CONCOURS GÉNÉRATION ISS

PLATEFORME

Etablissement : IUT A Université Toulouse 3

Equipe proposante :

Chef de projet : Erin NAUDI
Membres de l'équipe : Charlotte CABRERA, Lucie BILHERAN, Laëtitia GINOUX, Chloé IMBLEVILLE, Jean-Daniel FRANCESCHI
(Étudiants de DUT Mesures Physiques)

Fiche synthétique

Objectifs scientifiques/ technologiques	Rassembler plusieurs expériences de l'IUT Mesures Physiques à Toulouse (parmi les 8 proposées) dans une plateforme regroupant trois expériences de physique et de chimie afin de diversifier les thématiques et objectifs scientifiques (plateforme n° 1/2/3/4) ou même de les regrouper dans un thème bien précis (plateforme n° 5 : trois expériences granulaires).
Objectifs éducatifs	L'objectif éducatif de ces plateformes est de regrouper plusieurs concepts scientifiques différents. Ces concepts scientifiques sont divers et variés : original comme l'expérience gouttes filantes réalisée sous la forme d'une course, visuel comme l'expérience de la cafédomancie qui permet d'observer la forme finale d'une tâche de café, ou même éducatif comme le Démon de Maxwell montrant une apparente contradiction avec le second principe de la thermodynamique.
Points forts	Le concept de plateforme permet de regrouper plusieurs expériences dans un espace prévu initialement pour une seule. Cela permet d'augmenter le retour sur investissement, d'optimiser les chances de réussite dans l'éventualité où l'une des expériences dysfonctionnerait, et de mutualiser le matériel et les coûts.
Caractéristiques techniques	Dimensions : < 6U (6000 cm3) Poids : < 2 kg Durée : < 30 minutes

SOMMAIRE

Contexte de la proposition **1**

Objectifs de l'expérience **2**

Principe de l'expérience 3

Objectifs scientifiques/technologiques/éducatifs 3

Description des expériences **7**

Description technique des plateformes **13**

Plateforme n°1 : Démon de Maxwell, Pendule de Foucault, Figure de Chladni 13

Plateforme n°2 : Gouttes filantes, Constante de gravité, Démon de Maxwell granulaire 14

Plateforme n°3 : Diffusion de gouttes, Cafédomancie, les figures de Chladni 16

Plateforme n°4 : Dépôt de matière, Gouttes filantes, Cafédomancie 18

Plateforme n°5 : Les figures de Chladni, Dépôt de matière, Démon de Maxwell 20

Plateforme n°6 : composez votre propre plateforme 21

Budget **22**

Budget des plateformes 22

Modalités de financement 24

Planning prévisionnel **25**

Gestion des risques/sécurité **26**

Communication **26**

Annexes **28**

Annexe 1: Tableau récapitulatif de chaque expérience pour la sixième plateforme 28

I. Contexte de la proposition

Depuis Septembre 2018 des étudiants de première et deuxième année de DUT ainsi que des enseignants de l'IUT Mesures Physiques, au sein de l'Université Paul Sabatier à Toulouse, s'investissent dans la création, la conception et le développement d'expériences autour de l'apesanteur.
Dans le cadre du concours Génération ISS, nous sommes une cinquantaine d'étudiants à travailler sur une dizaine d'expériences, dont celles décrites dans ce dossier. Celles-ci ont pour but d'illustrer des principes de physique, chimie, matériaux, en mettant en évidence l'influence de la pesanteur et cela de manière didactique et visuelle.

La formation DUT Mesures Physiques est une formation pluridisciplinaire technologique et professionnalisante alliant physique, chimie, matériaux, instrumentation et informatique. Elle forme au métier de technicien supérieur des étudiants issus de bac général mais également de bac technologique (STI2D, STL), filières dont certains participants de notre groupe sont issus. L'approche projet est en particulier au coeur de la formation, ce qui nous a permis de gagner plusieurs concours ces dernières années ("Thackavoir" 2018, ainsi que les Challenge National Mesures Physiques de 2018 et 2019). Par ailleurs, le département Mesures Physiques a des compétences fortes dans l'automatisation de bancs de test ainsi que dans les approches qualité et métrologie au travers de ses deux licences professionnelles ITEC (Instrumentation et Tests en Environnement Complexe) et MQM (Métrologie et Qualité de la Mesure).
Afin de compléter nos compétences, nous avons mis en place un partenariat avec le département Génie Mécanique et Productique. Ils nous aident dans la conception en nous conseillant, et en nous donnant accès à leurs locaux et à leur matériel.

En vue de garantir la fiabilité de nos expériences, les étudiants et enseignants participants ont interagi et demandé des conseils auprès du service CADMOS du CNES. Certains enseignants-chercheurs du département Mesures Physiques, spécialisés dans des domaines tels que le spatial (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie à Toulouse, l'IRAP), ou encore la physico-chimie des systèmes organisés (Laboratoire des Interactions Moléculaires et Réactivités Chimiques et Photochimiques, les IMRCP) ont pu apporter leurs expertises aux différents projets. Des collaborations ont également été mises en oeuvre avec des laboratoires comme l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), le Laboratoire de Génie Chimique de Toulouse (LGC) et le Laboratoire de Physique des Solides (LPS) d'Orsay.

II. Objectifs de l'expérience

1. Principe de l'expérience

Le but est de mettre en place une plateforme extensible rassemblant plusieurs expériences de l'IUT Mesures Physiques à Toulouse afin de mettre en oeuvre plusieurs expériences aux concepts différents et aux objectifs scientifiques/technologiques/éducatifs variés. Cela augmente ainsi le retour sur investissement en regroupant plusieurs expériences dans un espace prévu initialement pour une seule. Cela permet également de limiter l'impact d'un éventuel dysfonctionnement d'une expérience spécifique, et de mutualiser le matériel commun à ces expériences ainsi que les coûts.

Une automatisation systématique sera mise en place pour chacune des expériences de la plateforme et sera gérée par une interface commune, notamment par une carte Arduino reliée à un écran LCD, lui-même fixé à la plateforme. La boîte sera aussi éclairée par le biais de LED (gérées par la carte arduino) pour permettre une luminosité optimale lors de la prise de photos ou de l'enregistrement de vidéos au cours des expériences.

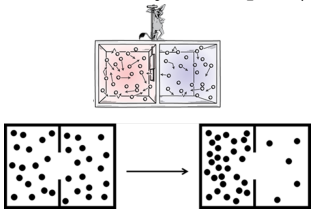
Actuellement, cinq prototypes de plateforme sont en cours de réalisation en fonction des caractéristiques propres à chaque expérience. Nous proposons donc au concours Generation ISS d'en choisir une parmi ces 5, voire de créer une autre plateforme selon les préférences du jury (cf. partie IV f). Les plateformes proposées sont différentes les unes des autres et ont été pensées pour avoir soit le thème ou le matériel commun à plusieurs expériences, ou au contraire diversifier la plateforme en mettant des expériences aux objectifs scientifiques/technologiques/éducatifs très différents. Ces plateformes mélangeront des expériences de physique fondamentale, de physique appliquée et de chimie parmi la liste d'expériences suivante ayant fait l'objet d'une candidature indépendante au concours Generation ISS : Démon de Maxwell granulaire, Pendule de Foucault, Figures de Chladni, Gouttes filantes, Constante de gravité, Diffusion de gouttes (déposé sous le nom "Diffusion d'une goutte en absence de pesanteur"), Dépôt de matière et Cafédomancie (pour plus de détails, voir partie III. Description des expériences), chaque expérience répondant à une thématique précise.

