

Activité d'informatique débranchée : Un robot sur Mars

Éléonore Mangel

Temps de l'activité : 1h45

Niveau minimal des élèves : Première NSI

Prérequis : Opérateurs booléens et tables de vérité

Matériel utilisé : Feuilles représentant la planète Mars et un jeton pour le robot pour chaque groupe de 3-4 élèves

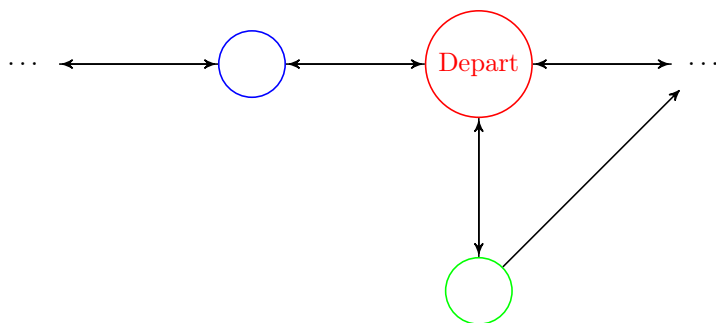
Règles du jeu

Le principe est le suivant : un robot doit explorer la planète Mars. Pour cela, il doit suivre des missions qui lui indiquent où se déplacer et dans quel ordre, par exemple "Recharge-toi en essence dans le vaisseau puis prend une photo d'un volcan". Le but de cette activité est de voir comment exprimer les spécifications de ces missions.

Déroulement de l'activité

L'activité commence en réintroduisant les opérateurs booléens. Pour cela, on donnera les tables de vérité de chacun de ses opérateurs et on fera des exercices courts pour se familiariser avec.

Ensuite, je présenterais la représentation de Mars :



Ici, chaque cercle représente un lieu et sa couleur ce qu'il contient (un volcan, un plateau, ...). Les flèches indiquent comment on peut se déplacer entre les lieux. La carte complète se trouve en annexe.

On remarque que les opérateurs booléens ne permettent pas de parler des déplacements du robot et je demanderais aux élèves de réfléchir en groupe à des nouveaux opérateurs qui permettraient de le faire. Après examination de leurs réponses, je leur présenterais deux nouveaux opérateurs logiques dites modales, S (pour Suivant) et J (pour Jusqu'à) et leur signification. Les élèves devront ensuite transcrire des formules qui utilisent ces nouveaux opérateurs en phrase en français qui décrivent des missions. Puis, ils réaliseront l'opération inverse en transcrivant en formule logique des missions exprimés par des phrases. Puis on distribue à chaque groupe d'élèves une feuille représentant la planète Mars, un jeton pour le robot et une liste de missions. Ils devront alors vérifier quelles missions sont réalisables par le robot.

On pourra envisager une seconde séance où on examinera le cas où une partie du robot ne fonctionne plus correctement et où il n'est donc plus complètement maître de ses mouvements.

Notions informatiques abordées

Cette activité introduit des notions de vérification de modèles, que ce soit les structures qui sont utilisées pour représenter Mars, ou la logique modale pour exprimer les spécifications des missions données au robot. Ces structures permettent de formaliser un système par un modèle et les formules de logique modale d'exprimer des propriétés de ce modèle. Ces outils sont utilisés pour vérifier que les programmes vérifient les propriétés attendues et qu'ils sont donc corrects.

Information complémentaire à la fiche de synthèse : Description de la logique utilisée

Pour construire les formules, on utilisera les opérateurs booléens au programme de première NSI (and (noté \wedge), or (\vee), not (\neg), 0, 1) auxquels on ajoutera deux opérateurs logiques dites modales, S et J (pour, respectivement, Suivant et Jusqu'à), qui ont la signification suivante :

- La formule $S\varphi$ est valide à la position s si il existe une position s' tel qu'il y ai une flèche entre s et s' et que φ soit valide à la position s' .
- La formule $\varphi_1 J \varphi_2$ est valide à la position s si il existe un chemin partant de s jusqu'à une position s' tel que φ_1 soit valide le long du chemin et que φ_2 soit valide à la position s' .

