



CREATING
A CIRCULAR
FUTURE

Les vols vers Mars, un exemple d'économie circulaire



Christophe LASSEUR
Juin 2021

LA PORTE D'ACCÈS DE L'EUROPE À L'ESPACE

QUI

22 États membres, 5 000 collaborateurs

POURQUOI

Exploration et utilisation de l'espace à des fins strictement pacifiques

OÙ

Siège à Paris, 7 sites en Europe et un port spatial en Guyane française

COMBIEN

5,72 milliards d'euros
= 12 euros par Européen par an



QUE FAIT L'ESA ?



TOUT CECI EST POSSIBLE GRÂCE À LA COLLABORATION DES ÉTATS MEMBRES

L'ESA intervient dans **tous les domaines du secteur spatial**

Leader mondial de la science et de la technologie

Plus de 80 satellites développés, testés et exploités depuis 1975

Plus de 220 lancements depuis le Port spatial de l'Europe de Kourou

QUI EN BÉNÉFICIE ?

VOUS



NOTRE
ÉCONOMIE



NOTRE PLANÈTE



NOTRE FUTUR

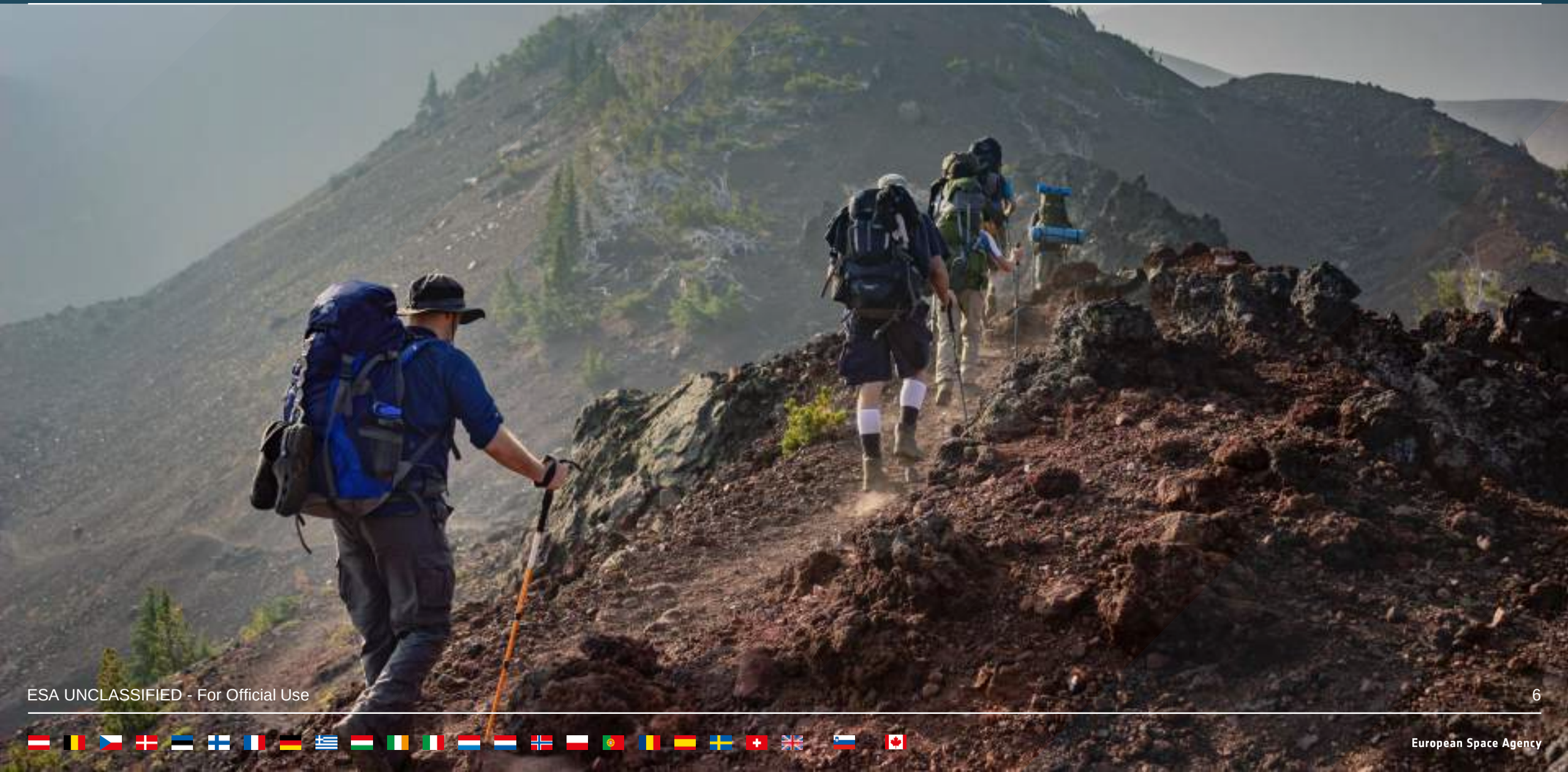


L'ESTEC (Noordwijk, Pays-Bas) est l'incubateur de l'effort spatial européen,
où naissent la plupart des projets de l'ESA et où se déroulent les différentes phases de leur développement.