2. Objectifs scientifiques/technologiques/éducatifs

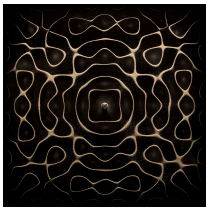
Avant de détailler le dispositif technique de chaque expérience (en partie III) et de chaque plateforme (en partie IV), nous allons ici expliciter les objectifs principaux de chaque expérience (partie II.2.1 ci-dessous) et de chaque plateforme (partie II.2.2)

1. Objectifs par expérience :

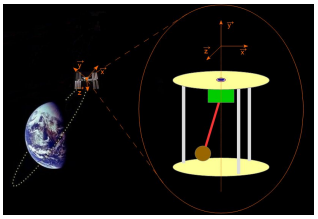
- **Démon de Maxwell granulaire :** Cette expérience permettra de valider scientifiquement le Démon de Maxwell granulaire en micropesanteur (seules des études théoriques existent actuellement) en montrant la contradiction apparente avec la second principe de la thermodynamique. Ce phénomène peut également être utilisé à terme pour séparer des matériaux dans le contexte de bases spatiales.
  Pour cela une expérience visuelle et esthétique permettra d'observer le regroupement asymétrique de billes entre deux compartiments reliés.
  Cette expérience fait appel à des notions sur les principes de mécanique et thermodynamique (énergie cinétique, second principe...)



- **Figures de Chladni :** Cette expérience éponyme a des objectifs éducatifs et scientifiques importants.
  L'apesanteur permet de visualiser en 3D un phénomène visible uniquement en 2D sur Terre : les particules s'organisent selon les noeuds et ventres des ondes sonores. On obtient de nombreuses formes géométriques en fonction des différentes fréquences, avec des configurations 3D impossible à réaliser sur Terre.



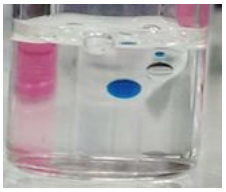
- **Pendule de Foucault :** L'objectif à travers cette expérience est d'illustrer la rotation de l'ISS autour de la Terre et de montrer l'effet de la force de Coriolis dans la Station Spatiale Internationale en micropesanteur. Cette expérience permettra de reproduire, pour la première fois, l'expérience historique du pendule de Foucault non plus sur Terre mais à bord de l'ISS.



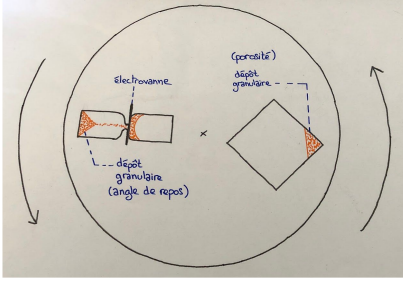
- **Gouttes filantes :** L'objectif scientifique de l'expérience est d'étudier l'influence de la pesanteur sur le comportement de grosses gouttes non

volatiles contenant un tensio-actif. Pour cela, un dépôt de gouttes de tailles et de compositions différentes est effectué sur des lames en verre traitées au préalable, sur lesquelles différents circuits ont été tracés.
Les expériences proposées dans ce projet mettront en évidence et expliqueront, de manière simple, ludique et visuelle, de grands principes de physique et chimie. En particulier, des courses de gouttes seront réalisées à partir de circuits prédéfinis.

- **Diffusion de gouttes :** Cette expérience permet d'obtenir des données expérimentales permettant de valider les modèles théoriques de dissolution d'une inclusion liquide dans un solvant partiellement miscible en apesanteur, en diffusion pure, sans phénomène convectif (cette expérience n'est pas réalisable sur Terre).
  L'observation des phénomènes de diffusion et de cristallisation sont ludique et visuelle : la goutte lévite dans le solvant, elle se dissout et son diamètre diminue au cours du temps.

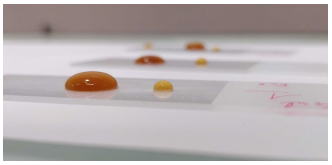


- **Dépôt de matière :** L'objectif de cette expérience est d'observer l'influence de la pesanteur sur les matériaux granulaires afin de résoudre des problématiques technologiques de stockage pour les prochaines explorations spatiales, et scientifiques avec l'étude l'influence de la pesanteur sur les phénomènes d'angle de repos et de porosité d'un dépôt de matière.

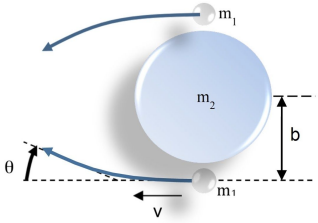


- **Cafédomancie :** L'objectif scientifique de cette expérience est de montrer l'influence de la pesanteur sur la forme des dépôts laissés suite à

l'évaporation d'une goutte de café, puis d'étudier les mouvements de convection à l'intérieur de la goutte pendant son évaporation.
Ces expériences visuelles font appels à de nombreuses notions de physico-chimie et permettent de mettre en évidence l'effet Marangoni (en plus d'apporter un regard différent sur la tâche laissée au fond de votre tasse de café).



- **Constante de gravité :** L'objectif de cette expérience est de mettre en évidence, de manière simple et visuelle, la loi de l'attraction gravitationnelle et mesurer la constante de gravitation. Cette expérience inédite permettra de visualiser l'attraction gravitationnelle entre deux corps afin de mieux comprendre la gravitation à laquelle nous sommes soumis chaque jour, de manière analogue à des trajectoires interplanétaires.



L'intérêt du concept de plateforme réside dans le rassemblement allant jusqu'à trois de ces 8 expériences, dont l'ensemble respecterait la limite maximum en terme de temps astronaute, poids et dimensions. Plusieurs plateformes sont proposées, dont les objectifs sont détaillés ci-dessous.

2. Objectif par plateforme :

- **Plateforme n°1 : Démon de Maxwell, Pendule de Foucault et Figures de Chladni**
Cette première plateforme regroupe des expériences de physique toutes trois très visuelles, avec le thème de la mécanique qui ressort dans cette plateforme. Le Démon de Maxwell granulaire permet de démontrer des principes mécaniques (énergie mécanique) tandis que l'expérience du Pendule de Foucault permettra d'illustrer la rotation de l'ISS autour de la Terre et de mettre en évidence la force de Coriolis qui s'applique sur ce dernier. Enfin, l'expérience des Figures de Chladni, ludique et visuelle permettra de visualiser dans un tube un ensemble de formes géométriques créées par un système d'ultrasons. Les objectifs scientifiques sont également présents, avec la validation du démon de Maxwell en apesanteur (sans la pesanteur comme biais de source de déséquilibre), et la visualisation 3D de figures limitées en 2D sur Terre.

- **<u>Plateforme n°2 :</u> Gouttes Filantes, Constante de gravité et Démon de Maxwell**
  Cette deuxième plateforme regroupe trois expériences qui proposent de mettre en évidence et d'expliquer, de manière ludique et visuelle, des principes classiques de physique et de chimie tels que le Démon de Maxwell granulaire (et le second principe de la thermodynamique), la démonstration visuelle et intuitive de la loi de la gravitation avec l'expérience constante de gravité, et les concepts d'hydrophilie et hydrophobie avec des gouttes effectuant des courses dans l'expérience Gouttes filantes. Les objectifs scientifiques sont également variés avec la validation en apesanteur du démon de Maxwelll et l'influence de la pesanteur sur le comportement de grosses gouttes non volatiles contenant un tensio-actif.

