

Expériences actuellement en préparation pour le Taxi Flight du 22 octobre 2002 (Frank De Winne)

Introduction

La Belgique contribue au programme ESA de développement des éléments européens de la station spatiale ainsi qu'aux programmes de leur exploitation à hauteur de 3% du budget. Elle contribue très largement au programme de développement des appareillages pour le laboratoire européen Columbus. Ce laboratoire permet de réaliser des expériences dans les domaines des sciences de la vie, des sciences physiques et de la technologie.

La Belgique contribue à hauteur de 10% au budget du programme "Microgravity Facilities for Columbus". L'intérêt pour ces développements n'est pas uniquement industriel, mais concerne également la science et ses applications. Par une contribution importante aux programmes de recherche en microgravité (10% au programme EMIR 2 et 7% au nouveau programme ELIPS), la Belgique a préparé ses scientifiques à l'utilisation de la station spatiale.

Ceux-ci, regroupés en pôles de recherche au niveau belge ou intégrés dans des équipes de recherche européennes ou internationales, ont vu beaucoup de leurs propositions d'expériences sélectionnées afin d'être réalisées dans la station spatiale.

Ces sélections ont été opérées par des "referees" internationaux qui jugent les propositions d'expériences pour les différents partenaires de la station spatiale. Outre les expériences en microgravité, des expériences en observation de la Terre et en technologie ont également été retenues.

Les reports successifs du lancement de l'élément européen Columbus ainsi que les problèmes financiers rencontrés actuellement par la NASA vont, de façon prévisible, conduire à de nouveaux délais ainsi qu'à une utilisation ralentie des équipements scientifiques par la limitation envisagée du nombre d'astronautes à bord (de 7 à 3).

Afin de sauvegarder et de rentabiliser notre investissement, afin de mener à bien les recherches entamées, et de procurer une opportunité de vol à des projets sélectionnés parfois de longue date, nous avons demandé à l'ESA d'utiliser le vol de Frank De Winne pour les réaliser.

Les projets proposés pour le vol de F. De Winne (Soyouz-TMA1- 22 oct. 2002) sont les suivants. Leur faisabilité est confirmée par l'ESA.

En sciences de la vie :

Les domaines concernés sont les suivants :

En biologie

Expression de gènes microbiens en condition spatiale (Message)

Investigateur principal : M. Mergeay(SCK/CEN)

Co-investigateur : P. Bertin (SCK/CEN)

Le but de l'expérience est d'étudier les effets de la microgravité sur l'expression des gènes bactériens en particulier ceux concernés par la réponse au stress, la mobilité (flagelles...) et dans les réarrangements génétiques. Ces expériences sont réalisées dans le contexte d'une détection précoce d'événements génétiques d'une importance médicale ou environnementale.

En biologie cellulaire

- l'étude des tissus conjonctifs : étude de l'effet mécanique induit par la microgravité sur le « signalling » à travers les GTPases Rho.

Investigateur principal : B. Nusgens, (Ulg)

Co-investigateurs : A. Colige(ULg), C. Deroanne (Ulg)

Les cellules des tissus de soutien (os, peau, tendons, vaisseaux sanguins) sont sensibles aux stimuli mécaniques et à la gravité, une force physique permanente dans notre environnement.

L'absence de gravité durant les vols spatiaux provoque chez l'homme et l'animal des altérations se manifestant par une ostéoporose et des atrophies tissulaires, probablement dues à des perturbations des systèmes cellulaires de mécano-perception et de mécano-transduction.

Le laboratoire a créé des lignées de cellules humaines dont les systèmes de transduction des signaux mécaniques ont été modifiés génétiquement. Leur utilisation au cours du vol (Soyouz TMA1 – 22 oct. 2002) permettra l'analyse détaillée des mécanismes cellulaires et moléculaires altérés en microgravité. Ces informations fondamentales sont requises pour développer des mesures pharmacologiques préventives ou correctives pour des pathologies similaires sur Terre dues au vieillissement telles que l'ostéoporose et les atrophies tissulaires.

- l'étude des cellules osseuses : mécanismes d'action de la vitamine D sur les ostéoblastes.