◀ ESTEC

LES EXPLORATEURS ET LEUR DÉFI



ESA Astronautes

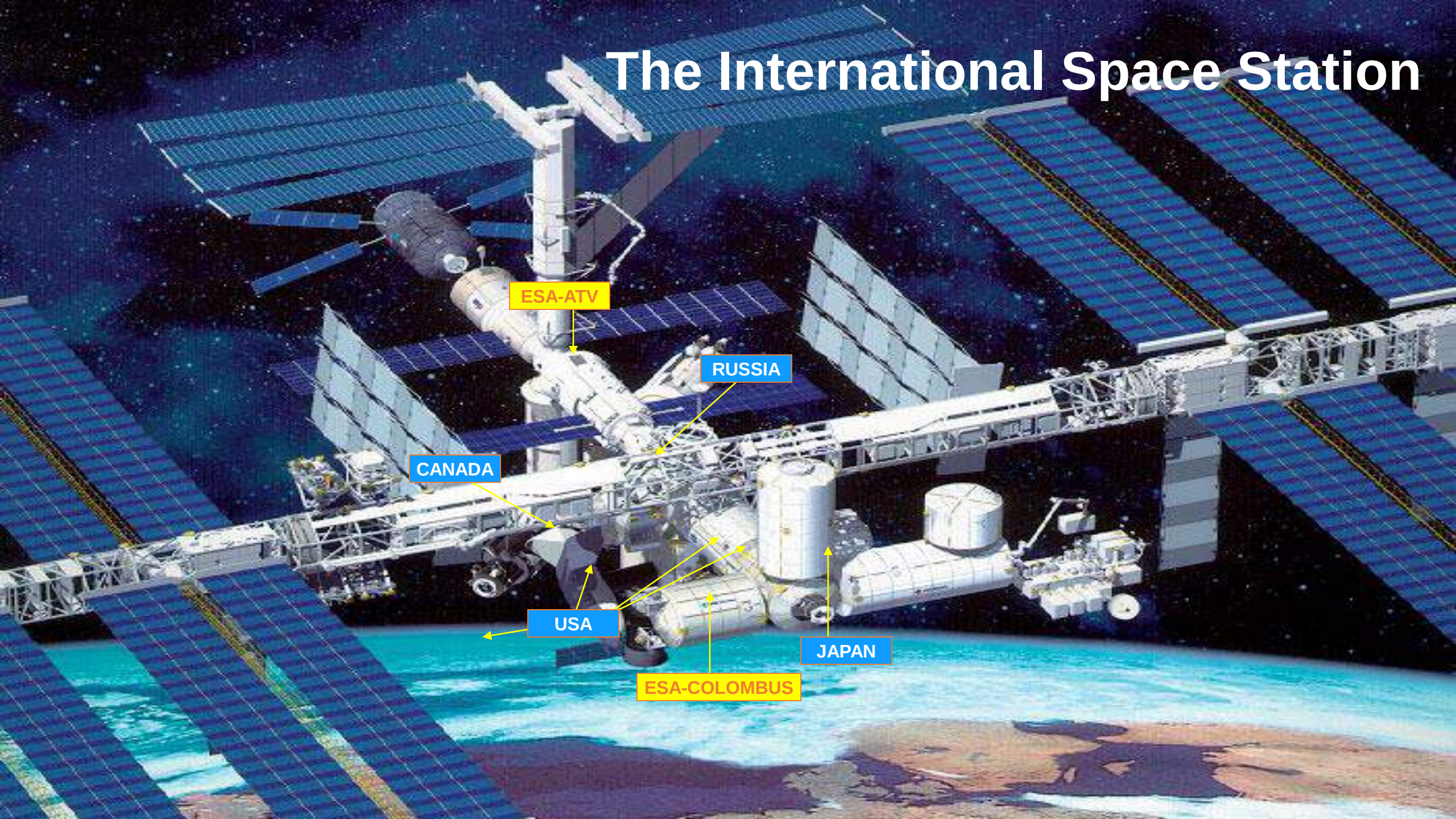




Thomas PESQUET



The International Space Station

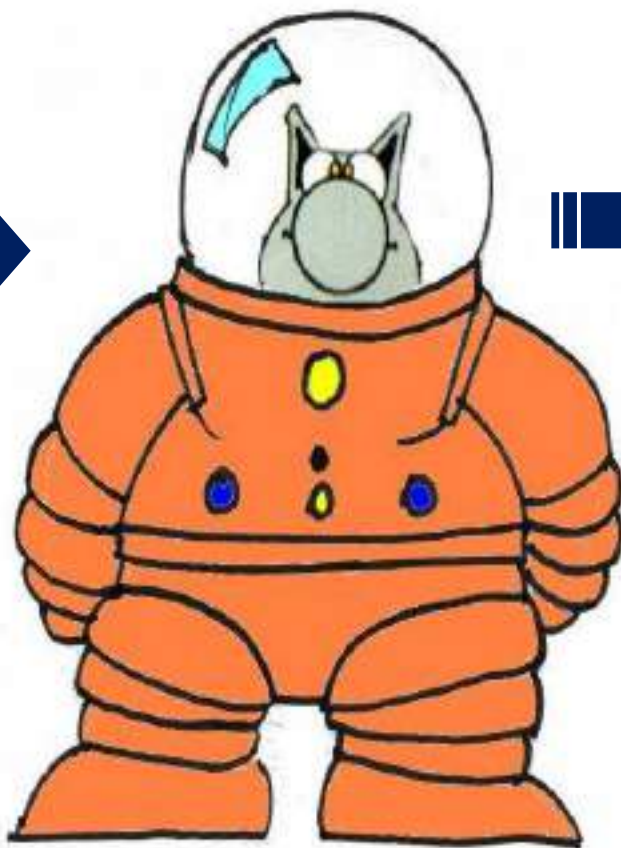




Le Pourquoi

Inputs:

O₂
Water
Food



Outputs:

Urine
Feaces
CO₂
Transpiration
Contaminants
(Microbial
Chemical)



Un simple Calcul

- Consommables métaboliques:
 - For 5kg/d/pers, 6 crew members, 1000 days missions (Mars)

—————→ **~30 000 kg,**

- Avec en plus un peu d'hygiène:
 - Same mission configuration (+20kg/water/d)

—————→ **~132 000 Kg,**

Nos lanceurs ne permettent de déposer que 9 tonnes sur la Lune



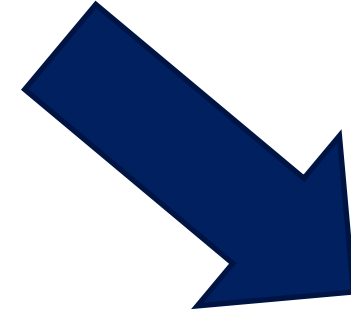
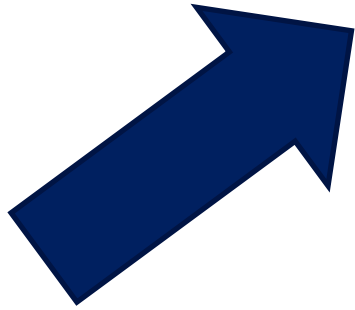
Risques ?

- **Surface Densité :**
15000 hab/km² >>
Singapore (7000)
- **Volume Densité :**
80400 hab/km³ >>>
Singapore (2800)



