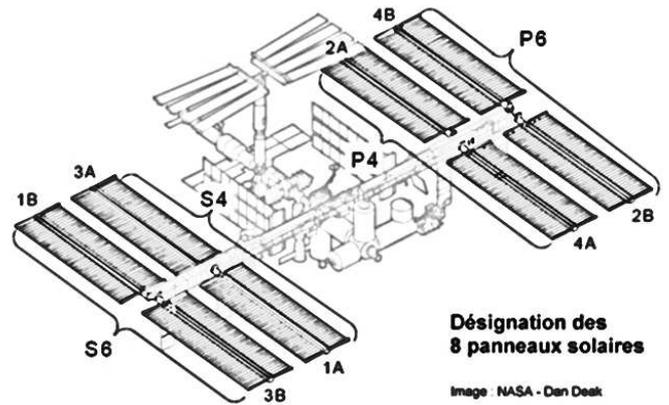
DOCUMENT A1 : Caractéristiques d'un SAW

Dimensions d'un SAW : 33,5 m × 11,6 m

Nombre de cellules photovoltaïques : 32 800

Type de semi-conducteur :
multi-jonction ; alliages de gallium

Eclairement incident : 1 500 W · m⁻²



Le 5 novembre 2017 à 21h45 :

| Identification du SAW | Intensité produite (A) | Tension aux bornes du SAW (V) | Puissance électrique fournie (W) |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1B | 57,26 | 151,81 | 8 693 |
| 3B | 42,79 | 151,96 | 6 502 |
| 3A | 42,64 | 152,07 | 6 484 |
| 1A | 31,77 | 151,96 | 4 828 |
| 2A | 55,43 | 151,71 | 8 409 |
| 4A | 59,07 | 151,81 | 8 967 |
| 4B | 55,77 | 151,81 | 8 466 |
| 2B | 49,49 | 151,66 | 7 506 |

D'après <https://isslive.com/>

DOCUMENT A2 : Éclairement reçu par une surface et rendement d'une panneau voltaïque

- On appelle puissance lumineuse $P_l = E \cdot S$
avec E : éclairement de la cellule photovoltaïque exprimé en W · m⁻²
et S : surface de la cellule photovoltaïque exprimée en m² ;
- Le rendement η d'un panneau photovoltaïque est le rapport de la puissance électrique produite sur la puissance lumineuse reçue.

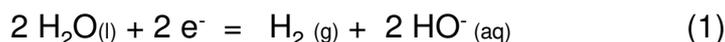
PARTIE B : Production de dioxygène au sein de l'ISS

Afin de couvrir les besoins en dioxygène des six membres d'équipage de l'ISS, un nouveau système a été installé en 2007 dans la station : l'OGS (Oxygen Generator System). Le principe de l'OGS repose sur l'électrolyse de l'eau en milieu basique.

B.1. Mise en équation

La production du dioxygène est assurée par une réaction d'oxydo-réduction en milieu basique.

À l'une des électrodes, la demi-équation (1) s'écrit :



À l'autre électrode, la demi-équation (2) s'écrit :



B.1.1. Nommer le couple d'oxydo-réduction relatif à la demi-équation (1).

B.1.2. L'électrode où se forme le dihydrogène H_2 est-elle l'anode ou la cathode ? Justifier.

B.1.3. À partir des demi-équations (1) et (2), établir l'équation globale de fonctionnement de l'électrolyseur.

B.1.4. Le dihydrogène formé se combine avec du dioxyde de carbone. A l'aide du **DOCUMENT B1**, écrire l'équation de la réaction se produisant dans le réacteur de Sabatier.

B.1.5. Donner deux intérêts qui selon vous justifient l'usage du réacteur de Sabatier.

B.2. Étude quantitative

Données :

- relation liant la température absolue T en kelvins (K) et la température θ en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$) : $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$;
- température θ à l'intérieur de l'ISS : $\theta = 25^{\circ}\text{C}$;
- pression P à l'intérieur de l'ISS : $P = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- quantité d'électricité Q disponible exprimée en Coulomb (C) :

$$Q = n_{\text{e}^-} \cdot F = I \cdot \Delta t$$

n_{e^-} : quantité maximale d'électrons circulant exprimée en moles (mol)

F : constante de Faraday ; $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$;

I : intensité électrique ;

Δt : durée considérée.