- **<u>Plateforme n°3 :</u> Diffusion de gouttes, Cafédomancie et Figures de Chladni**
  Cette troisième plateforme regroupe des expériences visuelles sur le changement d'état de particules dans des environnements spécifiques, avec un fort impact scientifique : les expériences concernent des enjeux de recherche actuelle avec la validation des modèles théoriques de dissolution d'une inclusion liquide dans un solvant partiellement miscible en apesanteur en diffusion pure - sans phénomène convectif - (expérience de Diffusion de gouttes), mais également l'influence de la capillarité dans l'effet Marangoni (Cafédomancie) et l'étude en 3D des Figures de Chladni limitées en 2D sur Terre.

- **<u>Plateforme n°4 :</u> Gouttes Filantes, Dépôt de matière et Cafédomancie**
  Cette quatrième plateforme étudie le comportement de la matière (liquide sous deux formes différentes, ou granulaire) en apesanteur de manière visuelle, ludique et a des objectifs scientifiques et technologiques forts : compréhension de l'influence de la pesanteur sur la vitesse et la forme d'une goutte en mouvement (sous forme de course) avec les Gouttes filantes, les problématiques scientifiques de dépôt de matériaux granulaires avec un impact technologique de stockage pour l'exploration spatiale (expérience Dépôt de matière), et l'influence de la capillarité dans l'effet Marangoni pour la Cafédomancie.

- **<u>Plateforme n°5 :</u> Figures de Chladni, Dépôt de matière et Démon de Maxwell**
  Cette dernière plateforme a pour thématique l'étude du comportement de matériaux granulaires. En ce qui concerne le dispositif de fonctionnement de ces trois expériences, deux d'entre elles fonctionneront grâce à un système de vibration et la troisième à l'aide d'une centrifugeuse.
  Cette plateforme a aussi un intérêt pour l'exploration spatiale (notamment de type bases lunaires), qui sera à terme confrontée à des problématiques de stockage de grains (comme les céréales ou d'autres matériaux granulaires) dans des environnements de pesanteur variable. Le démon de Maxwell peut être en particulier utilisé pour séparer des matériaux granulaires, tandis que la

compréhension de l'influence de la pesanteur sur la porosité et l'angle de repos a un impact fort sur le volume de stockage de ces matériaux granulaires.

III. Description des expériences

Les différentes expériences qui peuvent être mutualisées dans une même plateforme sont présentées ci-après. Ce sont des versions réduites des expériences présentées par notre formation indépendamment dans le cadre du concours. Le redimensionnement des expériences initiales a été défini en concertation avec les différentes équipes concernées afin de se focaliser uniquement sur les objectifs principaux de chaque expérience, permettant ainsi de réduire les dimensions, masse et temps astronaute des versions nominales de ces expériences.
Avant d'expliciter les caractéristiques techniques des plateformes proposées en partie IV, nous expliquons ci-dessous plus en détails les principes et dispositifs techniques des expériences spécifiques, et mettons également les liens vers les dossiers détaillés de candidature (cf. également la bibliographie). Il est par ailleurs important de préciser que chaque expérience dans l'ISS sera comparée à la même expérience réalisée sur Terre pour mieux comprendre l'influence de la pesanteur sur le phénomène étudié.

1) **Le Démon de Maxwell :**

L'expérience du Démon de Maxwell permet de valider le "Démon de Maxwell granulaire" en apesanteur, montrant ainsi une apparente contradiction avec le second principe de la thermodynamique.
Des billes d'acier sont placées dans une boîte quasi-2D (l'épaisseur étant très légèrement supérieure au diamètre d'une bille mais suffisamment petite pour éviter qu'une bille s'y insère) et vibrées grâce à un piston relié à un moteur. Si la vibration est suffisamment importante, les billes se comportent comme des molécules et explorent toute la boîte. Celle-ci étant séparée en deux compartiments par une paroi verticale percée d'un trou, les billes passent aléatoirement d'un compartiment à l'autre et sont alors équiréparties entre les compartiments. Lorsque la vibration diminue, les billes se regroupent quasiment toutes dans un seul des deux compartiments, en contradiction avec notre vision moléculaire du système. Pour mieux observer et quantifier ce phénomène, l'expérience sera suivie via un enregistrement vidéo. Une des parois de la boîte sera transparente et une caméra à faible temps d'exposition prendra des images à intervalle de temps régulier.
L'intérêt de faire cette expérience en micropesanteur vient du fait que sur Terre, la pesanteur est un des moteurs de l'inégale répartition des billes. En dehors de valider des théories prédisant l'existence du démon de Maxwell granulaire en l'absence de pesanteur, cette expérience apporte une plus-value pédagogique grâce à son apparente contradiction avec le second principe de la thermodynamique.

Pour pouvoir être intégré à la plateforme, l'expérience du démon de Maxwell a dû créer un mécanisme simple pour séparer le système vibratoire et la boîte qu'il faudra assembler avant de lancer l'expérience.

Lien vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=ZFXDgXgwxYI

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1m19cTc1R-OBQwEolY40FwLBgLTV6IFuVoqMwtPKddBg/edit

2) **Pendule de Foucault :**

Cette expérience permet de visualiser la rotation de l'ISS autour de la Terre, sur le même principe que l'expérience éponyme qui se trouve en France et montre la rotation de la Terre sur elle-même.
Un pendule est équipé d'un dispositif cylindrique constitué de deux disques qui servent de socle ainsi que de support au moteur. Lorsque le pendule est mis en marche, son plan d'oscillation va se mettre à tourner et on peut ainsi mettre en évidence la force de Coriolis qui lui est appliquée, l'intérêt de l'ISS étant la vitesse de rotation du pendule bien plus importante que dans le cas terrestre en raison de la révolution rapide de la station (en 1h30). La rotation du plan d'oscillation est enregistrée via une caméra pour illustrer cette force de Coriolis.
Autant pédagogique que visuelle, cette expérience permet de donner une nouvelle dimension au pendule de Foucault.

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1GQl09ke5eedR9NIAqfYZF-y8P5yRl0JeHOZ5RQb4UWg/edit

3) **Figures de Chladni :**

Cette expérience consiste à observer en 3 dimensions des figures faites de petites particules organisées selon les noeuds et ventres d'ondes générées grâce à un système d'ultrasons.
Des particules (sable, sel ou poussières) sont hermétiquement enfermées dans un tube. L'extrémité de ce tube est fixée à un émetteur d'ultrasons. Les fréquences utilisées (de 16 kHz à 10 MHz) permettent d'obtenir des figures composées de noeuds et de ventres 3D. De nombreuses formes géométriques plus différentes les unes des autres seront formées. Seules des photos, associées à des longueurs d'onde spécifiques sont enregistrées, sans nécessité de mesures complémentaires.
Nous pouvons facilement visualiser les noeuds et les ventres d'un fil ou d'une plaque mais nous ne pouvons pas visualiser ceux d'une ondes sonore qui pourtant, se comporte de la même façon.