Aujourd'hui

~400 Km



Demain



Economie circulaire



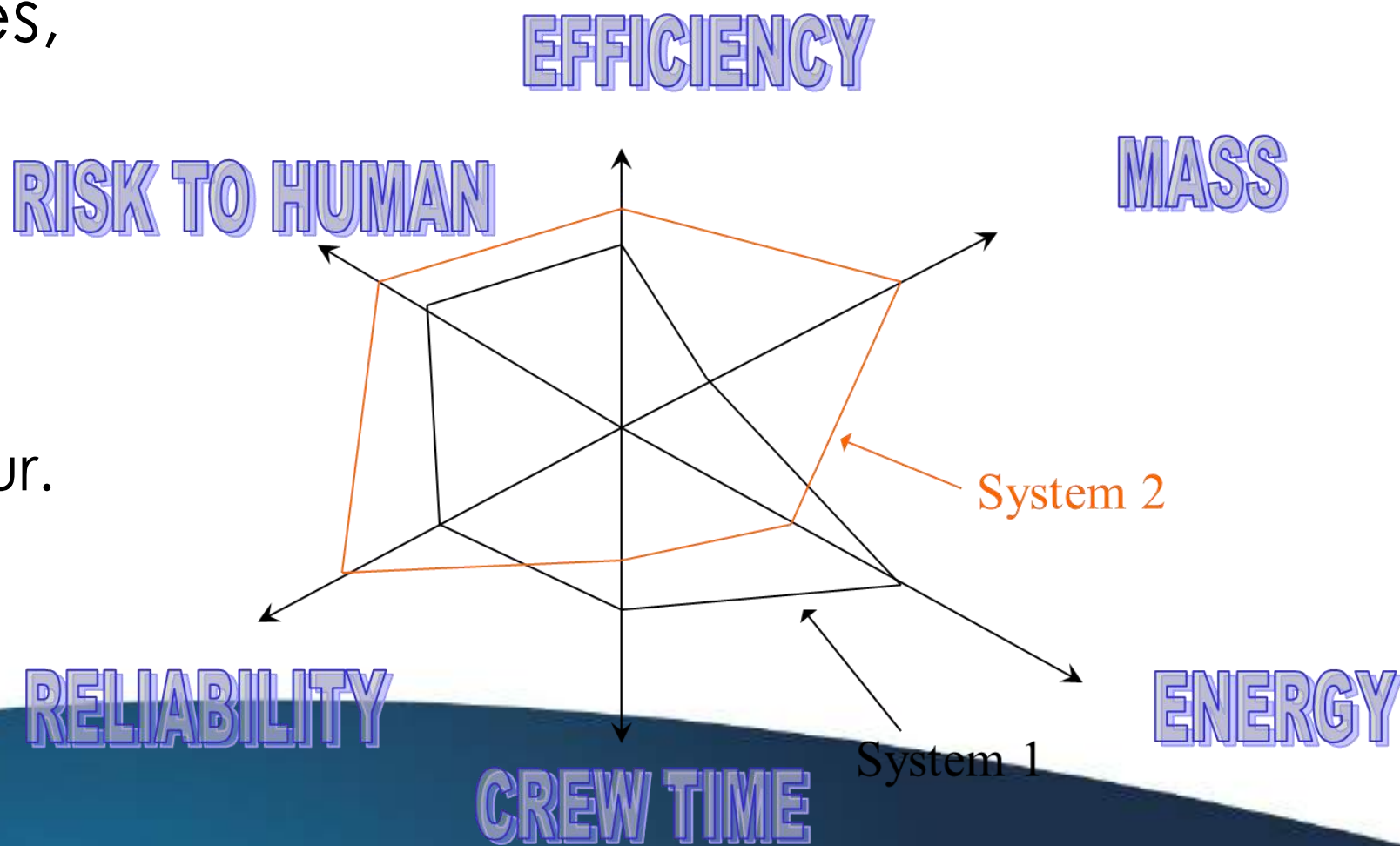
Le Challenge

Comment assembler des technologies et procédés pour une autonomie et une sécurité maximales ?

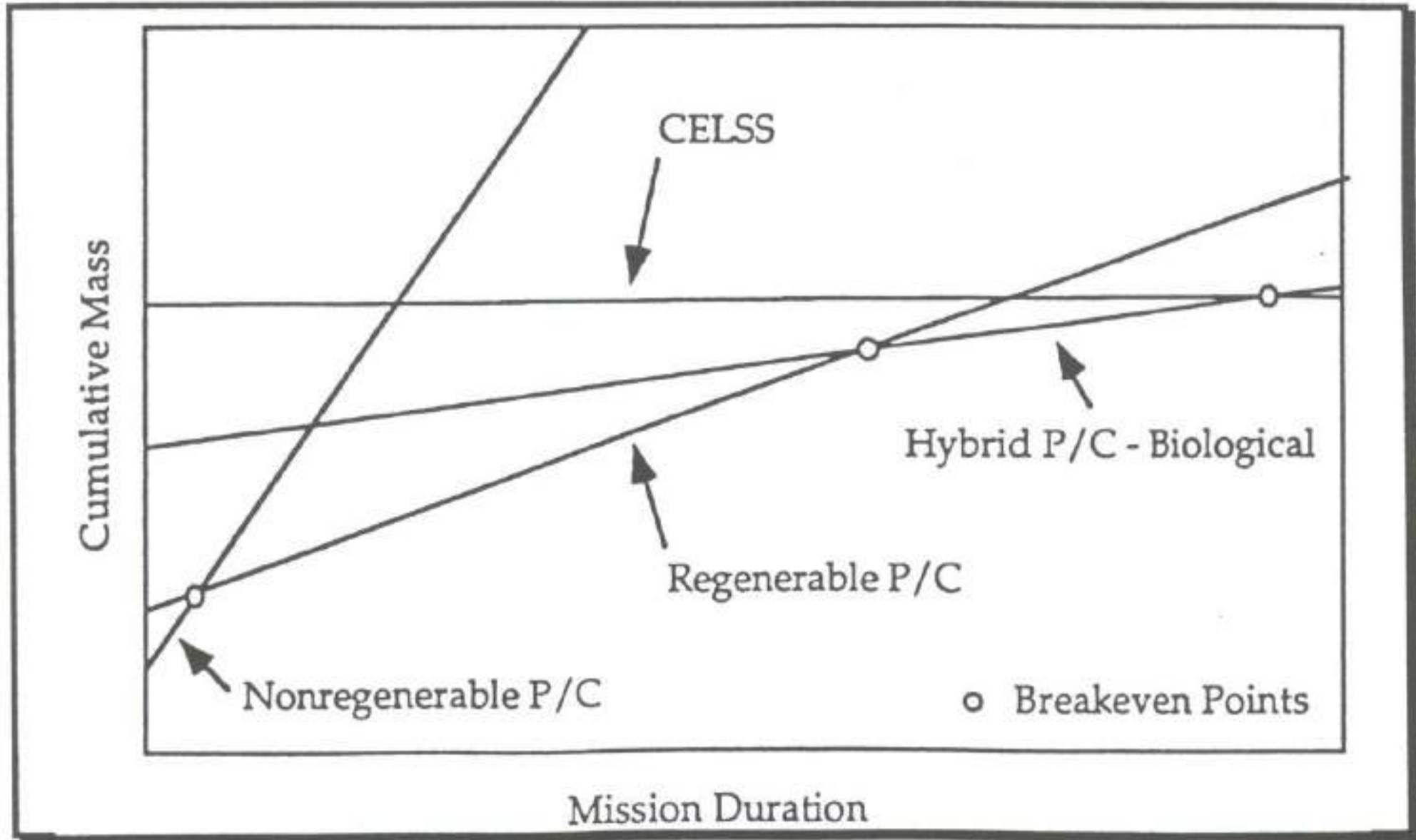


ALiSSE Criteria

- Metric pour évaluer et comparer les systèmes:
 - Multi-paramètres,
 - Efficacité,
 - Masse,
 - Energie,
 - Sécurité,
 - Temps opérateur.



La durée de la mission justifie les choix





Coût

- **1Kg vers International Space Station
~30 000 euros**
- **1kg sur la Lune ~ 1M euros**
- **1mn astronaute ~ 1500 euros**