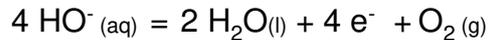
- masses molaires atomiques :

$$M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ; \quad M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} .$$

B.2.1. À l'aide du **DOCUMENT B1**, calculer la quantité d'électricité Q nécessaire au fonctionnement d'une cellule de l'OGS au cours d'une journée.

B.2.2. En déduire la quantité d'électrons n_{e^-} (exprimée en mol) échangée au cours d'une journée par une cellule électrolytique.

B.2.3. À l'aide de la demi-équation :



Vérifier que la quantité de matière de dioxygène produite $n(\text{O}_2)$ par une cellule électrolytique pendant une journée est environ $n(\text{O}_2) = 11 \text{ mol}$.

B.2.4. L'équipage de l'ISS consomme 0,91 kg de dioxygène par personne et par jour. Déterminer le nombre minimal de cellules électrolytiques nécessaires pour subvenir aux besoins en dioxygène de l'équipage.

B.2.5. À la température θ de 25 °C et sous une pression P de 1,0 bar, le dioxygène se trouve à l'état gazeux.

B.2.5.1. Connaissant la pression P d'un gaz et sa quantité de matière n à une température absolue T donnée, il est possible de calculer le volume V occupé par ce gaz grâce à la loi des gaz parfaits : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

avec : P : pression du gaz exprimée en Pa

V : volume occupé par le gaz en m^3

n : quantité de matière du gaz en mol

R : constante des gaz parfaits ; $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

T : température absolue du gaz en K

Calculer à la température de 25 °C, le volume de dioxygène $V(\text{O}_2)$ produit par une cellule de l'OGS en un jour.

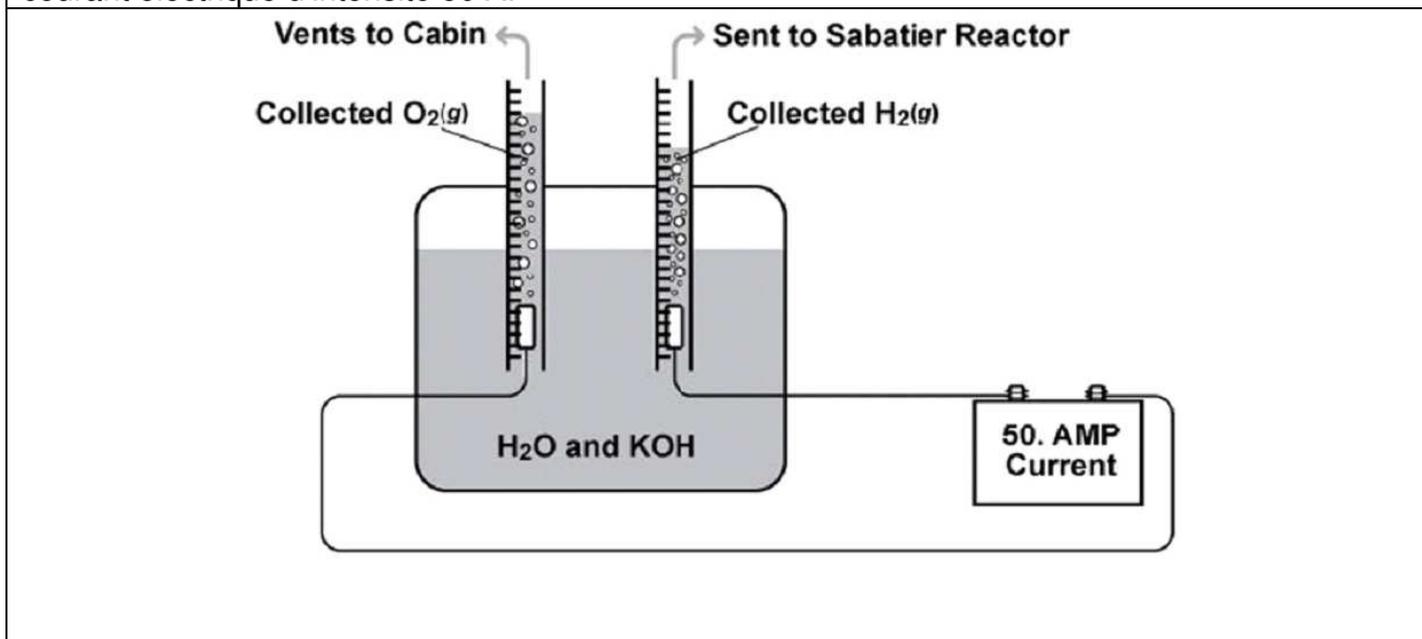
B.2.5.2. À partir du **DOCUMENT B2**, calculer le volume de dioxygène $V(\text{O}_2)_{\text{mission}}$ produit par une cellule de l'OGS au cours de la mission de Thomas Pesquet.