L'avantage de le faire en micropesanteur est que l'on peut le visualiser sur le même principe qu'une plaque, c'est-à-dire avec des particules qui se placent le long des ventres et des noeuds, mais en trois dimensions. Ce dispositif permet d'onde d'observer des figures en 3 dimensions contre 2 dimensions sur Terre.
L'objectif de cette expérience est la visualisation des ondes sonores. De plus, en fonction de la fréquence envoyée, les particules ne se disposeront pas de la même façon, donnant à cette expérience scientifique et artistique un objectif éducatif supplémentaire.

Liens vidéos :

- https://www.youtube.com/watch?v=2tjrCIfOHWw
- https://www.youtube.com/watch?v=bWL4FD0n0UA
- https://www.youtube.com/watch?v=zVN-g9TwsjU
- https://www.youtube.com/watch?v=kiRwCDE9pZA

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1EBY5IJyiTFzGaALN5_Qt-HFvNiH7FWQvpA79ecj3d0U/edit

4) **Gouttes filantes :**

L'objectif de l'expérience est d'étudier l'influence de la pesanteur sur le comportement de grosses gouttes non volatiles contenant un tensio-actif. Pour cela, un dépôt de gouttes de tailles et de compositions différentes est effectué sur des lames en verre traitées au préalable, sur lesquelles différents circuits ont été tracés.
Ces circuits sont constitués de chemins hydrophiles sur lesquels la goutte se déplace et sont délimités par des bordures hydrophobes, qui permettent de guider la course de la goutte. Les caractéristiques des gouttes sont alors étudiées en exploitant les vidéos, notamment les angles de contact, la forme et la taille des gouttes ainsi que leur vitesse. Toutes ces caractéristiques seront comparées aux données recueillies sur Terre à partir d'expériences réalisées dans les mêmes conditions, montrant l'influence de la pesanteur sur le comportement des fluides.
Les expériences proposées dans ce projet permettent ainsi de mettre en évidence et d'expliquer, de manière simple, ludique et visuelle, de grands principes de physique et chimie mis en équation par des pionniers scientifiques, et aujourd'hui largement exploités dans l'industrie : tension de surface, angle de contact, mouillabilité, hydrophobie/hydrophilie, tensio-actifs et propriétés de surface notamment.
Réaliser cette expérience en micropesanteur permettra d'annuler l'effet de pesanteur subi par la goutte (notamment par sa tendance à s'aplatir et donc de ne pas se déplacer).
Mêlant des propriétés physiques et chimiques, les objectifs scientifiques de cette expérience sont très importants, avec un objectif éducatif évident compte-tenu du concept de course analogue à une course automobile.
Dans le cadre de la plateforme, il est envisageable de réduire la taille de l'expérience nominale (cf. dossier détaillé avec le lien ci-dessous) en diminuant le nombre de plaques de verre pour n'en conserver que 2 et ainsi se focaliser sur les expériences principales,

ce qui permettrait de réduire l'enceinte de la plaque support à 4 cm x 8 cm x 16 cm (500 cm3). La taille de l'enceinte du pousse-seringue est incompressible (960 cm3). L'ensemble du dispositif expérimental pourrait être ramené à un volume de 1460 cm3 soit 1,5 U. Le temps de manipulation astronaute serait alors de 3 minutes.

Lien vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=nsUbimE6mI0

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1lM77H_Jg_e0D0Gyz37nC5vbF2vIhnATQ3F_U5I0Y3tM/edit?usp=sharing

5) **Constante de gravité :**

Cette expérience a pour objectif de mettre en évidence de manière très visuelle et ludique l'attraction mutuelle entre deux objets et de permettre le calcul de la constante de gravité G.
Pour visualiser l'effet de la pesanteur, une boule est fixée sur un support et les trajectoires de deux plus petites billes lancées à très faible vitesse autour de celle-ci sont étudiées. Les petites billes sont alors attirées par la boule, ce qui permet de déduire qu'il existe une attraction entre ces corps de masses différentes. La visualisation de la différence de trajectoires entre les deux billes permet par ailleurs de s'affranchir de toute perturbation gravitationnelle extérieure (influence des parois et des racks par exemple ou oscillation de l'ISS due aux forces de frottement avec l'atmosphère).
Sur Terre, l'attraction mutuelle entre deux objets est difficile à percevoir de manière intuitive. La réalisation de cette expérience en micropesanteur permet de voir uniquement la force d'attraction entre les corps, force qui est cachée par la force de gravité de la planète sur le sol.
Une extension de cette expérience permet de visualiser des trajectoires de rebond simulant les trajectoires d'une balle sur la Terre alors même que l'expérience est réalisée en apesanteur.

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1Z1mu8jEa0mteBxswJplYstVCfXQbifkTTUC0TJAF8cg/edit

6) **Diffusion de gouttes :**

Cette expérience a pour but de montrer l'évolution du diamètre d'une goutte d'une solution aqueuse par diffusion dans un solvant organique.
L'expérience est initiée par l'injection d'un volume précis, au moyen d'un pousse-seringue, de la solution aqueuse dans le réservoir contenant le solvant organique. La goutte va ainsi léviter dans le solvant, pour ensuite se dissoudre et voir son diamètre diminuer au cours du temps. Si des solutés, protéines pures comme le lysozyme ou des sels, sont présents dans la goutte, nous obtiendrons respectivement

soit un verre de protéines, soit la création de cristaux de sels, dû à l'augmentation de la concentration en soluté au delà de la solubilité. Par ailleurs, la méthode avec les protéines pures est très efficace pour conserver les structures de macromolécules biologiques. Cette injection déclenche simultanément l'acquisition des images par un microscope portatif.
Dans le contexte de l'ISS, la diffusion sera complète car la goutte ne coulera pas au fond de la cuve contrairement à ce qu'il se passe sur Terre. Cette expérience est irréalisable sur Terre car les phénomènes de convection perturbent le comportement de la goutte. Cette dissolution pure n'est donc réalisable que dans le cas de micropesanteur.
L'objectif scientifique est la validation des modèles théoriques de dissolution d'une inclusion liquide dans un solvant partiellement miscible en apesanteur. De plus, l'expérience a un objectif fort, puisque des cristaux ou des verres de protéines peuvent se former.
En réagençant les éléments constitutifs de l'expérience nominale dissolution de goutte (cf. dossier détaillé avec le lien ci-dessous) afin de la rendre compatible avec une plateforme, il est possible de réduire les dimensions de l'enceinte à 2,5 U. Seules les expériences référencées [EXP_REF 1], [EXP_PROT] et [EXP_CRIST] de l'expérience nominale seraient alors réalisées. Le temps de manipulation de l'astronaute serait conservé à 10 minutes.