La nourriture

- Pas d'autonomie sans nourriture
- Pas de nourriture sans Biologie



Le Projet



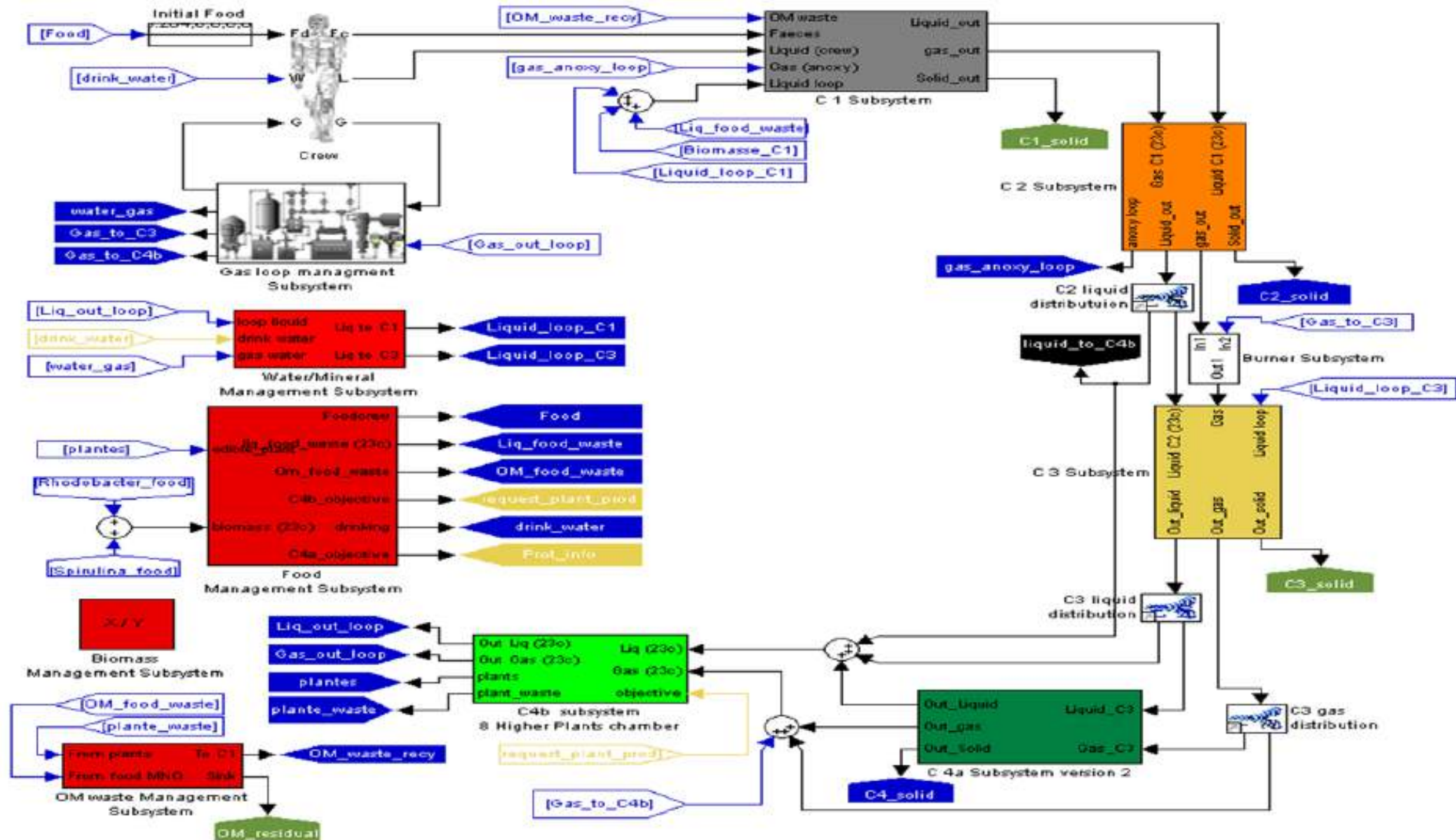
- Initié en 1987
- ~50 organisations,
- 12 Pays.



MELiSSA TEAM

Des thésards.....







Les challenges techniques

- Efficacité de tous les sous-systèmes
- Compatibilité statique et dynamique
- Modélisation mécanistique de tous les procédés y compris ceux de nature biologique
- Inclure tous les éléments traces
- Détecter toutes dérives
- Sécurité,
- Accepté par l'équipage
-



Les challenges de management

- Financer un projet sur 50 ans, et sans client déclaré
- Identifier et convaincre des clients, probablement terrestres,
- Financer la R&D via des collaborations,
- Gérer une équipe multidisciplinaire, multinationale, dans une Europe en construction,
- Gérer la connaissance acquise