Investigateur principal : R. Bouillon (KULeuven)

Co-investigateur : G.Carmeliet (KULeuven)

Au cours des vols, les astronautes subissent une perte rapide de la masse osseuse qui ressemble à l'ostéoporose. Les données obtenues jusqu'à présent montrent que la modification de la masse osseuse pourrait être le résultat d'une diminution de la synthèse osseuse associée à une augmentation de sa résorption. Cela pourrait provenir de la sensibilité des ostéoblastes (les cellules qui fabriquent l'os) à une modification de la gravité. Des études in vitro avec des ostéoblastes montrent que leur morphologie et leur différenciation sont modifiées en apesanteur ; ce qui concorde avec une modification de l'expression des gènes donnant à l'ostéoblaste un profil moins mature. Ce mécanisme est toutefois encore mal compris.

Le but principal de l'expérience proposée est d'étudier la modification de l'expression des gènes induite par la microgravité en utilisant une lignée de cellules ostéoblastiques de souris.

En particulier l'effet de la microgravité sur l'expression des gènes régulés par la vitamine D sera étudié dans le vol (Soyouz TMA1 – 22 oct. 2002).

On espère que la compréhension des mécanismes induits par la microgravité au niveau de la production osseuse permettra de mieux comprendre le phénomène de l'ostéoporose et de développer des moyens thérapeutiques.

Radiations en microgravité

- l'étude de l'effet des radiations en microgravité dans la station spatiale : étude du vieillissement cellulaire.

Investigateur principal : P. Van Oostveldt (UG)

Co-investigateurs : P.Baert (UG), A. Poffijn (UG), G.Meesen (UG)

Le projet de recherche consiste en l'étude des effets des radiations et de la microgravité sur la réponse cellulaire. Dans ces conditions, le stress oxydatif devrait être plus grand que dans les contrôles au sol. Le stress oxydatif est un facteur clé des maladies du vieillissement comme les maladies d'Alzheimer et de Parkinson. Cette étude a pour but de déterminer si un changement précoce par rapport au contrôle au sol se manifeste et de lier cette donnée avec les conditions spécifiques dans l'espace. Les analyses seront de type immunocytochimique et de mesures quantitatives d'ARN, après la récupération des échantillons fixés. L'expérience analysera les coupures d'ADN, l'apoptose (la mort cellulaire), le contrôle du cycle cellulaire et la machinerie de réparation de l'ADN.

Les cultures de cellules de mammifère seront faites en conteneurs avec la possibilité d'avoir une détection en direct de la réponse biologique à travers l'utilisation de protéines «marqueurs».

Des lignées cellulaires avec différents « backgrounds » génétiques seront utilisées.

Cette recherche aidera à préciser les dangers qu'encourerait l'équipage lors de missions de longue durée en environnement hostile, tel que le milieu spatial. Cette étude permettra de mieux comprendre les processus biologiques relatifs au stress oxydatif dans l'espace et d'envisager des nouvelles hypothèses à propos du vieillissement.

En physiologie humaine

- l'étude en cardiologie : influence de la microgravité sur la fonction cardiovasculaire.

Investigateur principal : A.E. Aubert (KULeuven)

Co-investigateur : C. Gharib (F), F. Beckers (KULeuven)

Lors d'un vol dans l'espace même de courte durée (une semaine), on observe pour l'homme ce qu'on appelle une « post flight orthostatic intolerance » qui peut interférer avec les fonctions physiologiques (syncope) de l'astronaute lors du retour sur Terre. Ce phénomène est dû à l'adaptation cardiovasculaire à la microgravité suivi du retour à une gravité normale. L'expérience permettra d'étudier la régulation cardiaque par le système nerveux et est complémentaire aux expériences réalisées en microgravité au cours de vols paraboliques (Airbus A300) Ces vols préliminaires ont permis d'évaluer les modulations sympathiques et parasympathiques de la fonction cardiovasculaire en fonction des variations de gravité et de la position des sujets. Cette étude doit contribuer à faire comprendre les mécanismes d'adaptation à l'espace et entre dans le cadre général des études cardiovasculaires. Elle aidera notamment à la compréhension des mécanismes provoquant des syncopes ainsi qu'à la compréhension de la pathophysiologie de maladies cardiaques.

- l'étude en cardiologie adaptation de l'appareil cardiorespiratoire à la microgravité

-Investigateur principal : M. Paiva (ULB)

Co-investigateur : P.F. Migeotte (ULB)

Ce projet concerne l'adaptation du système cardiorespiratoire en microgravité. Il est basé sur des expériences réalisées antérieurement pendant la mission Euromir-95 (6 mois en microgravité) et Neurolab (16 jours en microgravité).