Lien vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=VFetZi1Lijk

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/19Cq-Ix0X66Y9UE-tpH7yJSGsI7NqSdG1i0LptRgaRN8/edit

7) **Cafédomancie :**

Le principe de cette série d'expériences est de laisser différentes gouttes de café s'évaporer sur une surface de verre en apesanteur et d'étudier les dépôts formés en fonction de différents paramètres tels que la forme de la base de la goutte (triangulaire, circulaire, carré...), la température de la surface sur laquelle est déposée la goutte ou la concentration en café. Les données récupérées en apesanteur seront comparées aux résultats des expériences réalisées sur Terre.
Cette expérience fait appel à de nombreuses notions utilisées en physico-chimie telles que la convection, la conduction, la tension de surface et la mouillabilité.
Sur le module ISS, le flux d'évaporation et les écoulements de fluide sont fortement influencés par l'absence de pesanteur. En effet, la convection naturelle est alors négligeable et le transfert de chaleur ne s'effectue que par conduction. L'évaporation devient alors purement diffusive. Etant donné que la convection n'évacue plus les molécules d'eau, la goutte met davantage de temps à s'évaporer, ce qui permet d'étudier les effets capillaires, habituellement masqués sur Terre dans le processus d'évaporation.
Il est envisageable de réduire la taille de l'expérience nominale décrite dans le dossier détaillé (cf. lien ci-dessous) en diminuant la dimension de la plaque de verre et diminuer le nombre de sections. Le pousse-seringue et les caméras peuvent être déplacés vers le

dessus de l'expérience, ce qui a pour conséquence de largement diminuer l'enceinte de la boîte protectrice et d'estimer son nouveau volume à 8 cm x 15 cm x 15 cm soit 1800 cm3 donc 1,8 U. Le temps de manipulation astronaute peut être également réduit à 5 minutes.

Lien vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=E_p5hx9RBn8

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1k7OIEpv5qn1aSK18QZjW1FhWNNX28TJf7Z_ays6z7uQ/edit

8) **Dépôt de matière :**

Cette expérience consiste à étudier l'évolution de l'angle de repos d'un tas de sable ainsi que la porosité d'un matériau granulaire similaire au régolithe lunaire, pour différentes valeurs de pesanteur.
Le sable est placé dans un sablier muni d'une électrovanne (pouvant tourner de 180 degrés pour relancer l'expérience) et le second matériau granulaire dans une boîte cubique. Le tout est disposé sur une centrifugeuse qui tourne à différentes vitesses pour simuler différentes pesanteurs (par exemple lunaire, martienne, terrestre). Il sera observé ainsi en fonction de la pesanteur simulée une variation de l'angle de repos, ainsi que de la porosité. L'expérience est intégralement filmée pour pouvoir analyser les résultats une fois l'expérience terminée.
Pour simuler plusieurs pesanteurs différentes, il est nécessaire de partir d'une valeur de la pesanteur proche de zéro et d'augmenter par la suite, et ce afin d'étudier le comportement de matériaux granulaires pour des valeurs de pesanteurs différentes. Ce type d'expérience sera très utile pour les prochaines missions et bases spatiales, notamment pour le stockage de différents matériaux granulaires (céréales, ressources minières).

Lien Dossier détaillé :
https://docs.google.com/document/d/1nWqzqOqImP-sHtt0Mhx88pb8i3hyUK9ox3cdvqM3Rag/edit

IV. Description technique des plateformes

Dans cette partie, les caractéristiques techniques de cinq plateformes sont présentées avec une combinaison des expériences décrites dans la partie III. Certaines plateformes présentent des thématiques communes, tandis que d'autres regroupent des principes physiques et chimiques très différents pour diversifier les phénomènes observés (cf. les objectifs scientifiques/technologiques/éducatifs de ces plateformes en partie II.2.2). Dans tous les cas, les plateformes respectent toutes les contraintes exigées (temps

astronaute, dimensions et masse), ont des objectifs scientifiques et pédagogiques à fort impact, sont originales et souvent ludiques.
L'un des avantages de notre concept de plateforme est de pouvoir réaliser de nombreuses combinaisons d'expériences, si bien qu'il est possible de réaliser une nouvelle plateforme dont vous choisirez les expériences à regrouper (partie IV f).
Sur chaque plateforme, les expériences seront filmées par des caméras intégrées. Les données seront stockées dans une carte arduino puis récupérées sur une carte mémoire pour une analyse a posteriori. Tout ce matériel étant mutualisé, il ne sera pas détaillé dans les caractéristiques techniques de chaque plateforme. De plus, il est possible de voir une représentation modélisée en 3D dynamique avec le lien suivant :
http://p-meph-web.meph.iut-tlse3.fr/index.php/fr/generation-iss/2-non-categorise/33-fichiers-3d

a) Plateforme n° 1 : Démon de Maxwell, Pendule de Foucault, Figures de Chladni

1. Représentation 3D du dispositif

La plateforme n° 1, qui regroupe les expériences Démon de Maxwell, Pendule de Foucault et Figures de Chladni, est représentée en 3D dans la ***Figure 1*** ci-dessous. Dans cette plateforme, des expériences aux thématiques différentes ont été regroupées pour diversifier les principes mis en oeuvre dans chacune des expériences. Ces dernières permettent d'illustrer des principes physiques dans 3 domaines différents : la mécanique, la thermodynamique et les ondes sonores. Des modes de réalisation divers sont mis en place pour observer ces phénomènes, autant visuels que ludiques.

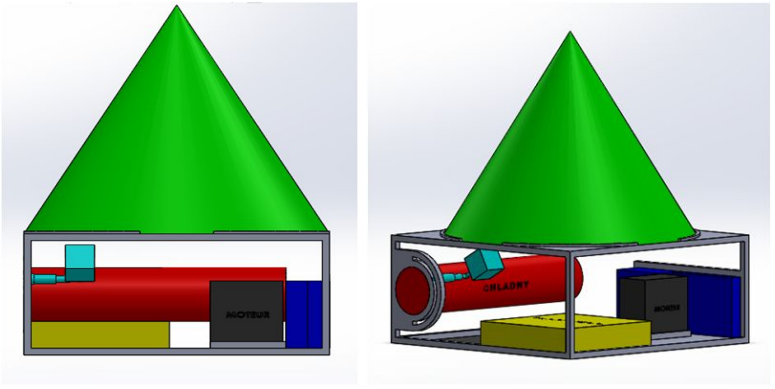


Figure 1. *Représentation 3D de la plateforme n° 1 : en jaune, Démon de Maxwell ; en vert et bleu, Pendule de Foucault ; en rouge, Figures de Chladny ; en noir, la caméra.*

2. Caractéristiques techniques

Expériences	Démon de Maxwell	Pendule de Foucault	Figures de Chladni
Matériels	-boite propre -moteur -billes -motorshield	-moteur -tige -boule -plaques de maintien -roulement à billes	-module de puissance -tube transparent
Poids	0,850 kg	0,800 kg	0,225 kg
Dimensions	Boîte de 10*10*3 cm Système vibrant de 14*9*2,5cm	Cône de diamètre et hauteur : d = 21 cm ; h = 17 cm	Cylindre de 20*10*10 cm
Durée	Temps astronaute : 7 min Temps total : 15 min	Temps astronaute : 5 min Temps total : 35 min	Temps astronaute : 5 min Temps total : 10 min
Consommation électrique	< 1 W	1 W	< 4 W

3. Description de l'activité de l'astronaute

Pour la mise en route des expériences, l'astronaute va commencer par mettre en marche le pendule de Foucault car il s'agit de la plus longue expérience. Ensuite, mettre en route le démon de Maxwell granulaire. Sa préparation dure 7 minutes. Enfin, terminer par mettre en route l'expérience des figures de Chladni qui ne dure que 5 minutes.

b) Plateforme n°2 : Gouttes filantes, Constante de gravité, Démon de Maxwell

1. Représentation 3D du dispositif

La plateforme n° 2, qui regroupe les expériences Gouttes filantes, Constante de gravité et Démon de Maxwell est représentée en 3D dans la ***Figure 2*** ci-dessous. Dans le cadre de cette plateforme, nous illustrons des expériences très visuelles et qui permettent de comprendre des principes physiques variés. Nous proposons deux expériences

physiques, une qui tourne autour de la mise en évidence de la force gravitationnelle, avec le calcul de la constante G et l'autre qui traite de la mécanique et des analogies avec la thermodynamique (plus précisément le second principe de la thermodynamique). Pour finir, nous proposons une expérience physico-chimie sous forme d'une course de goutte. Cette dernière expérience très ludique et en apparence enfantine cache en réalité des notions subtiles de tensioactifs et de longueur capillaire, combinées à de la physico-chimie de surface.