DOCUMENTS DE LA PARTIE B

DOCUMENT B1 : Fonctionnement de l'OGS

L'OGS collecte l'eau recyclée de la station et la décompose en dioxygène O_2 et en dihydrogène H_2 sous l'action d'un courant électrique (voir schéma). Le dioxygène est libéré dans l'atmosphère de la station tandis que le dihydrogène est acheminé vers un réacteur appelé réacteur de Sabatier où il se combine avec du dioxyde de carbone CO_2 pour former de l'eau et du méthane CH_4 .

L'OGS est composé de plusieurs cellules électrolytiques. Chaque cellule est traversée par un courant électrique d'intensité 50 A.



D'après la NASA

DOCUMENT B2 : Séjour de Thomas Pesquet à bord de l'ISS

Le 20 novembre 2016, le spationaute de l'ESA (Agence Spatiale Européenne), Thomas Pesquet, a rejoint l'ISS et ses occupants, à 400 km d'altitude au terme d'un vol de deux jours à bord du vaisseau Soyouz MS-03.

Les six membres d'équipage ont assuré la maintenance de la Station et réalisé de nombreuses expériences scientifiques que seule l'impesanteur de ce laboratoire spatial unique permet.

La mission Proxima de Thomas tire son nom de l'étoile la plus proche du Soleil, comme les missions précédentes de spationautes français, qui reçoivent des noms d'étoiles et de constellations. Cette mission a duré 196 jours (6 mois), ce qui est le record pour un spationaute français.

D'après l'ESA

PARTIE C : Sorties de l'ISS

Plus gros objet artificiel en orbite terrestre, l'ISS a été construite progressivement au cours de nombreuses sorties extravéhiculaires des différents astronautes. Pour survivre et travailler dans l'espace, un astronaute doit revêtir une combinaison spatiale très spécifique : l'EMU (Extravehicular Mobility Unit).

C.1. Élimination du dioxyde de carbone lors des sorties extravéhiculaires

La dernière version des EMU offre une autonomie de 9 h en dioxygène. Elle est équipée d'un système de survie très perfectionné dont une partie a pour but d'évacuer le dioxyde de carbone expiré par l'astronaute.

C.1.1. Le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau expirés par l'astronaute, proviennent de la combustion du glucose dans le dioxygène. Ecrire et équilibrer l'équation de combustion complète du glucose de formule chimique $C_6H_{12}O_6$.

C.1.2. Dans l'EMU, le dioxyde de carbone, gaz à caractère acide, est acheminé vers des cartouches d'hydroxyde de lithium où il réagit afin de former du carbonate de lithium et de l'eau.

C.1.2.1. À l'aide du **DOCUMENT C1**, donner la signification du pictogramme associé à l'hydroxyde de lithium.

C.1.2.2. Donner la conduite à tenir en cas de contact accidentel avec l'hydroxyde de lithium dans un laboratoire.