Même pour une personne au repos, le cœur ne bat pas de façon parfaitement régulière. On sait depuis 1981 qu'il est possible d'effectuer des analyses mathématiques sur le rythme cardiaque et de tirer avantage de la variabilité de ce rythme pour obtenir une information sur l'activité du système nerveux autonome, c'est-à-dire, sur le contrôle involontaire des organes.

Lors des missions précédentes, nous avons montré des altérations de la variabilité du rythme cardiaque des astronautes, qui sont peut-être liées aux difficultés qu'ils éprouvent à se maintenir debout lors de leur retour sur terre, ce que l'on appelle l'intolérance orthostatique. Quinze jours après le retour d'un séjour de deux semaines dans l'espace, l'analyse du rythme cardiaque des astronautes montrait encore des différences par rapport aux valeurs d'avant la mission.

Les tests qui seront effectués pendant la mission de Frank De Winne sont du même type de ceux réalisés dans Neurolab et consistent à enregistrer le rythme cardiaque pendant des périodes de respiration très régulière, ce qui est indispensable pour ce type d'analyse. Avant et après la mission, nous allons faire des tests plus complexes, en utilisant des instruments qui ne se trouvent pas à bord de la Station Spatiale Internationale. Ces tests ont été proposés par trois jeunes chercheurs du Laboratoire de Physique Biomédicale, qui ont reçu pour cela un prix de l'Agence Spatiale Européenne et ont pu être réalisés par eux-mêmes au cours de vols paraboliques. Les expériences effectuées après la mission permettront d'estimer le temps de récupération des astronautes après leur séjour dans l'espace.

- l'étude neurosensorielle (Cogni) : Stress, performance cognitive et physiologique lors d'un vol spatial

Investigateur principal M. Zizi (VUB, Forces armées belges)

Co-investigateurs : N.Pattyn (VUB), R. Kolinsky(ULB), J. Morais(ULB), M. Manto(ULB), M. Paiva (ULB), P. Arbeille (F)

S'il est aisé de comprendre que la microgravité – en 'trompant' ou en modifiant nos perceptions – puisse provoquer des altérations sensorielles et motrices, il n'est pas aussi aisé de comprendre et d'établir que l'absence de gravité seule altère les performances supérieures de type cognitif (comprendre-décider-agir), de nombreux facteurs de stress (directs ou indirects) pouvant en effet interférer avec la performance mentale. Ces facteurs peuvent être liés à la personne elle-même, au contexte opérationnel de la mission voire au confinement physique lors de cette mission. Le stress et les états émotionnels des astronautes n'ont jusqu'à présent été estimés au point de vue comportemental qu'à travers des échelles de mesures subjectives. Quant à la performance cognitive pure elle ne fut pas toujours mesurable hors de toute influence sensorielle et de plus, une séparation entre des processus automatiques (non-intentionnels ou non-conscients) ou des processus contrôlés (intentionnels ou conscients) ne fut pas toujours incluse aux protocoles de mesure.

L'objet principal de cette recherche est d'évaluer, à l'aide de la performance cognitive elle-même et d'indicateurs physiologiques mesurables objectivement, l'impact de l'anxiété sur les processus cognitifs complexes en vol spatial et sur Terre. Le niveau d'anxiété sera mesuré en utilisant l'effet de Stroop (c-à-d l'allongement des temps de réaction provoqué par le contenu cognitif des stimuli). Les diverses tâches cognitives à réaliser permettront de faire la différence entre les processus automatiques et contrôlés, et permettront de tester l'hypothèse selon laquelle un accroissement de l'anxiété (comme il peut s'en produire dans l'espace) affecte les processus contrôlés plus que les processus automatiques.

L'activation physiologique relative au niveau de l'anxiété sera mesurée à partir de l'analyse de la variabilité du rythme cardiaque et des arythmies sinuso-respiratoires enregistrées par l'appareillage de cardioscience disponible à bord. Les relations possibles entre la variabilité de ces mesures physiologiques et celles des performances cognitives (rapidité et précision) ainsi qu'avec le débit vasculaire cérébral seront également contrôlées.

