



# Selene

Zoé Amblard

Simon Jambu

Jean-Thomas Masse

Benjamin Vadant

## Remerciements

Nous tenons à remercier toute l'équipe de La Cantine Toulouse, les Coach pour leur investissement tout au long de ce court WE. Grâce à eux, notre projet est parti sur de bonnes bases, dans une bonne direction et dans une bonne ambiance !

A quand le prochain Space Apps Challenge ?!

## Sommaire

Introduction.....	4
1. Notre challenge .....	4
2. Notre équipe .....	5
3. Notre projet.....	5
a. Notre « wow » .....	6
b. Notre « proof of concept » .....	6
i. Sources d'inspiration .....	6
ii. Fonctionnalités de jeu.....	8
iii. L'architecture.....	9
iv. L'interface utilisateur .....	10
v. Into the game.....	11
4. Le futur.....	17
Conclusion .....	17
Webographie.....	18



## Introduction

Depuis des siècles et des siècles, l'homme a été fasciné par la Lune. Cette fascination a poussé l'homme à y poser le pied lors de la grande époque de la conquête spatiale. Depuis, les difficultés financières ont empêché l'homme de réaliser un rêve plus grand encore : aller habiter sur la Lune.

Grâce à l'expérience acquise lors de la mise en place de l'ISS, les différentes agences spatiales se sont rendues compte de la difficulté résidant dans l'établissement d'une base permanente dans l'espace.

### 1. Notre challenge

A l'occasion de cette édition de l'International Space Apps Challenge, nous avons décidé de participer au challenge :

#### **BOOTSTRAPPING OF SPACE INDUSTRY**

Ou comme nous l'avons souvent résumé « Préparer l'arrivée des hommes sur la Lune ». Et c'est un sujet complexe !

Mais c'est aussi un sujet vaste, et notre temps était limité donc nous nous sommes concentrés sur 2 aspects :

- Gestion des ressources et de l'énergie
- Gestion du choix et de l'ordre de fabrication des différents éléments

Il s'agit pour nous de 2 éléments cruciaux car s'ils ne sont pas réalisés avec soin, ils mettent en danger toute la suite de la mission. En effet, un robot qui part sans avoir assez d'énergie est un robot perdu ! Ou encore, si les ressources à disposition ne sont pas suffisantes pour construire un bâtiment essentiel, la mission échoue !

## 2. Notre équipe



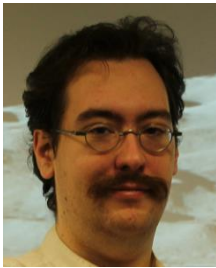
**Zoe Amblard, 22 ans**

Je suis étudiante en master 2 spécialisé en mathématiques et cryptographie. Fascinée par l'espace depuis de nombreuses années, j'ai voulu participer à cet événement car je trouve formidable l'idée de pouvoir travailler en collaboration avec des personnes partageant cette même passion. Ce challenge s'est révélé extrêmement intéressant car nous avons pu aborder la problématique posée sous différents angles : la réflexion scientifique sur la colonisation de la Lune, le réalisme d'une simulation d'industrie et l'objectif à la fois ludique et didactique du Serious Game.



**Simon Jambu, 24 ans**

Je suis étudiant en M2 Informatique spécialité Intelligence Artificielle à l'Université de Toulouse. J'ai accepté ce challenge car j'apprécie beaucoup les événements liés à la programmation et notamment celui-ci car c'est la Nasa qui est derrière tout ça.



**Jean-Thomas Masse, 25 ans**

Je suis actuellement doctorant au LAAS financé en CIFRE par Magellium. Ma moustache et moi sommes là pour apprendre de cette expérience et m'éclater. C'est en effet la première fois que je fais ce type d'événement, j'apprécie la prise de décision sur le moment et la créativité permanente, et c'est l'occasion de mettre en pratique certaines compétences moins utilisées au travail par exemple.



**Benjamin Vadant, 24 ans**

Je suis doctorant en interactions homme-robot au LAAS-CNRS, à Toulouse. J'ai toujours été intéressé par l'espace et « travailler avec la NASA » pendant un week-end était très attirant ! Et comme tout bon geek qui se respecte, ce challenge m'a tout de suite rappelé les SimCity, Civilization et autres !

## 3. Notre projet

Nous avons choisi de répondre à ce challenge en réalisant un *serious game*, c'est-à-dire un logiciel utilisant la technologie du jeu vidéo à but éducatif et non de simple divertissement. Nous avons essayé d'être au plus près de la réalité afin que les différentes stratégies de jeu émergentes puissent être facilement utilisées dans de futurs réels projets d'installations lunaires.