C.2. Retour sur Terre

Donnée :

- Intensité de pesanteur terrestre : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Les astronautes passent en moyenne 6 mois à bord de l'ISS. Ainsi, le 2 juin 2017 à 16h09, Thomas Pesquet a touché à nouveau le sol terrestre après un vol de retour de près de 4 heures à bord du vaisseau Soyouz MS-03.

À l'aide des **DOCUMENTS C2 et C3**, répondre aux questions suivantes :

C.2.1. Montrer que l'énergie cinétique E_c du module de descente varie de - 44 kJ entre les points A et B.

C.2.2. Exprimer puis calculer le travail $W_{AB}(\vec{P})$ du poids.

C.2.3. Ce travail $W_{AB}(\vec{P})$ est-il moteur ou résistant ? Justifier.

C.2.4. Déterminer le travail $W_{AB}(\vec{f})$ de la force de frottement entre les points A et B.

C.2.5. En supposant la force de freinage \vec{f} constante entre A et B, déduire l'intensité f de cette force de freinage.

DOCUMENTS DE LA PARTIE C

DOCUMENT C1 : Quelques données sur l'hydroxyde de lithium

Formule chimique : LiOH , H_2O ; solide cristallin blanc monohydraté

Masse molaire moléculaire : $42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse volumique : $1,51 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ à $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Pictogramme de sécurité :



D'après la CNESST (commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail)

DOCUMENT C2 : Les étapes du retour sur Terre

Vendredi 2 juin, ce sera le moment émouvant des adieux, le vaisseau Soyouz va se détacher de l'ISS avec Thomas Pesquet et Oleg Novitskiy à son bord. C'est l'étape du désarrimage.

Puis, c'est la désorbitation : la vitesse du vaisseau diminue, sa trajectoire est modifiée pour enclencher la séquence de la rentrée dans l'atmosphère.

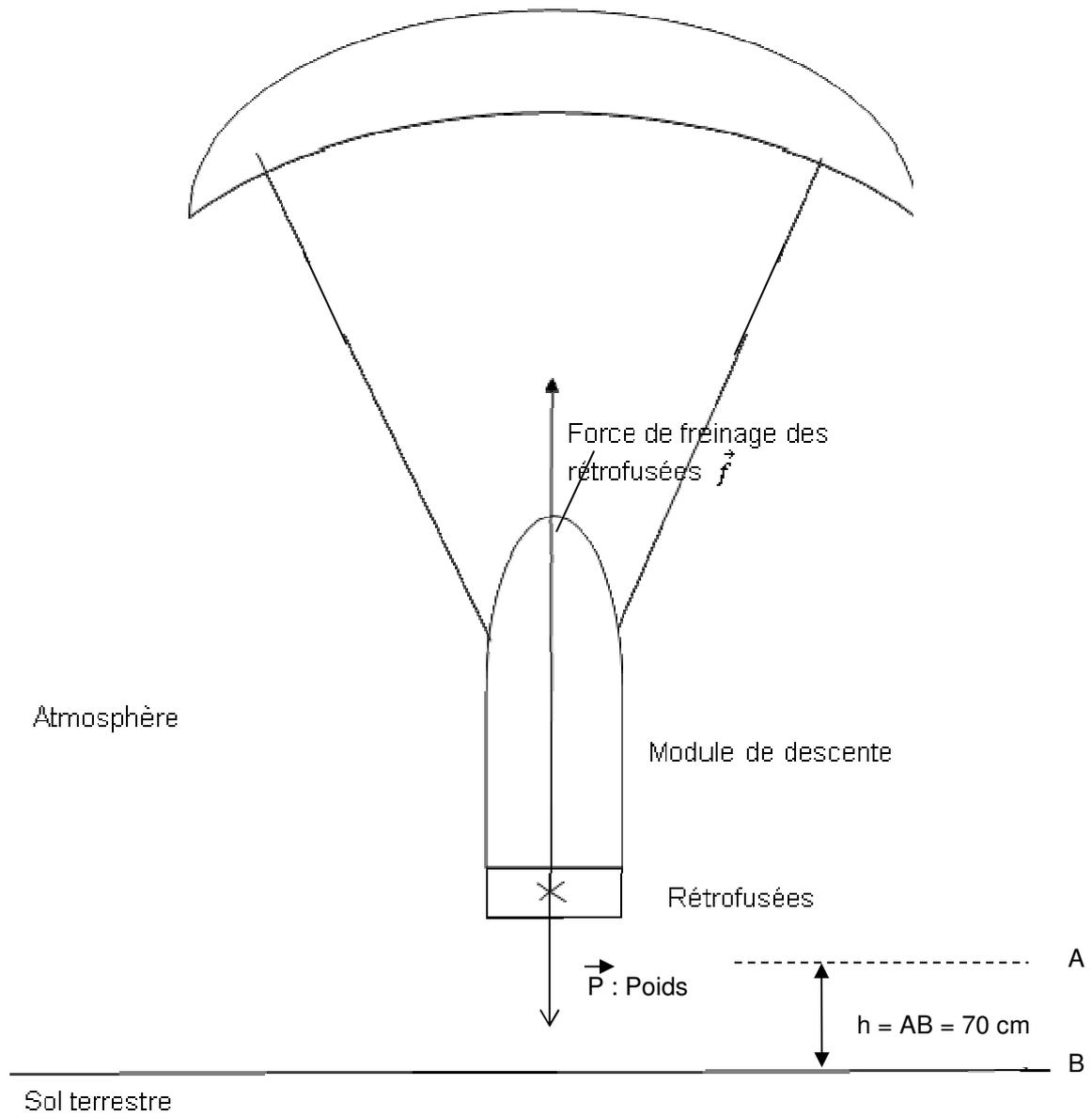
À 140 km d'altitude, le vaisseau Soyouz se séparera en trois parties. Seul le module de descente dans lequel sont installés les deux cosmonautes, est équipé d'un bouclier thermique. Ce bouclier est conçu pour résister à l'entrée dans l'atmosphère où les frottements freinent le module mais le chauffent également à des températures très élevées, proches de $2\ 000 \text{ }^\circ\text{C}$.