- l'étude neurosensorielle (Cogni) : Potentiels cérébraux d'attention dirigée dans un espace virtuel à 3 dimensions

Investigateur principal : G. Chéron (ULB)

Co-investigateur : A. Berthoz (F)

On fait l'hypothèse que l'absence de référence gravitationnelle pendant les vols en apesanteur modifiera l'accomplissement des tâches cognitives.

Le potentiel d'aptitude (BP), reflétant la disponibilité au mouvement, peut être mesuré à partir du cuir chevelu quand un être humain effectue de simples mouvements. Ce potentiel est un signal lent négatif couvrant le lobe pré-central et pariétal démarrant environ une seconde avant le début du mouvement. Ce site d'origine est probablement l'aire motrice supplémentaire (SMA). Ce potentiel négatif est suivi par une composante tardive positive (LPC) reflétant la relaxation neuronale. Lors de mouvements complexes comme la reconstruction de tâches motrices en 3D virtuelles.

En particulier on s'attend à ce que les latences et les amplitudes des BP et LPC soient plus élevées qu'en gravité normale. Cela indiquerait qu'une alternative à la référence motrice spatiale doit être

construite en microgravité, impliquant un processus additionnel cognitif à chaque étape du mouvement. Si les latences et les amplitudes du BP et du LPC sont similaires à celles de la gravité normale, le même type de traitement cognitif apparaîtrait conservé. Finalement, la normalisation graduelle du BP et du LPC durant la tâche indiquerait une adaptation rapide du processus d'attention. On propose d'enregistrer le BP et le LPC durant une tâche 3D virtuelle développée par l'équipe du professeur Berthoz (France)

En sciences physiques :

En science des matériaux

- l'étude de la cristallisation de protéines en tubes capillaires à contre diffusion.

Investigateur principal : L. Wyns (VUB)

Co-investigateurs : I Zegers (VUB) J.P. Declercq (UCL), J.Martial (ULg), A. De Wit (ULB), J.C. Legros (ULB), L. Carotenuto (I), D. Castagnolo (I), C. Piccolo (I) E. Bassano (I), J. Garcia-Ruiz (E), A. Zagari (I), F. Otolora (E) E. Godaux (UMH), F. Van Leuven (KU Leuven), G. Nicolis (ULB)

La cristallisation de protéines sera effectuée en pesanteur réduite dans les capillaires d'un appareillage GCB – Granada Cristallisation Box-développée pour la cristallisation de macromolécules sous la responsabilité de l'ESA par G. Ruiz. (Espagne).

Les cristaux obtenus dans l'espace seront analysés sur terre par diffraction des rayons X et comparés aux cristaux obtenus sur terre dans le même appareillage et en présence de gel. Ce gel permet sur terre d'éviter la convection due à la gravité, mais pourrait induire des effets sur la structure des protéines. Cette convection est réduite en micro-pesanteur ce qui permet d'obtenir des cristaux sans utiliser de gel. La convection résiduelle en pesanteur réduite sera néanmoins quantifiée en utilisant des modèles développés par L. Carotenuto (Italie) et par J.P. Boon. Les paramètres physiques permettant cette quantification seront mesurés pour tous les systèmes étudiés de façon à pouvoir prédire si et quand la microgravité peut-être considérée comme une technique avantageuse pour la production de cristaux de protéines.

Les conditions exactes de concentration dans le tube à l'endroit où se forment les cristaux, seront déterminées au sol grâce à un interféromètre Mach Zehnder à décalage de phase basé sur l'interférométrie, développé actuellement pour le PCDF (Protéine Cristallisation Diagnostic Facility) et un microscope holographique au sol. Le développement d'un tel microscope qualifié pour l'espace en vue d'expériences dans la station spatiale sera réalisé (voir plus bas). L'étude ne vise donc pas principalement à la production de cristaux mais à une recherche systématique des conditions de cristallisation, répondant ainsi aux critiques formulées par l'ESF – European Science Foundation- et au rapport réalisé pour la NASA concernant la cristallisation dans l'espace.