### **a. Notre « wow »**

Pourquoi notre projet est meilleur que les autres ? Tout simplement parce qu'avant même d'être un jeu, il s'agit d'une véritable vitrine des projets lunaires de la NASA : chaque robot, bâtiment est relié à son équivalent actuel ou au projet dont il sera le résultat.

Ce serious game est donc win-win : le grand public accède facilement et ludiquement aux différents projets réalisés par la NASA et cette dernière récupère des stratégies venant de personnes extérieures au domaine spatial. Ainsi elle bénéficie d'une action de communication et d'un point de vue neuf sur cette question

### **b. Notre « proof of concept »**

#### **i. Sources d'inspiration**

Pour notre projet, nous avons immédiatement pensé à un certain nombre d'éléments de notre culture: des films, bien entendu de science-fiction, et tout particulièrement à des jeux vidéo existants.

Les films et séries parlant de la colonisation de la Lune sont nombreux - alimentés par la course à l'espace dont nous avons parlé plus haut. Des sources les plus anciennes, comme la série Cosmos 1999, aux plus récents comme Moon, nous ont inspiré. Nous n'avons vraiment retenu que les idées les plus probables, comme l'intérêt pour les réserves d'Helium-3 sur la Lune, et adaptées d'autres, comme les séismes sur la Lune. Ces derniers seraient provoqués par le joueur, et non par l'activité tectonique, ce qui était impossible sachant que le noyau de la Lune n'est plus actif.

Les jeux vidéo nous ont plus particulièrement inspirés. Sachant que nous devons simuler une gestion de l'industrialisation de la Lune par des robots, nous avons pensé à huit jeux:

- Simcity
- Civilization
- Outpost
- Age of Empire
- Mine Craft
- Moonshield
- Moon Tycoon
- Moonbase Alpha

Seuls les 4 premiers seront décrits car ce sont les seuls que nous avons eu le temps d'analyser et de comparer.

SimCity est un jeu publié en 1989 et développé par Maxis et Infogrames, entres autres, puis de nombreuses autres versions sont sorties par la suite, améliorant le concept. Dans ce jeu sans véritable fin, excepté en cas de scénario, avec conditions de départ et de victoire, le joueur est le maire d'une ville et il ne peut que perdre la partie par faillite ou départ de ses citoyens. Le contrôle du maire sur sa ville s'exerce en désignant l'utilisation de zones entières de ville comme zone de résidence, commerciale, ou industrielle, dont l'affectation est influençable mais pas contrôlable. Le maire peut aussi placer des bâtiments municipaux telles que les postes de police, centrales, et hôpitaux, influençant plusieurs paramètres dans leurs champs d'action. Enfin, des catastrophes arrivent aléatoirement, mettant à l'épreuve l'agencement de la ville, qui doit alors



être bien couverte de bâtiments municipaux pour gérer la crise. Bien que le jeu se déroule dans un environnement totalement différent de notre projet, le côté gestion était une ressemblance forte, comme on nous l'a mentionné à plusieurs reprises.

La saga Civilization est une série de jeu de gestion d'état. Plusieurs objectifs coexistent : le joueur peut gagner soit par suprématie militaire, scientifique ou diplomatique. A chaque tour de jeu, le joueur doit à la fois gérer l'évolution de ses villes et l'exploration du monde. C'est cet aspect double-gestion que nous avons trouvé intéressant.

Outpost est un jeu de 1996, édité et développé par Sierra. L'objectif du jeu est de gérer la colonisation humaine d'une planète lointaine suite à la destruction de la Terre par un énorme météore. Le joueur choisit dans un premier temps le chargement du vaisseau en colons, matériels et équipements. Ensuite, il gère la colonie en construisant des bâtiments, minant des ressources, accomplissant des recherches, et veillant à la bonne gestion des crises et événements survenant aléatoirement ou de manière déterministe au cours d'une partie. Par exemple, apprendre l'établissement d'une seconde colonie par des dissidents, leur reddition, et autres. Outpost 2 est une suite sortie plus tard mais comprenant des aspects très éloignés de la gestion pure, ce qui nous a amené à le laisser de côté. C'est peut-être le jeu se rapprochant le plus du type de jeu que nous développons, si on omettait l'aspect gestion des colons, et nous a fortement inspiré pour l'aspect du jeu.