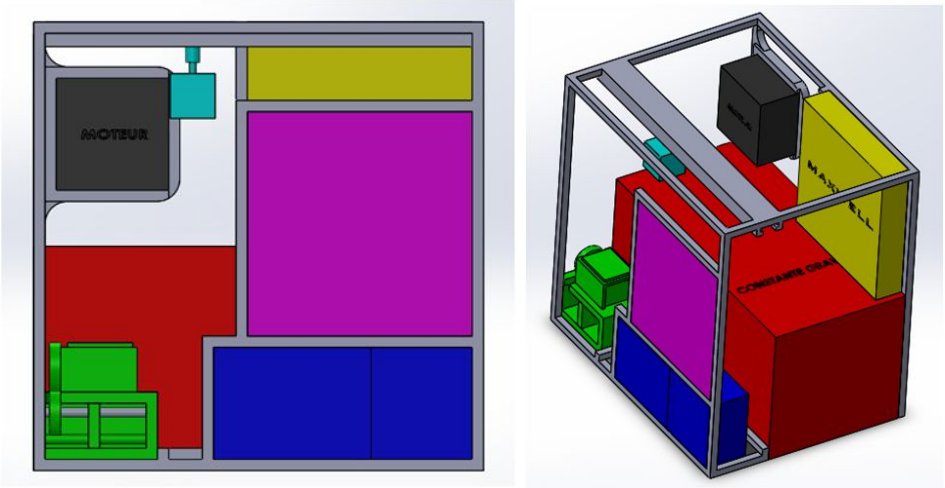


Figure 2. *Représentation 3D de la plateforme n° 2 : en vert, violet et bleu, Gouttes filantes ; en rouge, Constante de gravité ; en jaune, Démon de Maxwell ; en noir, le moteur.*

2. Caractéristiques techniques

Expériences	Gouttes filantes	Constante de gravité	Démon de Maxwell
Matériels	-pousse-seringue -2 Lames en verre -seringue -liquide contenant les gouttes -chronomètre	-moteur (courant continu) -billes en métal -boule en tungstène de 1 kg	-boîte propre -moteur intégré -billes -motorshield
Poids	0,300 kg	1 kg	0,850 kg
Dimensions	Boîte de 4*8*16 cm	Boîte de 10*10*20 cm	Boîte de 10*10*3 cm Système vibrant de 14*9*2,5cm

Durée	Temps astronaute : 3 min Temps total : 5 min (1 min/circuit)	Temps astronaute : 4 min Temps total : 20 min	Temps astronaute : 7 min Temps total : 15 min
Consommation électrique	< 5 W	< 7 W durant 1 ou 2 min au lancement	< 1 W

3. Description de l'activité de l'astronaute

Ici, la mise en route de la plateforme commence avec l'expérience de constante de gravité pesanteur (20 minutes au total pour son fonctionnement). Ensuite, l'expérience Démon de Maxwell est mise en marche et dure 7 minutes. Enfin, la manipulation des gouttes filantes qui dure 3 minutes.

c) Plateforme n°3 : Diffusion de gouttes, Cafédomancie, Figures de Chladni

1. Représentation 3D du dispositif

La plateforme n° 3, qui regroupe les expériences Diffusion de gouttes, Cafédomancie et Figures de Chladni est représentée en 3D avec le lien disponible au début du paragraphe IV. Contrairement à la plateforme n° 2, celle-ci regroupe trois expériences de même thématique : la notion de diffusion/convection sera étudiée de différentes manières. Respectivement, nous allons dans un premier temps observer la diffusion d'une goutte non miscible dans un solvant. Dans un second temps, nous étudierons la diffusion et la convection de petites particules présentes dans une tâche de café lors du séchage de cette dernière. Pour finir, nous mettrons en évidence la convection de particules fines soumises à des ondes sonores qui formeront des figures géométriques complexes dans le cas des Figures de Chladni.

2. Caractéristiques techniques

Expériences	Diffusion de gouttes	Cafédomancie	Figures de Chladni

Matériels	-2 pousses-seringues -support -système microfluidique	-pousse-seringue -peringue -plaque chauffante -plaque de verre	-module de puissance -tube transparent
Poids	0,750 Kg	1 Kg	0,225 kg
Dimensions	Boite de 18*10*10 cm	Boite de 8*15*15 cm	Boite de 8,75*7*5,25 cm
Durée	Temps astronaute : 10 min Temps total : 15 min	Temps astronaute : 5 min Temps total : 1h15 par gouttes	Temps astronaute : 5 min Temps total : 10 minutes
Consommation électrique	5 W	7 W ou 10W.h	< 4 W

3. Description de l'activité de l'astronaute

La mise en marche de la plateforme commence par le lancement de l'expérience Cafédomancie, car le temps d'évaporation des gouttes est estimé à 1h15 par goutte (sans nécessité de présence de l'astronaute durant cette durée). Une fois celle-ci lancée, l'astronaute peut mettre en route l'expérience diffusion de gouttes et de suite après l'expérience des Figures de Chladni. Cette dernières ne dure que 5 minutes.

d) Plateforme n°4 : Dépôt de matière, Gouttes filantes, Cafédomancie

1. Représentation 3D du dispositif

La plateforme n° 4, qui regroupe les expériences Dépôt de matière, Gouttes filantes et Cafédomancie est représentée en 3D dans la ***Figure 4*** ci-dessous. Cette plateforme s'intéresse ici à l'étude du comportement de la matière en apesanteur, des fluides et des matériaux granulaires.

Deux expériences, qui traitent le comportement de gouttes et l'effet des particules présentes dans celles-ci, sont regroupées sur cette plateforme. L'expérience de la cafédomancie est visuelle. Le phénomène se déroulant à l'échelle microscopique on comparera les tâches laissées par les gouttes grâce à des photos. Également, celle des gouttes filantes est une expérience très ludique et visuelle. Pour compléter et renforcer le côté visuel de la plateforme, celle-ci incluera l'expérience de dépôt de matières. Comme expliqué précédemment, cette dernière étudie le comportement de particules granulaires et étudie l'angle de repos et la porosité de matériaux granulaires.