- suivi de la croissance de cristaux de protéines par microscopie holographique digitale

Investigateur principal : L. Wyns (VUB)
Co-investigateurs : I. Zegers (VUB), F. Dubois (ULB)

On développera un microscope holographique permettant la détermination automatisée des conditions optimales de cristallisation des protéines dans l'espace et sur terre. Cet appareillage répondra ainsi à la demande accrue de techniques performantes pour la cristallisation des protéines ; il sera intégré dans la Microgravity Science Glovebox (une facilité développée par l'ESA pour la NASA), utilisant une caméra pour l'enregistrement des images. Cette demande est une conséquence de la finalisation du projet de détermination du génome humain. La technique proposée aura des conséquences bénéfiques sur l'utilisation des protéines dans le domaine pharmacologique.

l'étude de cristallisation de zéolites en apesanteur : nanotechnologie

-Investigateurs principaux : P. Jacobs(KULeuven), J. Martens (KULeuven)
Co-investigateurs : S. Kremer(KULeuven), C. Kirschhock(KULeuven)

Le laboratoire des Professeurs Jacobs et Martens est à la pointe de la recherche en matière de synthèse de particules de zéolite à l'échelle du nanomètre et à identifié la microgravité comme un outil très important pour cette recherche. Les zéolites trouvent leur application comme catalyseurs, adsorbants et senseurs notamment dans le domaine pétrochimique. Une première expérience de 10 minutes fut réalisée lors d'un vol de fusée Maxus 4, en avril 2001. Cette expérience a apporté un regard nouveau sur les modèles d'agrégation physique de particules de zéolite à l'échelle du nanomètre, lorsqu'elles ne sont pas perturbées par la convection. Des expériences de plus longue durée en microgravité permettront de synthétiser des nouveaux matériaux basés sur des zéolites qui sont difficiles à obtenir sur Terre.

L'approche nanotechnologique offre des manières élégantes de synthétiser des zéolites « faits sur mesure » pour des applications nouvelles.

Deux types d'appareillages sont prévus, le premier appelé NANOSLAB permet d'étudier la synthèse de zéolites via l'organisation spontanée de nanoslabs élémentaires. L'autre appareillage, ZEOGRID, étudiera la structure et la morphologie des zéogrids.

NANOSLAB sera intégré dans la Microgravity Science Glovebox, utilisant son système de traitement de données et de puissance ainsi que son contrôle de température. L'expérience une fois démarrée se poursuivra seule pendant 48 heures. ZEOGRID est un système indépendant qui, une fois activé, restera en place dans le module russe pendant 1 mois.

- l'étude de composites thermorésistants et de composites à matrice métallique : synthèse par combustion

Investigateur principal : L. Froyen (KULeuven)
Co-investigateurs : Merzhanov (Ru) et G. Cao (I)

Cette expérience fait partie du projet COSMIC (Combustion Synthesis and Microgravity fundamentals and applications, un projet de l'ESA). Son objectif principal est d'améliorer les caractéristiques et les propriétés des matériaux produits industriellement sur Terre par la synthèse par combustion. Les domaines d'intérêt proposés sont la synthèse de poudres de recouvrement et des composites à matrices métalliques (MMC's).

Il s'agit de mieux comprendre l'évolution de la composition et de la microstructure pendant cette synthèse par combustion. Les recherches en microgravité fournissent des informations à propos des différentes étapes de combustion impliquées et donc du mécanisme général de la synthèse en combustion sans l'effet perturbateur de la gravité. Le projet comprend des études expérimentales et de modélisation.

Cette recherche concerne surtout les applications suivantes: synthèses de poudres pour les revêtements thermiques et composites thermorésistants ainsi qu'à matrice métallique

L'appareillage pour le vol (Soyouz TMA1– 22 oct. 2002) sera développé et utilisera la Microgravity Science Glovebox.

En science des fluides :

- Mesure de coefficients de diffusion dans des pétroles bruts (DCCO).

Investigateur principal : J.-C. Legros (ULB)

Co-investigateurs : P. De Gieter (ULB), F. Dubois (ULB), E. Stenby (DK), J.P. Caltagirone (F), Z. Zahir (F), D.J.Hart (CDN), F. Montel (F):

Le projet a pour but de mesurer des coefficients de diffusion isothermes. Ces valeurs sont nécessaires à la modélisation de transfert de masse dans des mélanges complexes à composants multiples tels que les pétroles bruts.

La diffusion existe dans toutes les solutions de concentration non-homogène.