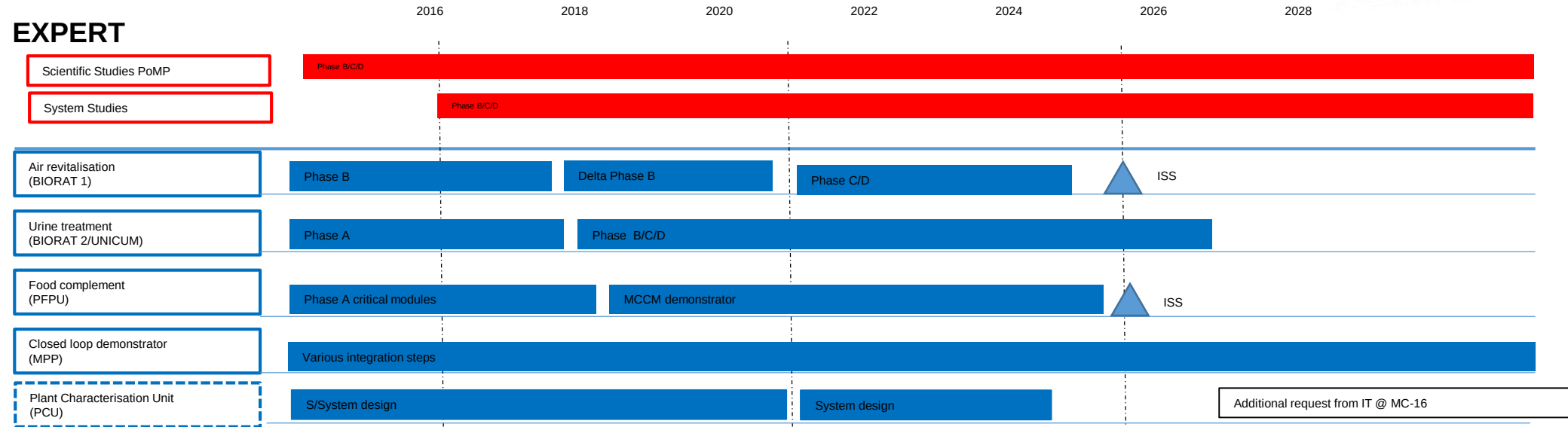
Notre Route-Map



2016/2020



EXPERT



ISS Demonstrators for CIS Lunar

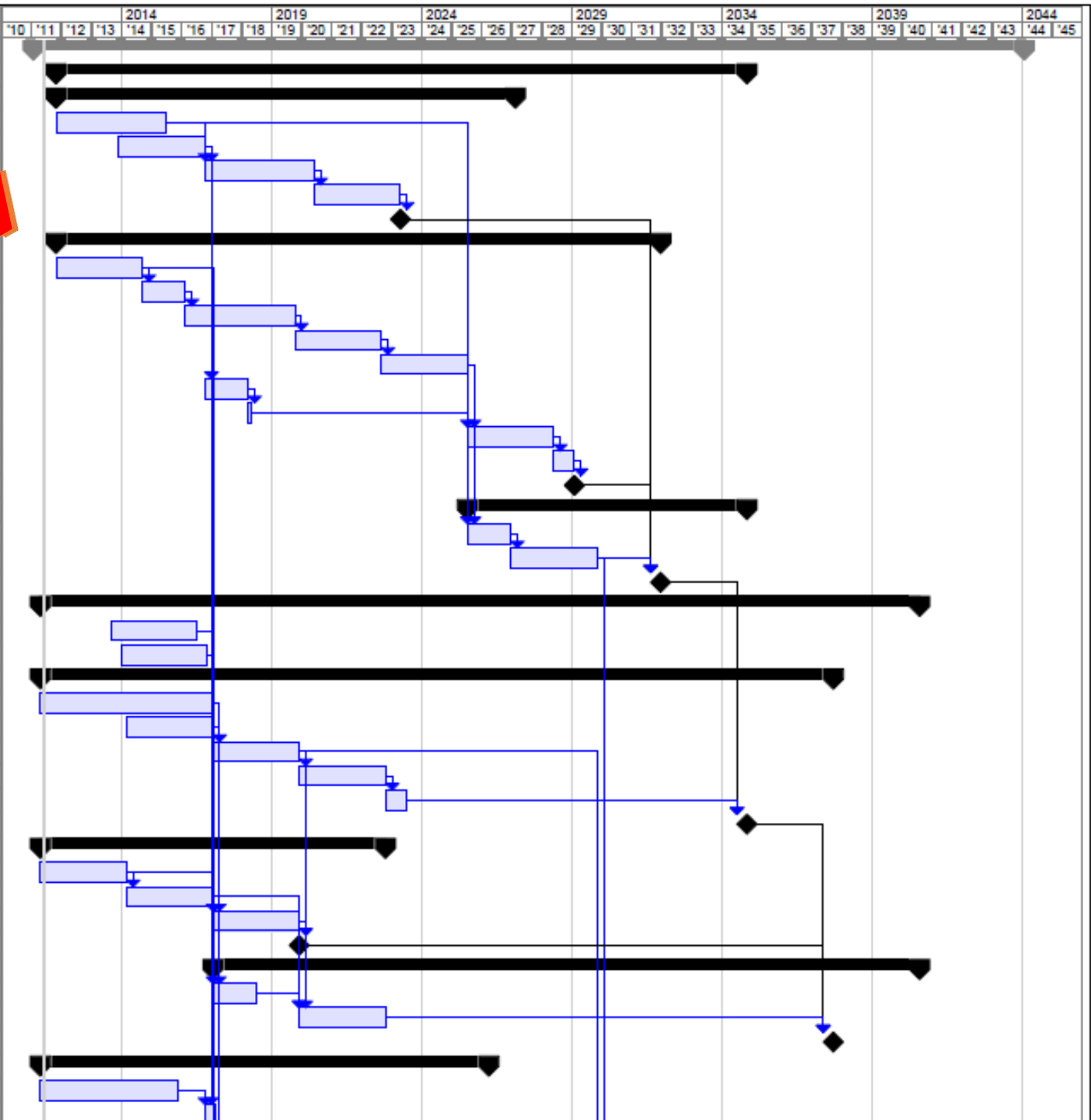
Critical Subsystem demonstrators



Cis-Lunar mission

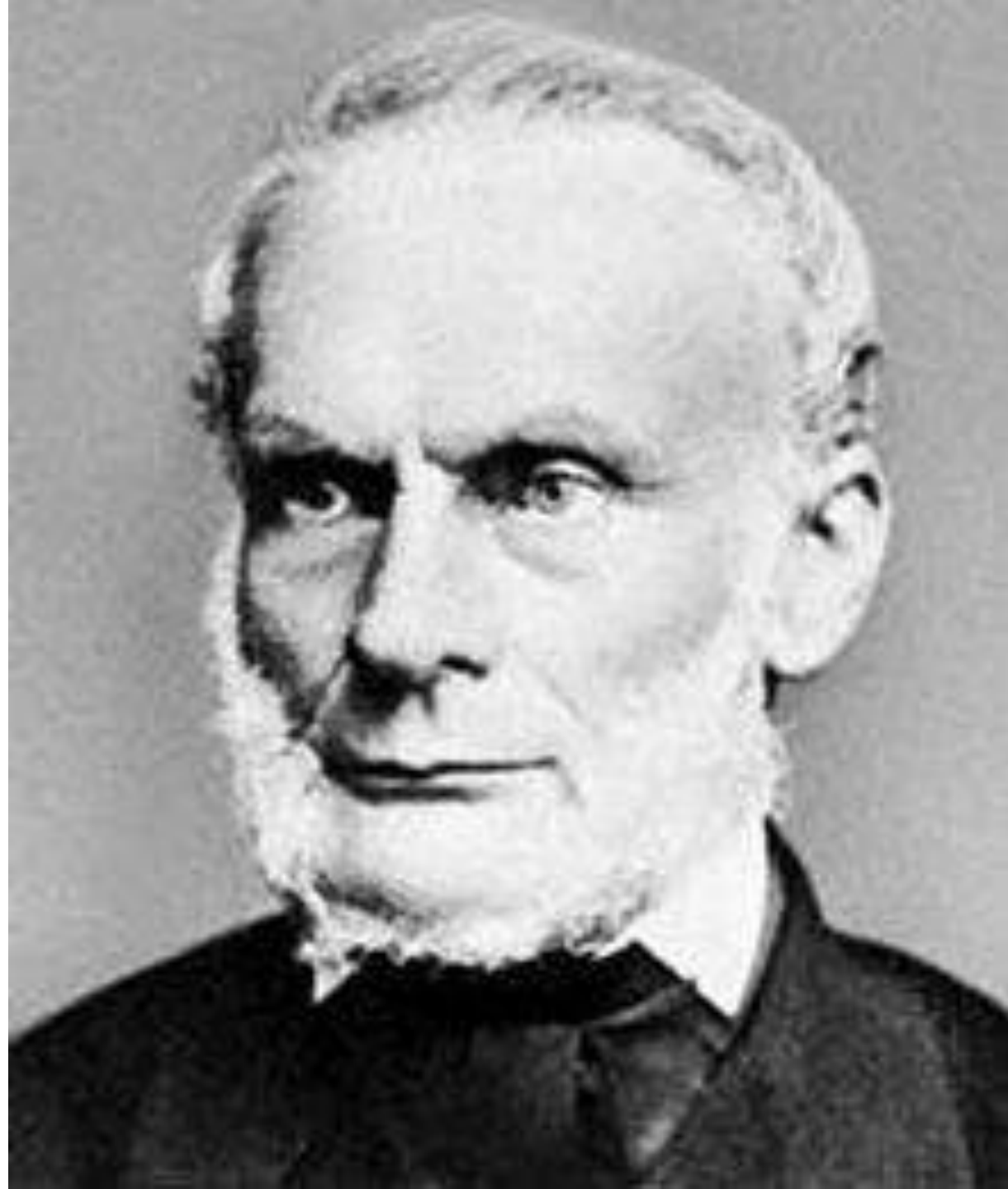


ID	Task Name	Duration	Start	Finish
0	Life support technology development	#####	Mon 31/01/11	Mon 01/02/44
1	water loop	#####	Tue 01/11/11	Mon 06/11/34
2	Grey water Treatment unit	#####	Tue 01/11/11	Fri 19/02/27
3	Grey Water TU Ground Hardware	950 days	Tue 01/11/11	Mon 22/06/15
4	Demonstration of Membrane Behaviour In micro-G	750 days	Mon 02/12/13	Fri 14/10/16
5	GWTU Flight hardware design	950 days	Mon 17/10/16	Fri 05/06/20
6	GWTU flight demonstrator (payload)	750 days	Mon 08/06/20	Fri 21/01/2
7	preparation GWTU Flight demonstrator (system)	1000 days	Mon 24/04/23	Fri 09/01/27
8	Urine Treatment Unit	#####	Tue 01/11/11	Mon 22/02/21
9	MELISSA C3 Characterisation modelling and Control	750 days	Tue 01/11/11	Mon 15/09/14
10	MELISSA C3 Ground prototype demonstration in MPP	375 days	Tue 15/05/13	Mon 22/02/16
11	UTU Microbial Consortium validation	950 days	Tue 01/11/11	Mon 14/10/19
12	UTU Characterisation	750 days	Tue 15/10/19	Mon 29/08/22
13	UTU Ground Breadboard	750 days	Tue 30/08/22	Mon 14/07/25
14	Design of a Gas/Liquid transfer for micro-g	750 days	Mon 17/10/16	Fri 23/03/18
15	test of Gas/Liquid transfer in micro-g	30 days?	Mon 26/03/18	Fri 04/05/18
16	UTU Flight hardware Design	750 days	Tue 15/07/25	Mon 29/05/28
17	UTU Flight demonstrator (payload)	180 days	Tue 30/05/28	Mon 05/02/29
18	preparation UTU flight demonstrator (system)	750 days	Tue 06/02/29	Mon 22/12/31
19	water assembly	#####	Tue 15/07/25	Mon 06/11/34
20	UTU GW connection demonstration	375 days	Tue 15/07/25	Mon 21/12/26
21	UTU GW Ground Breadboard	750 days	Tue 22/12/26	Mon 05/11/29