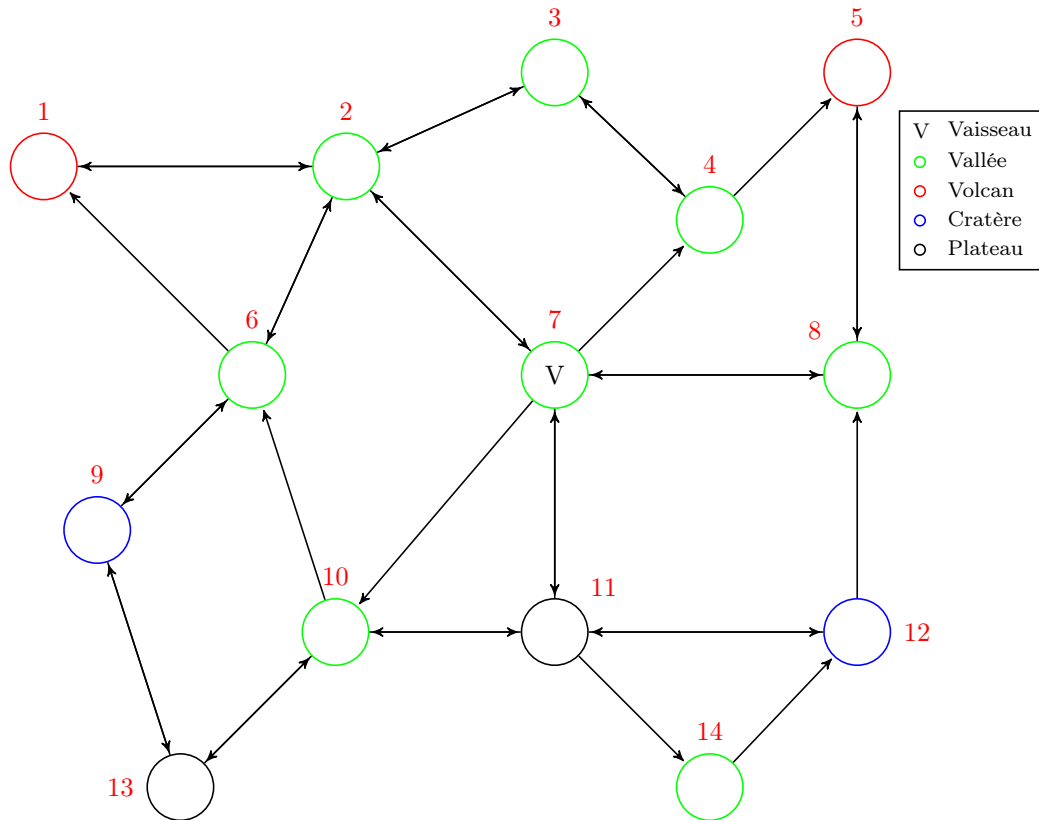
La transcription d'une mission dans cette logique est une formule logique qui soit valide à une position si et seulement si le robot est capable de suivre la mission à partir de cette position. Ainsi l'ordre "Va dans dans un volcan en exactement 4 déplacement" se transcrit en

SSSS volcan

Exemples de missions et leurs formules logiques :