Pour comprendre le mouvement des systèmes loin de l'équilibre de concentration et pour déterminer les processus de diffusion dans des mélanges à composants multiples, des modèles numériques sont développés. C'est notamment le cas pour les puits de pétrole. Ces modèles requièrent des valeurs fiables des coefficients de diffusion et peu de ces coefficients sont disponibles dans le cas des pétroles bruts.

Afin de mesurer de façon précise les coefficients de diffusion, ces mesures sont faites en microgravité pour éviter les effets perturbateurs de la convection induite par la gravité.

L'appareillage pour le vol (Soyouz TMA1– 22 oct. 2002) est développé et a déjà été testé dans la "boîte à gants" où l'expérience sera réalisée. Les partenaires industriels de l'expérience sont Agyp-TotalFinaElf.

Support et opérations au sol : B.USOC.

Test du segment sol de télécommunication

Le segment sol d'opération de la station spatiale est décentralisé. Les USOC-User Support and Operation centres faisant partie de ce segment sol sont installés dans des pays d'Europe participant à l'exploitation de l'ISS. Parmi ces centres, certains sont responsables en particulier de l'exploitation de laboratoires à bord de l'élément Columbus. En Belgique également, le B.USOC-Belgian USOC

est responsable d'un sous élément de ces laboratoires destiné à étudier la cristallisation des protéines et d'une palette extérieure pour les mesures solaires. Tous les USOC's sont reliés entre-eux et avec les centres principaux du segment sol par un réseau de télécommunication : l'IGS-Interconnecting Ground Sub-network. Une interface de télécommunication est développée pour le réseau et sera coordonnée depuis l'ESTEC.

L'interface de télécommunication sera installée au B.USOC et testée pendant le vol. (Soyouz-TMA1- 22 oct. 2002)

L'interface et le réseau actuel, contrôlé par ESOC à Darmstadt servira de « back-up » pendant cette mission.

L'installation de la nouvelle interface de télécommunication au B.USOC sera faite par l'ESA et les opérations depuis le B.USOC seront exécutées sous le contrôle de l'ESA par le personnel du B.USOC aidé par l'industrie belge. Le B.USOC sera relié au ZUP à Moscou et aura une communication audio : « voice loop » avec ce Centre lui permettant d'avoir des liaisons radio avec l'espace. Un ensemble d'expériences opérationnelles consistant à tester en vol divers équipements ou procédures développés par l'EAC sera aussi intégré au programme de vol.

Activités éducatives

Des images de la station spatiale pendant la mission de F. De Winne (Vol Soyouz-TMA1- 22 oct. 2002) seront retransmises vers des écoles primaires et secondaires via internet. Les élèves pourront également poser des questions à F. De Winne via Internet. Ils pourront aussi lui demander de réaliser des images de la Terre. Cette expérience ne sera possible qu'à condition que l'orientation de la Station Spatiale ne soit pas modifiée. Des images de la Station Spatiale seront accessibles aux écoles.

Cette activité sera planifiée et bénéficiera du support du réseau EDU-PROBA. L'analyse des images sera faite avec le concours de scientifiques impliqués dans la mission PROBA.

Une retransmission du lancement du Soyouz TMA1 est également prévue au Planétarium.

Cet événement précédé de la présentation des expériences par les scientifiques (avec présentation du film sur les scientifiques belges impliqués dans la mission de Frank De Winne, réalisé par le B.USOC) sera suivie d'une conférence de presse. Le lancement et les présentations seront également retransmis vers différents sites : REDU, B.USOC, etc et, vers les écoles via internet par le « ERASMUS User Centre à ESTEC aux Pays-Bas.

Une expérience (ARISS ; P.I. G. Bertels) prévoit un contact radio-amateur entre Frank De Winne et une école militaire à Saint-Trond. On envisage également la même activité au Space Centre de Redu (Eurosace Centre).

Frank De Winne filmera également, lors de son séjour dans l'espace, des démonstrations de phénomènes physiques simples ; les images seront diffusées vers les écoles.

Des expositions, à but éducatif, sont prévues dans différents centres scientifiques belges (Space Center de Redu, Planetarium du Heyzel, et tous les autres centres le souhaitant).

Il est aussi prévu d'examiner et de soutenir toutes les initiatives belges à caractère éducatif. Par le biais notamment du développement de matériel didactique et par le prêt du film, réalisé par le B.USOC, sur les scientifiques belges impliqués dans la mission de Frank De Winne.