Age of Empire est un jeu de stratégie orienté militaire et comportant une phase préalable d'exploitation des ressources. Plutôt que de s'en inspirer, nous avons décidé de changer certains mécanismes existants afin de permettre une meilleure flexibilité pour la production des objets.

Ainsi, les usines d'AoE sont spécialisées et permettent chacune de produire un certain type d'unités (l'écurie produit des unités de type cavaliers, etc...). Pour nos usines de production de pièces détachées, plutôt que de forcer le joueur à construire au minimum une usine de chaque « type », nous avons défini un seul modèle d'usine qui serait capable de produire toutes les pièces détachées possibles. Toutefois, passer de la production d'une série d'objets à une série d'objets différents oblige une réorganisation de la chaîne d'assemblage qui se traduit par un délai de préparation de l'usine, durant lequel aucune unité ne peut être produite. Ainsi, une plus grande flexibilité est possible à condition que le joueur prenne garde à gérer correctement les délais de restructuration des usines pour optimiser l'efficacité de sa production.

Minecraft est un jeu de type survival, faisant intervenir des graphismes en 3D constitués uniquement de blocs à détruire, à assembler ou à transformer en objets utilisables par le joueur. Outre le fait qu'il permet une flexibilité totale, ce jeu fait intervenir une dimension supplémentaire dans sa difficulté car la survie du joueur, totalement livré à lui-même dans un environnement qui devient hostile quand la nuit tombe, dépend en grande partie de sa rapidité à se construire un abri, à rassembler les ressources, etc...

Nous nous sommes inspirés de cette idée de « rush » pour créer notre notion d'événements aléatoires, ces moments de crise qui peuvent modifier brusquement la situation du joueur et auxquels il doit faire face avec les moyens à sa disposition, en disposant parfois d'un laps de temps très court pour prendre le maximum de décisions possibles et tenter de limiter les dégâts causés à sa colonie.

Moonshield est un serious game basé web de Thalès, sortie en 2008, réalisé par KTM Advance. Le jeu est une vitrine des diverses technologies existantes ou en recherche du groupement Thalès, et le joueur gère la colonie lunaire comme première ligne de défense contre

des météores en route vers la Terre. La partie se solde par un score et l'objectif est de poster le meilleur score. Nous ne l'avons pas analysé, faute de temps suffisant et ayant de vagues souvenirs d'un jeu trop accessible pour notre goût.

Moon Tycoon est un jeu qui est apparu lors de nos recherches mais nous n'avons pas pu l'analyser.

Moonbase Alpha est un autre jeu gratuit de la NASA, où un joueur ou une équipe doit réparer à temps la base lunaire qui vient de subir une pluie de météorite. Le temps est crucial et le joueur est à la place d'un astronaute sur la Lune dans sa combinaison spatiale. Le type de gameplay n'était pas adapté, nous avons pensé l'analyser pour incorporer des technologies de la NASA, mais une analyse superficielle n'a pas révélé de technologies directement liée aux robots, donc nous l'avons laissé de côté.

Bien évidemment, nous n'avons pas été inspirés que par des jeux ! Afin de faire une première sélection de bâtiments et objets, nous nous sommes tournés vers le projet « Global Construction Set » qui a pour objectif la création de 50 machines nécessaires à la fabrication d'un village sur Terre, le tout étant sous licence libre. De plus, nous avons utilisé les ressources de la NASA pour imaginer certains robots (le robot STRAM est en fait un « descendant » du robot RASSOR) afin d'illustrer notre concept de contenu pédagogique lié au jeu.

## **ii. Fonctionnalités de jeu**

### **Sélectionner une unité pour accéder à ses opérations spécifiques**

- Robot
- Bâtiment
- Ressource

### **Choisir une catégorie d'opérations**

- Construire : bâtiment, robot, etc...
- Réassigner un robot ou interrompre une tâche en cours
- Fabriquer des objets à partir de pièces détachées
- Explorer : voyager, lancer une détection radar, etc...
- Etudier : série de tests scientifiques, récolte d'échantillons
- Réparer : maintenir en état, recharger en énergie
- Démanteler : recycler pour récupérer des pièces détachées
- Préparer une zone de terrain : aplanir, poser des rails, etc...
- Creuser, consolider, remblayer, déblayer, déplacer des déchets
- Extraire des ressources, remplir une unité de transport
- Transporter un robot plus petit grâce à une unité de transport
- Utiliser des ressources récoltées : commerce, raffinerie, transformation en pièces détachées