22	preparation UTU-GWTU Flight demonstrator (system)	750 days	Tue 23/12/31	Mon 06/11/34
23	Waste management	#####	Mon 25/04/11	Mon 06/08/40
24	Waste compacton	750 days	Mon 02/09/13	Fri 15/07/16
25	Inertization	750 days	Wed 01/01/14	Tue 15/11/16
26	Black Water Treatment Unit	#####	Mon 25/04/11	Mon 21/09/37
27	MELISSA C1 Characterisation	1500 days	Mon 25/04/11	Fri 20/01/17
28	BWTU ground prototype	750 days	Mon 10/03/14	Fri 20/01/17
29	BWTU Ground Breadboard	750 days	Mon 23/01/17	Fri 06/12/19
30	BWTU Flight hardware Design	750 days	Mon 09/12/19	Fri 21/10/22
31	BWTU Flight demonstrator (payload)	180 days	Mon 24/10/22	Fri 30/06/23
32	preparation BWTU flight demonstrator (system)	750 days	Tue 07/11/34	Mon 21/09/37
33	Waste Collector	150 mons	Mon 25/04/11	Fri 21/10/22
34	Waste Collector prototype	750 days	Mon 25/04/11	Fri 07/03/14
35	WC Ground breadbord	750 days	Mon 10/03/14	Fri 20/01/17
36	WC Flight demonstrator (payload)	750 days	Mon 23/01/17	Fri 06/12/19
37	preparation WC Flight demonstrator (system)	750 days	Mon 09/12/19	Fri 21/10/22
38	Waste management assembly	#####	Mon 23/01/17	Mon 06/08/40
39	WC-BWTU connection demonstration	375 days	Mon 23/01/17	Fri 29/06/18
40	WC-BWTU ground breadboard	750 days	Mon 09/12/19	Fri 21/10/22
41	preparation WC-BWTU flight demonstrator	750 days	Tue 22/09/37	Mon 06/08/40
42	Air revitalisation	195 mons	Mon 25/04/11	Fri 03/04/26
43	Photo-bioreactor new generation (characterisation and control)	1200 days	Mon 25/04/11	Fri 27/11/15
44	Photo-bioreactor demonstrator (payload)	90 days	Mon 17/10/16	Fri 17/02/17



Pas à Pas

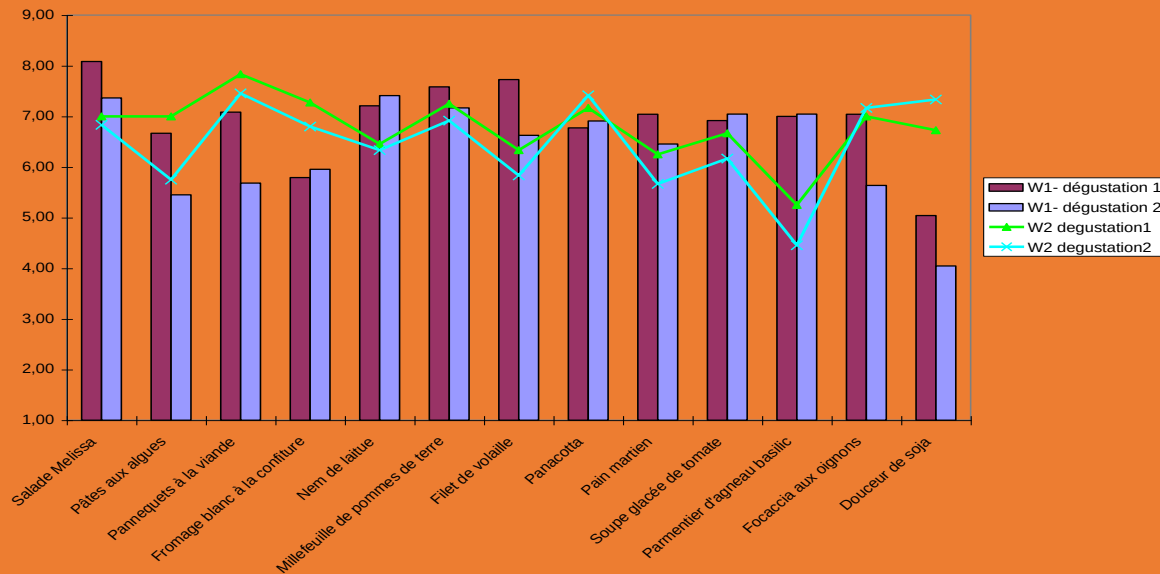






Les Bedrest's

- ✓ 24 subjects (women).
- ✓ 3 groups: Controls - **Exercise** - **Nutrition**.
- ✓ Duration: 106 days for each successive period