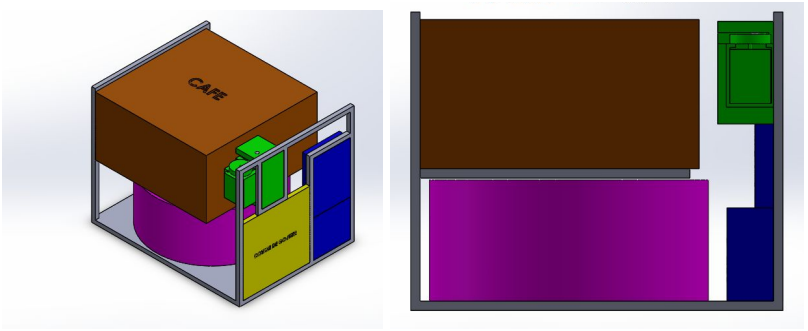


Figure 4. *Représentation 3D de la plateforme n° 4 : en violet et jaune, Dépôt de matière ; en vert et bleu, Gouttes filantes ; en marron, Cafédomancie.*

2. Caractéristiques techniques

Expériences	Dépôt de matière	Cafédomancie	Gouttes filantes
Matériel	-enceinte protectrice -moteur à vitesse variable -pont H -plaque de carbone (support) -servomoteur -électrovanne -2 demi-sabliers + 1 électrovanne, - sable (1 mm de diamètre) - basalte broyé (simulation régolithe lunaire)	- pousse seringue - 1 seringue - plaque de verre - plaque chauffante - moteur	-pousse-seringue -2 Lames en verre -seringue -liquide contenant les gouttes - Chronomètre
Poids	0,750 kg	1 kg	0,300 kg

Dimensions	Cylindre de diamètre et hauteur : d = 19,5 cm ; h = 10 cm	Boite de 8*15*15cm	Boite de 4*8*16 cm
Durée	Temps astronaute : 5 min Temps total : 24 min	Temps astronaute : 5 min Temps total : 1h15 par gouttes	Temps astronaute : 3 min Temps total : 5 min (1 min/circuits)
Consommation électrique	6 W	7 W ou 10W.h	< 5 W

3. Description de l'activité de l'astronaute

Ici, la manipulation s'initie par la mise en route de l'expérience Cafédomancie car le temps d'évaporation des gouttes est estimé à 1h15 par goutte (sans nécessité de présence de l'astronaute durant cette durée). La mise en route ne prend que 5 minutes. Ensuite, lancer l'expérience dépôt de matière qui dure 5 minutes. Enfin, mettre en marche l'expérience des gouttes filantes dont le temps opérateur est de 3 minutes.

e) Plateforme n°5 : Figures de Chladni, Dépôt de matière, Démon de Maxwell

1. Représentation 3D du dispositif

La plateforme n° 5, qui regroupe les expériences Figures de Chladni, Dépôt de matière et Démon de Maxwell est représentée en 3D dans la ***Figure* 5** ci-dessous. Ici, trois expériences de même thématique sont regroupées sur cette plateforme. Le principe est l'étude du comportement de particules granulaires dans différentes conditions. Deux d'entre elles utilisent un système de vibration alors que la troisième utilise une centrifugeuse. En fonction du mode utilisé, le rendu visuel sera différent et mettra en évidence plusieurs principes physiques.
Cette plateforme a un intérêt pour les futurs missions spatiales. En effet, l'exploration spatiale sera à terme confrontée à des problématiques de stockage de grains (comme le blé ou d'autres matériaux granulaires) dans des environnements de gravité variable. Il est donc essentiel de mener des études sur ces matériaux et donc sur leurs propriétés car ils sont très sensibles aux effets de gravité. Il sera donc plus facile d'appréhender la gestion de stock de matériaux granulaires.

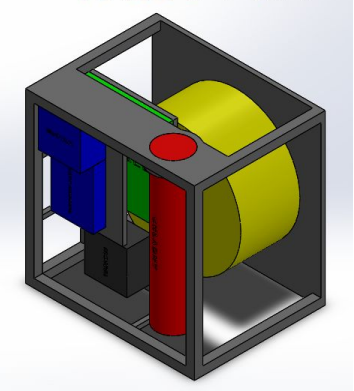


Figure 5. *Représentation 3D de la plateforme n° 5 : en rouge, Figures de Chladny ; en jaune, Dépôt de matière ; en vert et bleu, Démon de Maxwell ; en noir, le moteur.*

2. Caractéristiques techniques

Expériences	Figures de Chladni	Dépôt de matière	Démon de Maxwell
Matériels	-Module de puissance -tube transparent	cf plateforme n°4	-boîte propre -moteur intégré -billes -motorshield
Poids	0,225 Kg	0,750 kg	0,850 Kg
Dimensions	Boite de 8,75*7*5,25 cm	Cylindre de diamètre et hauteur : d = 19,5cm ; h = 10cm	Boîte de 10*10*3 cm Système vibrant de 14*9*2,5cm
Durée	5 min	Temps astronaute : 5 min Temps total : 24 min	Temps astronaute : 7 min Temps total : 15 min
Consommation électrique	< 4W	6 W	< 1 W

3. Description de l'activité de l'astronaute

La mise en route de la plateforme s'initie par la mise en route de l'expérience dépôt de matière, qui prendra 5 minutes. Il est important de la lancer en premier car la durée totale de l'expérience est de 24 minutes. Ensuite, mettre en marche le démon de Maxwell (7 minutes pour l'opérateur). Enfin, terminer par lancer l'expérience Figures de Chladni qui ne dure que 5 minutes.

f) Plateforme n°6 : composez votre propre plateforme

Comme nous l'avons déjà mentionné il est possible de créer une autre combinaison d'expériences que nous regrouperons dans une seule plateforme. Afin de la réaliser, il faut se référer au tableau récapitulatif en Annexe 1 fournissant toutes les informations nécessaires sur les expériences proposées par l'IUT Mesures Physiques.
De multiples combinaisons sont en effet possible tout en respectant les limites de volume, de masse et de temps astronaute.

V. Budget

L'un des premiers intérêts de la plateforme est de mettre en commun des expériences et de partager certains matériels pour limiter les coûts.
Pour réaliser une plateforme, il faut faire en sorte qu'elle soit la plus légère possible afin de respecter les normes requises. Cela se traduira par le choix de matériaux adéquats, avec une volonté de limiter le plus possible les coûts et d'augmenter la résistance mécanique de la plateforme.

1. Budget des plateformes

La construction de la plateforme nécessitera l'utilisation de multiples matériaux, notamment pour les faces du cube de 6u : le polycarbonate est le matériau le plus adéquate si l'on souhaite voir l'intérieur de la plateforme.
Niveau prix : à définir avec le CNES

Il faut également prévoir un budget pour une ou plusieurs caméras mutualisées par plateforme afin de filmer les expériences et permettre une analyse poussée des expériences.

Niveau prix : 49,95 € par caméra

L'automatisation de la plateforme sera expérimentée afin de réduire les interactions entre l'astronaute et l'expérience. Il faudra prévoir une carte arduino où tous les programmes concernant la plateforme et les expériences seront stockés. Cela permettra de diriger la mise en route des expériences seulement à partir d'une seule et même carte. Si la carte venait à ne pas marcher, les expériences pourront être lancées manuellement, car chaque expérience possédera aussi sa propre carte.
Niveau prix carte arduino et matériel associé : environ 50 €.

Budget par plateforme :

Le budget de chaque plateforme est détaillé ci-dessous, et tient compte du prototypage, des éventuelles modifications et de la réalisation de la version finale. En revanche, les frais liés à la mise en sécurité des expériences ne sont pas inclus et seront définis en collaboration avec le CNES. Par ailleurs, le budget sera à réévaluer si deux versions (modèle de vol et modèle sur Terre).

a) Plateforme 1 : Démon de Maxwell, Pendule de Foucault, Figure de Chladni

Le prix global tenant compte du prototypage et des différents tests est évalué à 3900 euros.