### **Prendre une décision**

- Demander une analyse de données
- Demander d'établir une liste des zones de prospection
- Assigner une liste de tâches pour une durée donnée
- Estimer un délai de déplacement, d'extraction, de fabrication ou de construction



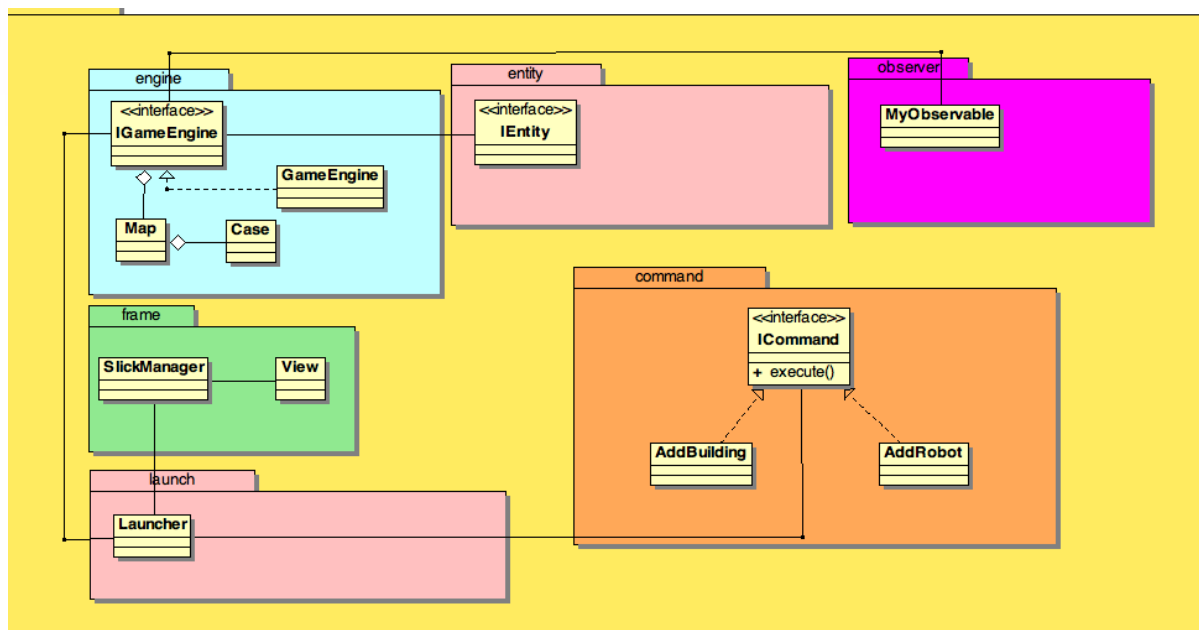
### iii. L'architecture

Nous avons décomposé notre architecture en modules.