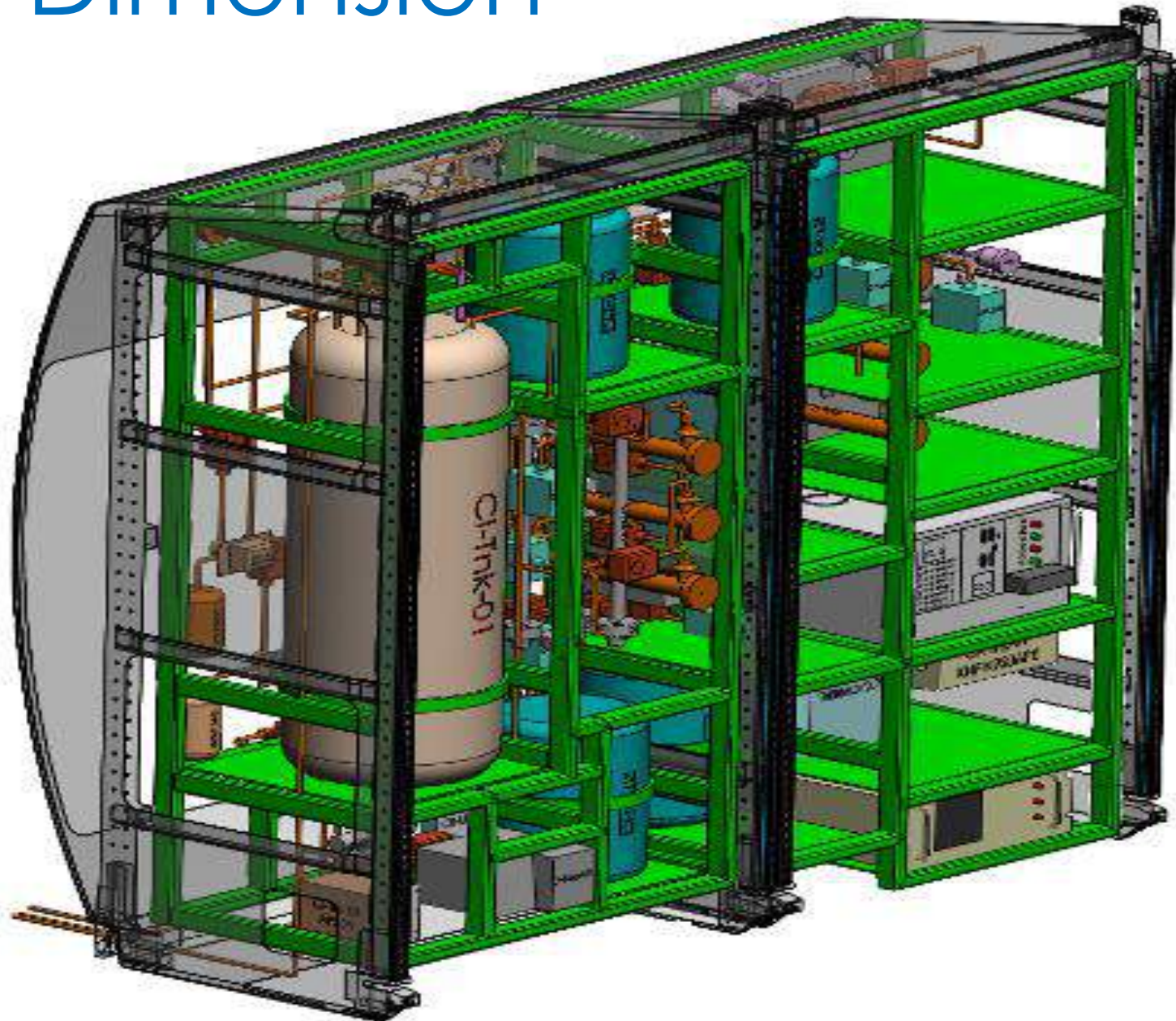




DE LA PAILLASSE AU HARDWARE DE VOL.



Dimension







IN COOPERATION WITH



Démonstrateur sur Terre



L' 'équipe





CONFINÉ = PLUS DE RISQUES !!



Les Micro-organismes

Particle emission is a continuous event



100 000



5 000 000



30 000 000

Number of Particles ($> 0.5 \mu\text{m}$ in diameter) emitted per minute

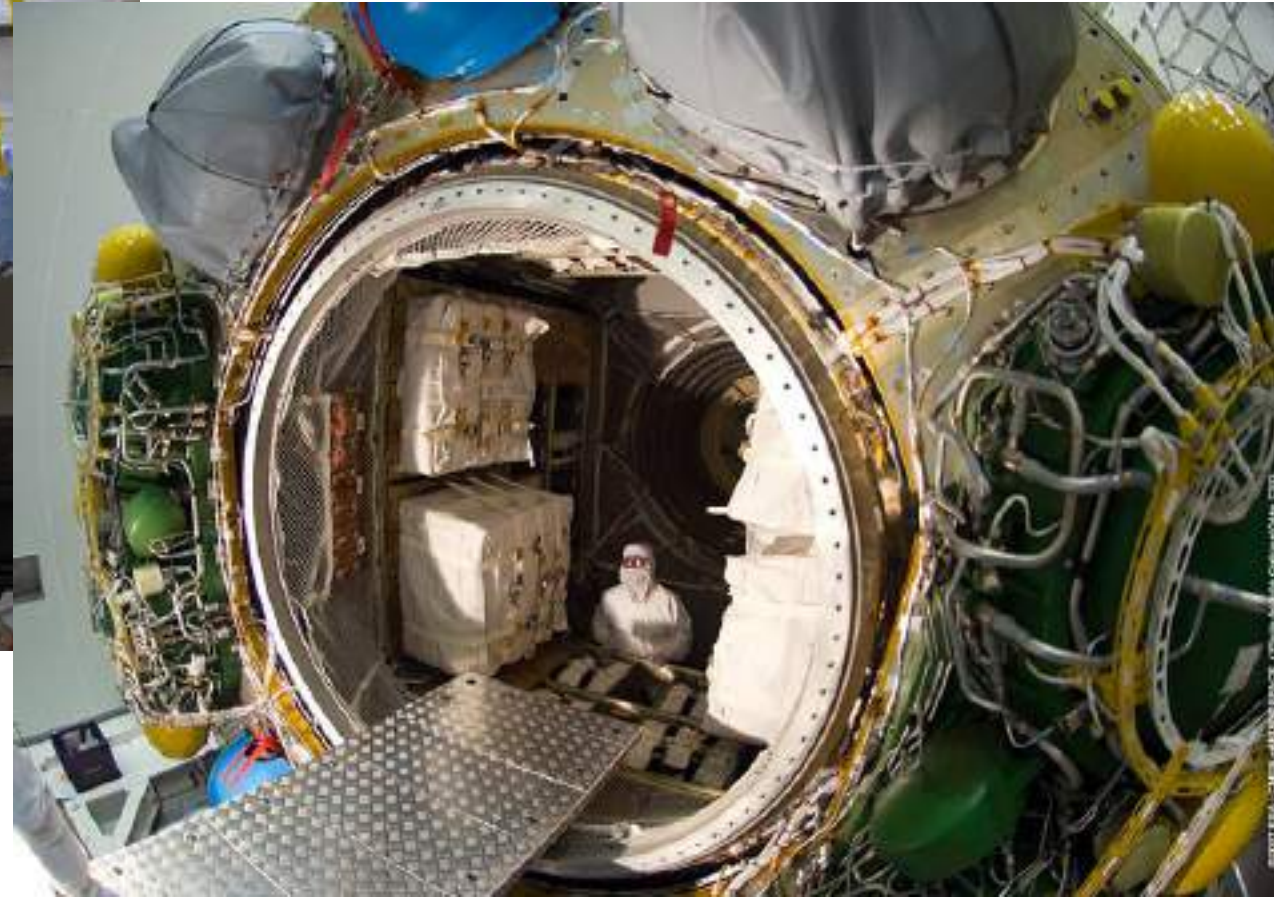
Problèmes de Contamination



Fungal growth on a communication module on-board the Russian MIR station



Fungi on the ISS, growing on a panel where exercise clothes were hung to dry



Faites des Etudes !







RETOUR SUR TERRE



ACTUELLEMENT

- 6 Spin-off companies
- 1 Fondation
- Plusieurs accords de collaboration
- Bonne couverture médiatique
- Bonne image, parfois trop bonne...