À 8,5 km du sol, le vaisseau est encore à une vitesse de $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ lorsque les parachutes se déploient. À 5,5 km d'altitude, le bouclier thermique, les hublots extérieurs et les réservoirs sont largués pour éviter tout risque d'explosion au moment de l'impact. Le module de descente a alors une masse de 2 500 kg.

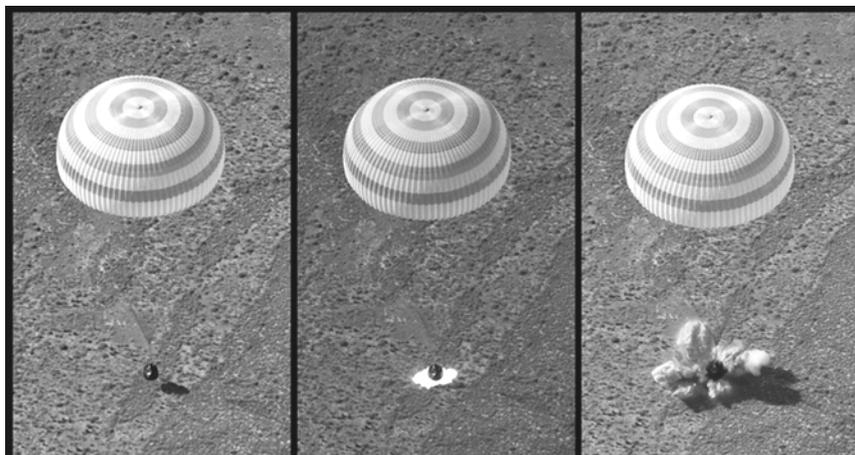
À 70 cm du sol, c'est au tour des six rétrofusées de s'allumer pour réduire au maximum la vitesse du module de descente qui passe alors de 22 à $5,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (vitesse lors de l'impact au sol).

D'après Sciences et Avenir

DOCUMENT C3 : Actions sur le module de descente



Photos du retour sur Terre :



**DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE,
MÊME NON COMPLÉTÉ**

DR1 : Chaîne énergétique d'une cellule photovoltaïque