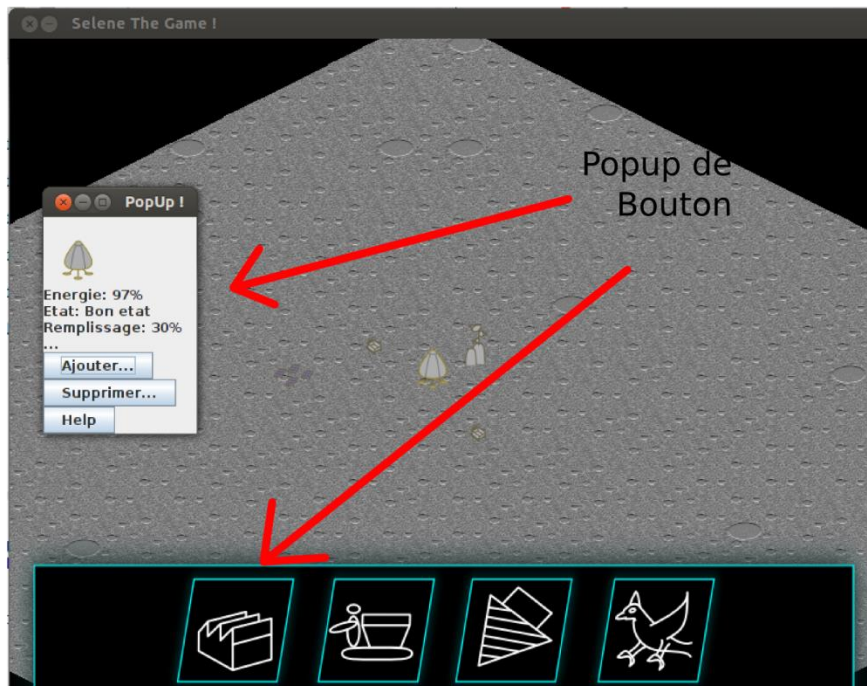
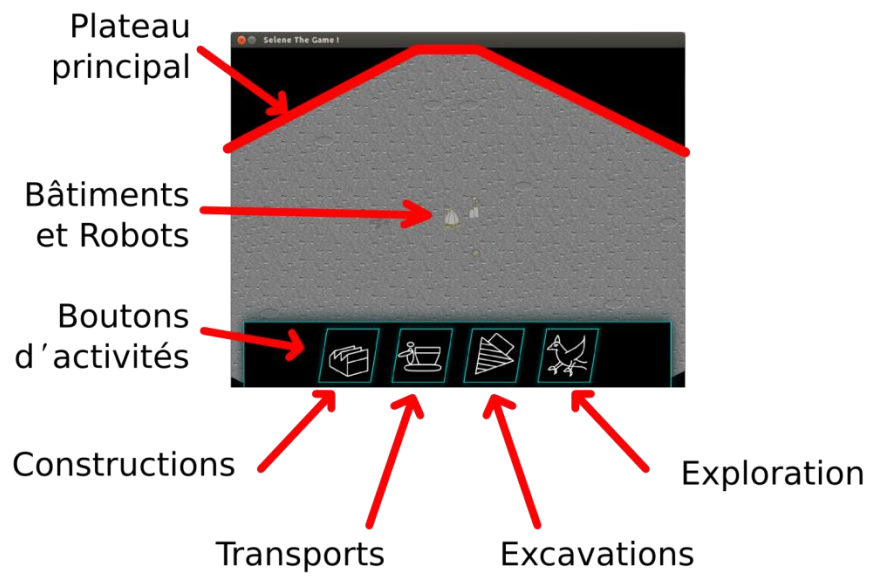
Le module GameEngine ainsi que ce qui s'ajoutera au package concerne la partie métier, traitement des règles du jeu

La partie affichage graphique est gérée dans le package frame. Nous avons opté pour Slick2D comme moteur graphique afin de simplifier la gestion de l'affichage et des événements utilisateurs.

Les autres packages concernent plus des outils internes liés à la bonne manière de concevoir une application logicielle (les design pattern).



#### iv. L'interface utilisateur



## **v. Into the game**

### ***“ Bonjour, Houston. Nous avons atterri. ”***

Cette simple phrase, en s'affichant sur vos écrans, a déclenché un tonnerre d'acclamations. Depuis presque six jours, vous suivez le parcours de la navette BIFROST chargée d'acheminer votre précieuse cargaison vers la Lune. Vous y avez entassé tout ce que vous avez pu ; un scanner et une imprimante 3D, un bulldozer et une pelleuse, un four à induction et des panneaux solaires, tout ce dont vous pourriez avoir besoin pour faire surgir des monotones étendues lunaires une florissante industrie. Le sas s'ouvre sur l'extérieur, libérant le passage aux rares occupants de la navette ; DANEEL, l'opérateur, HUGIN et MUNIN, les explorateurs, DOC, le réparateur, et AM, STRAM, GRAM, les trois ouvriers.

Sept robots, du matériel, et un monde à exploiter.

*Désignation : DANEEL*  
*Fonctions : coordination, exploitation des données*  
*Description : Récupère les diverses données transmises par HUGIN et MUNIN, les mets en relation et les utilise pour dégager une série de conseils/décisions potentielles*  
*Caractéristiques : Processeur puissant, faible mobilité, grande capacité de communication à distance*

*Désignation : HUGIN, MUNIN*  
*Fonctions : exploration, reconnaissance, prélèvement et traitement d'échantillon*  
*Description : Se déplace en analysant l'environnement autour de lui, repère les zones intéressantes, récupère un échantillon, l'analyse et envoie les résultats à DANEEL*  
*Caractéristiques : Grande mobilité, scanner développé, laboratoire ambulant*  
*Remarques : Hugin fait les analyses, Munin stocke les échantillons pour les ramener à la base*

*Désignation : DOC*  
*Fonctions : main d'œuvre de précision*  
*Description : Peut intervenir pour les travaux de grande précision ; réparation, etc...*  
*Caractéristiques : Maniement optimal des matériaux de réparation*

*Désignation : AM, STRAM, GRAM*  
*Fonctions : transport, excavation, construction*  
*Description : Trio de robots dédiés au génie civil, du minage à la construction. AM peut transporter de lourdes charges, STRAM est creuseur et GRAM est bâtisseur*  
*Caractéristiques : Bonne mobilité, capacités de transport et de maniement des outils*



### *Situation à l'arrivée :*

- Vous disposez de votre réserve d'énergie de base et des communications avec Houston.