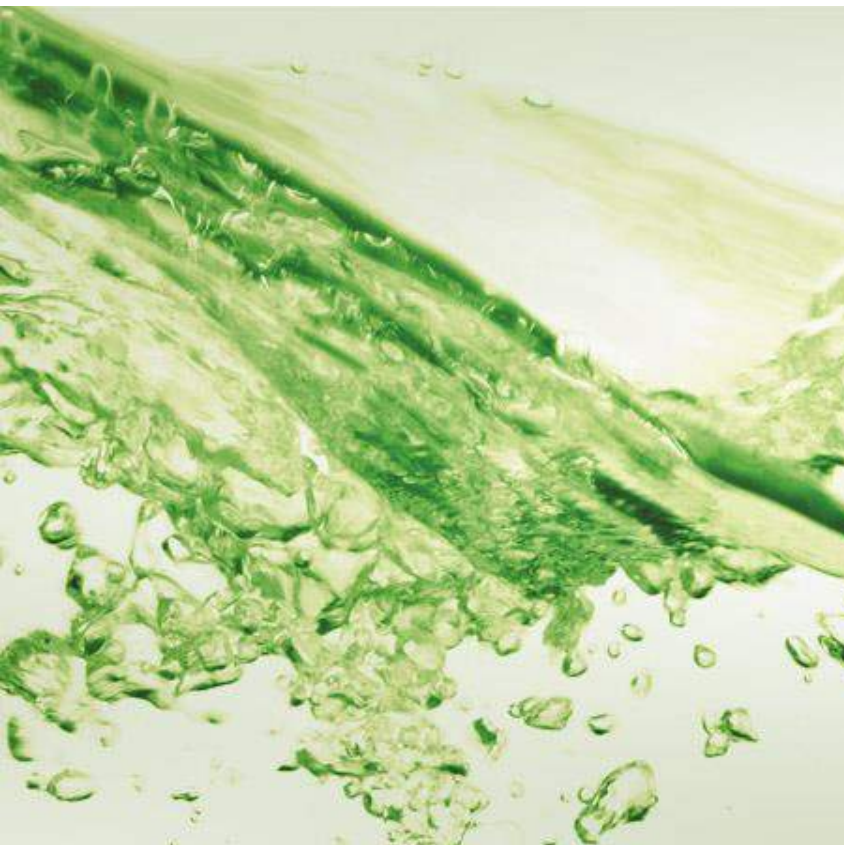


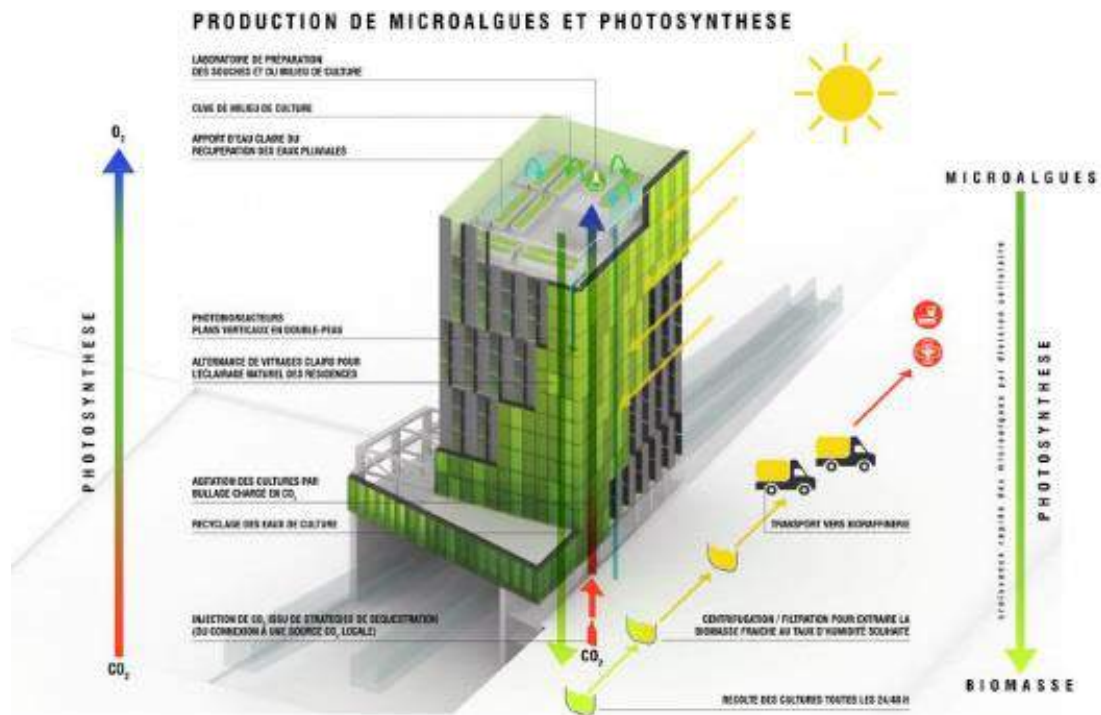
*Figure 1
Concordia Station
February 2003*

Eaux et Bulles

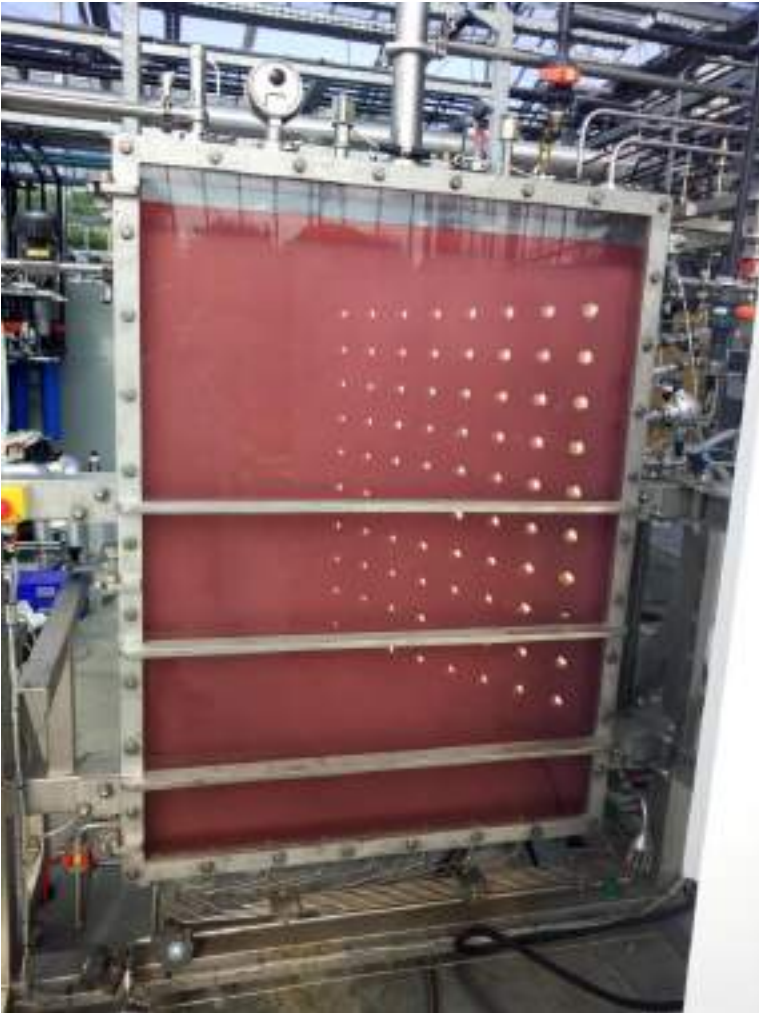
ALGOSOLIS

Plateforme technologique pour les cultures de microalgues et les bioraffineries





Biofacades Paris XTU



ezCol BV

- Cholesterol Reduction,
- LDL to 50 % down, 2 to 3 weeks. 1g/day or lower.
- (15) patents
- Human tests in progress.
- University of Maastricht (NL),
University of Nantes (FR),
AlgoSource (FR), University of
Mons (B).

Local Proteins Production: Mooto (Congo, RDC)



Education





Daily management: Social networks



<https://www.facebook.com/MELiSSA4SPACE/>



<https://twitter.com/MELiSSAProject1>



<https://www.instagram.com/melissaspaceresearchprogram/>



<https://www.linkedin.com/groups/8648149>