Détails : -Démon de Maxwell : 1000 euros
-Pendule de Foucault : 2000 euros
-Figure de Chladni : 500 euros
-Plateforme : 400 euros

b) Plateforme 2 : Gouttes filantes, Constante de gravité, Démon de Maxwell

Le prix global tenant compte du prototypage et des différents tests est évalué à 6900 euros.

Détails : -Démon de Maxwell : 1000 euros
-Gouttes filantes : 5000 euros
-Constante de gravité : 500 euros
-Plateforme : 400 euros

c) Plateforme 3 : Diffusion de gouttes, Cafédomancie, Figures de Chladni

Le prix global tenant compte du prototypage et des différents tests est évalué à 8400 euros.

Détails : -Diffusion de gouttes : 2500 euros
-Cafédomancie : 5000 euros
-Figures de Chladni : 500 euros
-Plateforme : 400 euros

d) Plateforme 4 : Dépôt de matière, Gouttes filantes,Cafédomancie

Le prix global tenant compte du prototypage et des différents tests est évalué à 11400 euros.

Détails : -Dépôt de matière : 1000 euros
-Gouttes filantes : 5000 euros
-Cafédomancie : 5000 euros
-Plateforme : 400 euros

e) Plateforme 5 : Les figures de Chladni, Dépôt de matière, Démon de Maxwell

Le prix global tenant compte du prototypage et des différents tests est évalué à 2900 euros.

Détails : -Démon de Maxwell : 1000 euros
-Dépôt de matière : 1000 euros
-Figure de Chladni : 500 euros
-Plateforme : 400 euros

f) Plateforme 6 : Plateforme à composer

Comme mentionné auparavant, il est possible de créer une combinaison d'expériences personnalisée regroupée dans une seule plateforme.
De multiples combinaisons sont aussi possibles tout en respectant les limites de volume, de masse et de temps astronaute.
Le budget de cette plateforme "fait maison" sera donc à définir en fonction des expériences choisies.

2. Modalités de financement

Le département Mesures Physiques (MP) consacre une partie de son budget au financement du projet, et y a déjà contribué à hauteur de 2500€. De plus, nous avons d'ores et déjà obtenu des financements de la part de deux laboratoires partenaires : l'IRAP (à hauteur de 1500€) et le LGC (500€). Des entreprises, versant déjà la taxe d'apprentissage à notre département, ont par ailleurs été contactées pour apporter un soutien financier aux projets.

De plus, le département MP met à disposition son matériel et les produits nécessaires à la réalisation du projet. Les départements GMP (Génie Mécanique et Productique) et GEII (Génie Electrique et Informatique Industrielle) apportent un soutien technique et humain pour le développement de chaque expérience proposée par le département MP.

En cas de sélection de cette expérience, d'autres collaborations pourront être initiées. Par exemple, le Laboratoire des Interactions Moléculaires et Réactivités Chimiques et Photochimiques (IMRCP) propose un apport financier à l'actuel projet. Nous avons également aussi pris contact avec différentes institutions telles que la Région Occitanie. D'autres départements de l'IUT A se sont également portés volontaires pour apporter leur soutien technique (par exemple Génie Electrique et Industriel)

Par ailleurs, une équipe étudiante est spécialement consacrée à la communication et au financement du projet continuera et amplifiera ses activités en cas de sélection.

Nous avons donc la capacité de financer l'expérience. Toute la partie mise en sécurité de l'expérience sera confiée au CNES.

VI. Planning prévisionnel

- **20 Juin 2019 :**

  Sélection des projets gagnants

- **Eté 2019 :**

  Augmentation de la taille de l'équipe avec intégration de nouveaux étudiants
  Recherche de collaborations techniques extérieures supplémentaires si nécessaire

- **Eté 2019 - Octobre 2019 :**

  Finalisation d'un prototype fonctionnel
  Identification du matériel déjà disponible dans l'ISS pour réduction de coût/masse

- **Octobre 2019 - Janvier 2020 :**

  Tests de performances
  Tests pour les contraintes spécifiques de l'ISS et du lanceur

- **Janvier 2020 – Juin 2020 :** Spatialisation du dispositif, mise en sécurité avec le CNES

- **Printemps 2020 :** tests vol Zéro G envisagés pour certaines expérience : ***dissolution de gouttes, gouttes filantes, démon de Maxwell, Figure de Chladni***

- **Juillet 2020 – fin année 2020 :**

  Validation par le CNES et l'ESA
  Rédaction de procédures techniques

En parallèle de ces activités, le groupe communication & financement s'occupera de la recherche de partenaires financiers et de la communication interne/externe sur le projet.
Les étapes spécifiques de prototypage/tests de chaque plateforme sont détaillées dans les dossiers des expériences faisant partie des plateformes (cf. liens des dossiers en bibliographie).

VII. Gestion des risques/sécurité

En ce qui concerne les risques, la plateforme possède un atout principal : comme elle se compose de trois expériences, le moindre problème technique pouvant altérer le fonctionnement d'une expérience en particulier peut être minimisé grâce aux deux autres expériences incluses dans la plateforme.
Les risques de chaque expérience doivent être pris en compte et sont décrits dans chacun des dossiers respectifs (voir partie **III. Description des expériences**). Néanmoins, aucun risque majeur n'a été identifié dans aucune des expériences.

VIII. Communication

Depuis Mars 2019, comme indiqué précédemment, une équipe s'investit dans la recherche de financement ainsi que dans la communication autour de ces expériences. En premier lieu, nous avons jusqu'ici communiqué en interne au sein de l'IUT A de

l'université Toulouse III, à travers notamment la participation des départements GMP (Génie Mécanique et Productique) et GEII (Génie Electrique et Informatique Industrielle). En second lieu, nous avons déjà commencé des actions de communication externe, par exemple grâce au festival Pint of Science de Toulouse, ou aux collaborations avec différents laboratoires locaux ou nationaux (IRAP, LGC, IMRCP, LPS, IMFT). Une chaîne youtube a par ailleurs été créée pour diffuser des vidéos des différentes expériences soumises à l'appel d'offres Generation ISS : https://www.youtube.com/channel/UCeFmu5-TfVi2v6VxEE7_vpA/playlists

Une fois sélectionnés, nous développerons cet aspect communication en interne et en externe. En particulier, nous aimerions intervenir dans les établissements du primaire et du secondaire de la région afin de présenter notre projet aux élèves des établissements. En effet, notre participation à ce projet ambitieux nous permettra de partager notre passion du spatial et de susciter un plus grand intérêt pour les concepts scientifiques. De plus, les réseaux sociaux auront aussi une place importante quant à la communication puisqu'ils nous permettront d'atteindre un public plus large. Les personnes intéressées pourront alors suivre facilement l'avancement du projet, avec la mise en ligne de contenus, d'actualités, sur des profils créés à cette intention (Facebook, Instagram, Twitter). Nous pourrons par exemple réaliser et partager pour l'expérience décrite précédemment des vidéos explicatives et éducatives telle que la vidéo de l'expérience Cafédomancie, proposée par ailleurs par notre formation, visible sur le lien suivant : https://www.youtube.com/watch?v=E_p5hx9RBn8

Enfin, étant donné notre situation géographique toulousaine, avec l'appartenance de plusieurs de nos enseignants au laboratoire IRAP interagissant de manière forte avec le CNES et la Cité de l'Espace, nous envisageons de proposer un projet d'exposition à la Cité de l'Espace autour de notre projet et du vol de Thomas Pesquet.

IX. Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif de chaque expérience pour la sixième plateforme