### *Vos premiers objectifs :*

- Assurer une production minimale d'énergie et son stockage en entrepôts.
- Mettre en place une première mine pour la récupération de matière première lunaire
- Grâce à la construction d'une usiné dédiée, construire un premier robot sur place.

### *Objectifs futurs :*

- Mettre en place des installations au sol (par exemple un réseau de rails...) pour automatiser et accélérer les déplacements de vos robots entre les mines, les différents points de stockage et la base.
- Placer une liaison relai sur le Mont Malapert, à 120 km du cratère, perpétuellement visible de la Terre.
- Créer un système de commerce avec la Terre pour l'acheminement et la revente de vos produits.
- Préparer l'arrivée des humains en mettant l'accent sur l'extraction d'hydrogène et la mise en place d'un habitat viable (à température ambiante d'environ 20°C), par exemple en souterrain ou dans une caverne créée par un tube de lave refroidi.

### **Premier scénario : prospection en zone sombre**

Bravo, vous avez réussi à établir un début de base lunaire ! Quelques bâtiments ont déjà émergés ; vos panneaux solaires sont en place, vous disposez des premières installations nécessaires à la création et à la maintenance de votre personnel robotisé, et le contact avec Houston est assuré. Maintenant que vous êtes là, pourquoi ne pas se lancer dans la mise en place de votre première mine ?

*DANEEL : « Bonjour, Houston. Nous ne disposons actuellement d'aucune mine en activité. L'Hélium 3 est présent en quantités plus importante dans les zones perpétuellement sombres que dans les zones ensoleillées. Peut-être pourrions-nous commencer une prospection vers une des zones sombres de ce secteur pour augmenter nos chances de découvrir un nouveau gisement ? »*

*HOUSTON : « Très bien ! Indique-moi toutes les zones sombres dans un rayon de 5 km. »*

*DANEEL : « Voici quels sont les sites potentiellement intéressants : (liste de coordonnées) »*

Vous commencez par choisir une zone à explorer. DANEEL vous renvoie une double liste : d'un côté, les robots explorateurs en état de marche dont vous disposez, ainsi que leur usure et leur réserve d'énergie, de l'autre côté, les sites avec leurs caractéristiques : distance à la base (énergie et délai), étendue à explorer, accessibilité...

Vous choisissez un robot à envoyer, la liste des sites s'édite en affichant la probabilité de succès pour A (Aller) ou pour A/R (Aller-Retour). Vous choisissez le site avec la plus forte probabilité de succès et ordonnez au robot d'y aller en cliquant sur l'icône « voyager ».

La double liste disparaît et HUGIN se met en mode « déplacement » (barre de délai et barre d'énergie décroissantes). Au fur et à mesure que le temps passe, il se déplace de case en case vers sa destination. Lorsque le délai total est écoulé, vous avez accès au site et aux fonctionnalités associées :

- Détecter la présence d'Hélium 3. Si rien, on fait rentrer HUGIN à la base ou on le réaffecte à une autre zone sombre (en calculant à nouveau le coût énergétique de déplacement et le délai pour aller de zone1 à zone2 et de zone2 à base).
- Hélium 3 détecté ! Vous pouvez maintenant effectuer une batterie de tests pour déterminer la qualité du gisement, sa profondeur, son volume et son épandage. Toutes ces informations sont acheminées en temps réel à DANEEL (sauf en cas de coupure des communications lors d'une situation de crise générée aléatoirement).

### **✓ Nouvelle présence d'Hélium 3 détectée**

HUGIN entame ensuite son voyage de retour vers la base.

Pendant ce temps, DANEEL traite les informations récupérées et publie un rapport indiquant les différentes caractéristiques du site (besoins en matériel et infrastructure, temps de préparation avant l'exploitation du site, quantité de ressource exploitable, coût à l'exploitation et à l'acheminement pour une tonne, prix de vente pour une tonne, etc...). Il termine en vous donnant une estimation de la rentabilité globale (prix total de mise en œuvre et exploitation comparé au bénéfice rapporté par la vente des matériaux).

✓ **Nouveau site ajouté à votre liste de sites exploitables**

Si vous souhaitez exploiter ce site, vous devez d'abord rassembler le matériel nécessaire en le fabriquant grâce à GRAM si besoin est. Vous envoyez ensuite AM, chargé du matériel, et STRAM, vers le site (dans la version démo, vous avez tout ce qu'il vous faut pour commencer à construire votre mine).

Vous pouvez soit leur ordonner de se rendre directement sur le site, soit leur demander d'aplanir préalablement le chemin pour faciliter les futurs déplacements (cela a également un coût en ressources et énergie). Selon l'étendue de la zone sombre, vous pouvez également avoir à gérer le renouvellement de l'énergie en installant des « rechargeurs solaires » le long du chemin.

Une fois arrivés au site, vous devez gérer la mise en place de la mine : comment creuser, comment solidifier la structure, où stocker provisoirement les ressources extraites, où disposer les déchets, etc...

✓ **Nouvelle mine ajoutée à votre liste**

Vous pouvez ensuite commencer l'exploitation de votre mine et construire au fur et à mesure d'autres robots à affecter à cette zone, ou aménager le terrain en construisant des infrastructures plus adaptées à l'acheminement des ressources.

## **FIN DU PREMIER SCENARIO**



### **Second scénario : 3 minutes avant le silence**

Votre base s'est maintenant bien développée, les deux mines que vous exploitez commencent à vous rapporter de l'argent, et vos courageux petits explorateurs mécaniques ont même détecté un beau gisement d'Hélium 3 pratiquement sur le pas de votre porte.

Franchement, qu'est-ce qui pourrait mal tourner ?

*HOUSTON : « DANEEL, ici HOUSTON ! DANEEL, ici HOUSTON ! Tu nous reçois ? »*

*DANEEL : « Je vous reçois cinq sur cinq, HOUSTON. »*

*HOUSTON : « Une tempête solaire va venir vous frapper, nous risquons de perdre la communication. Prépare la base pour le protocole 6-4-9 d'isolation. Je répète : protocole d'urgence 6-4-9. »*

*DANEEL : « Bien reçu, HOUSTON. J'attends vos instructions. »*

Plusieurs de vos robots sont dehors, quelque part. Ils s'attellent aux tâches quotidiennes avec l'obéissance qui est la leur, sans savoir que d'ici quelques minutes, ils se retrouveront peut-être coupés de la base. Pire, coupés de la Terre. Seuls. Dehors. Dans le grand silence.

Combien d'ordres pouvez-vous donner en trois minutes ? Et surtout, quels ordres allez-vous donner ?

S'ils ne se sont pas abrités à temps, les robots courent le risque d'être endommagés par l'éruption solaire. Le protocole d'urgence stipule que les communications avec la Terre seront automatiquement rétablies dès que la tempête solaire sera terminée, mais le temps de coupure peut varier de quelques heures à plus d'une journée.

Plusieurs ordres sont possibles :

- Arrêt de la tâche actuelle pour retour à la base immédiat
- Arrêt de la tâche actuelle pour aller s'abriter dans une structure proche

On peut également choisir de les laisser construire jusqu'à la dernière minute avant de les laisser rentrer à la base. Si certains robots ne sont pas affectés à une tâche, ils tentent automatiquement de revenir vers le centre de production d'énergie de la base.

Il est prudent de sauver en priorité les robots réparateurs et fabricants, plus difficiles et plus coûteux à remplacer. Une fois l'éruption passée et les communications rétablies, vous devez rapidement recenser les robots endommagés et les réparer.

**FIN DU SECOND SCENARIO**

### **Troisième scénario : la dernière marche du transporteur**

« Aidez-moi. Aidez-moi. Aidez-moi. Aidez-moi. Aidez-moi. Aidez-moi. Aidez-moi. »

L'appel résonne de relai en relai, déformé, affaibli, mais transmis tant bien que mal jusqu'aux oreilles attentives de DANEEL qui déclenche immédiatement un protocole d'alarme. Quelque part dans ce paysage monotone, un robot émet et attend. Est-ce un souci mécanique qui l'a condamné à s'immobiliser au milieu de nulle part ? A-t-il été victime d'un accident, d'une panne, ou simplement d'un épuisement précoce de ses réserves d'énergie ? De tous les robots présents sur la base, seul deux sont partis travailler dans cette zone.

L'alerte a été reçue, et HOUSTON s'enquiert de la situation. De quel robot s'agit-il ? Transporte-t-il du matériel, ou des matières premières ? Doit-il être réparé ou est-il préférable de l'abandonner ?

DANEEL transmet patiemment toutes les informations au fur et à mesure qu'elles lui parviennent ; c'est AM, le robot transporteur qui, de retour de la mine, s'est figé au milieu de la plaine, à plus de trente kilomètres de là. Il transporte des minerais de fer, un plein chargement qui sera perdu si on ne trouve pas un moyen de le récupérer. Mais trente kilomètres, c'est loin, et très coûteux en énergie. AM et son dos chargé de fer en valent-ils la peine ?

Grâce aux informations transmises par AM, DANEEL évalue les diverses options possibles : distance à la base, gravité des réparations, coût d'aller-retour d'un DOC, perte du robot et de son chargement, dépenses totales en énergie pour une mission de sauvetage...

Vous avez ensuite une décision à prendre, aussi douloureuse soit-elle. D'après les calculs de DANEEL, quelle est la solution la plus rentable ? Disposez-vous d'un GRAM de rechange pour pallier à la disparition de celui-ci ? Si non, êtes-vous en mesure d'en construire un nouveau rapidement ?

Il ne faut pas oublier de prendre également en compte les délais d'extraction et d'acheminement d'une nouvelle cargaison de minerai de fer, qui arrivera avec un retard considérable par rapport à la précédente. Au cas où vous auriez un besoin rapide de fer pour vos usines, un abandon de la cargaison ne serait peut-être pas la solution la plus judicieuse.

**FIN DU TROISIEME SCENARIO**

## 4. Le futur

Les limites temporelles du week-end nous ont malheureusement limités en termes d'implémentation de fonctionnalités. Néanmoins, notre imagination et notre créativité ne se sont pas arrêtées là ! Voici quelques pistes pour de nouvelles fonctionnalités :

- **Mode multi-joueurs** La mise en place de relations commerciales avec d'autres joueurs installés dans d'autres cratères permettra d'évaluer l'intérêt d'une spécialisation en extraction ou fabrication d'une base lunaire. On peut aussi envisager un système de création de nouveau robot ou nouveau bâtiment qui seraient une sorte de boîte à idées pour la NASA.
- **Arrivée des humains** De nouvelles problématiques apparaissent avec des êtres vivants. Par exemple, les radiations cosmiques limitent le temps passé à la surface, mais si les astronautes ne sont pas dehors, où sont-ils ?
- **La Lune, point étape vers Mars** L'établissement d'un spatioport sur la Lune soulève des problématiques de gestion de l'espace, fabrication de vaisseaux spatiaux...
- **Après une base sur la Lune, une base sur Mars !** L'environnement martien étant sensiblement différent de l'environnement lunaire, des contraintes supplémentaires apparaissent : les robots s'usent plus vite à cause de la poussière, de longues périodes de rupture de contact avec la Terre peuvent survenir, ou encore des périodes sans Soleil empêchant le rechargement par énergie solaire.

## Conclusion

Depuis le jour où nous avons posé le pied pour la première fois sur la Lune, nous avons souhaités y établir une colonie habitable par l'homme. Cette fabuleuse ambition qui, il y a peu de temps encore, appartenait au domaine de l'impossible, pourrait bien un jour se concrétiser si on considère la rapidité impressionnante de nos avancées technologiques. Peut-être aurons-nous la chance de voir aboutir ce vieux rêve de l'humanité ? Nous pouvons en tout cas nous y préparer en exerçant notre imagination et en mettant notre réflexion au service de ce formidable projet.

Ces deux jours de challenge nous ont donnés l'occasion de nous rencontrer, de travailler ensemble et de mettre nos compétences et notre passion en commun pour esquisser une première ébauche de projet. Nous avons mis dans ces deux jours toute notre énergie et notre enthousiasme, et nous espérons que vous trouverez autant de plaisir que nous en découvrant le résultat.

Happy Space Apps Challenge !



## Webographie

Moon Fact Sheet

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>

Global Village Construction Set <http://opensourceecology.org>

RASSOR <http://www.nasa.gov/topics/technology/features/RASSOR.html>

Shackleton Crater [http://en.wikipedia.org/wiki/Shackleton\\_crater](http://en.wikipedia.org/wiki/Shackleton_crater)

SMART-1 [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/SMART-1/Shackleton\\_crater SMART-1 s search for light shadow and ice at lunar South Pole](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/SMART-1/Shackleton_crater_SMART-1_s_search_for_light_shadow_and_ice_at_lunar_South_Pole)