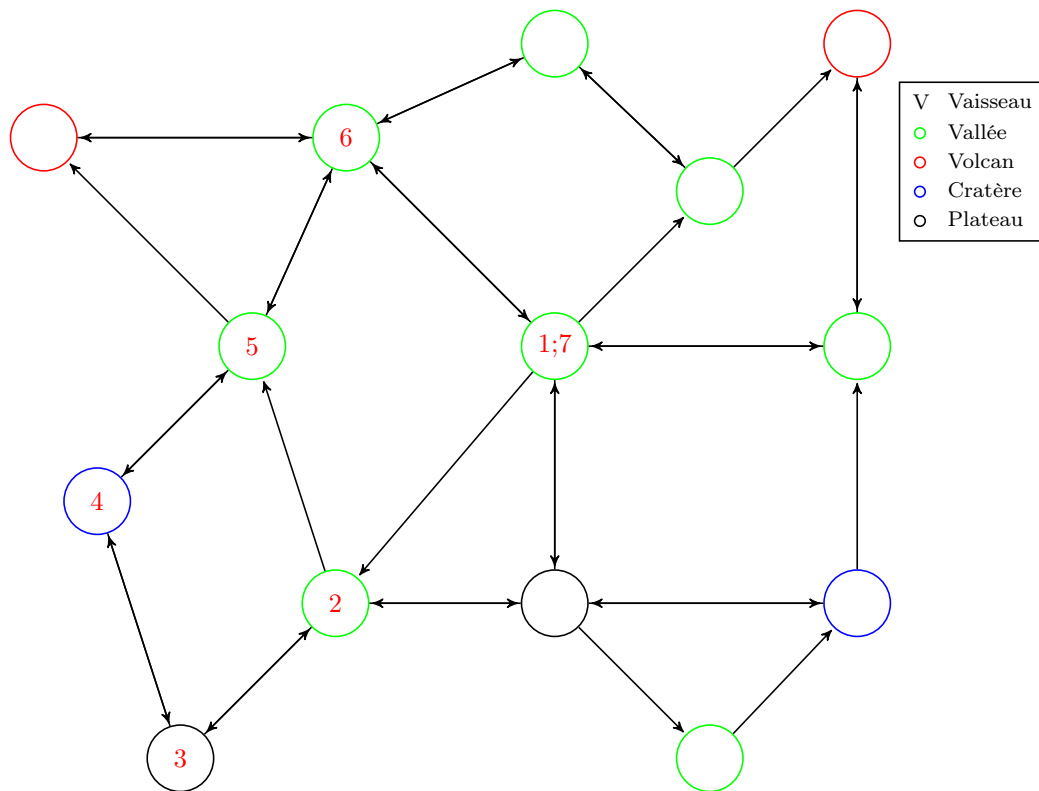
"Va dans un plateau"	$\top J \text{ plateau}$
"Recharge-toi en essence dans le vaisseau, puis prend une photo d'un volcan"	$\top J (\text{vaisseau} \wedge (\top J \text{ volcan}))$
"Va dans un cratère en ne passant que par des vallées"	$\text{vallee} J \text{ cratere}$
"Va dans un plateau en ne passant d'abord que par des vallées, puis que par des cratères. "	$\text{vallee} J (\text{cratere} J \text{ plateau})$
"Va dans un plateau sans passer par un cratère."	$(\neg \text{cratere}) J \text{ plateau}$
"Va dans un cratère en 4 déplacements sans passer par un plateau"	$S(S(S(\text{cratere} \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}$

Carte de Mars



Exemple de déplacements :

Le déplacement suivant prouve que la mission : "Cherche des échantillons de terre dans un cratère, puis ramène les au vaisseau sans passer par un volcan" qui se traduirait par la formule : $\top J(\text{cratere} \wedge ((\neg \text{volcan}) \text{J} \text{vaisseau}))$ est valide à la position 7.



Minutage de l'activité

Durée	Phases	Activité et consignes	Matériel
5'	Introduction de la séance	On commence par répartir les élèves en groupe de 3 ou 4.	
10'	Rappel des opérateurs booléens	Les opérateurs "and", "or" et "not" ont déjà été vus dans les cours de NSI, donc il ne s'agit que d'un rappel rapide. On distribue les fiches activités et les élèves doivent trouver en groupe, pour chaque formule, un robot qui la satisfie.	Fiche Activité 1
5'	Présentation de la carte de Mars	On distribue une carte à chaque groupe. On explique la signification des couleurs des lieux et qu'on peut passer d'un lieu à un autre en suivant les flèches et on fait remarquer que les flèches ont un sens et qu'on ne peut pas toujours les suivre dans les deux sens.	Carte de Mars imprimée A4
10'	Recherche en groupe	Chaque groupe d'élèves réfléchit à comment exprimer les déplacements en s'inspirant des opérateurs de logique booléenne.	
5'	Mise en commun	Chaque groupe présente rapidement ses idées d'opérateurs.	
5'	Présentation des opérateurs S et J	On présente les opérateurs S et J en essayant de faire le lien avec les propositions des élèves	
15'	Transcription de formules en français	On distribuera une fiche activité à chaque groupe. Dans cette partie, il faudra transcrire une liste de formules sous forme d'ordre en français. Les formules sont triées par difficultés.	Fiche Activité 2
5'	Correction	Correction au tableau	
10'	Opération inverse	Cette fois-ci, on transcrit des phrases en français en formule.	Fiche Activité 2
5'	Correction	Correction en tableau	
15'	Examiner quels ordres sont satisfaisables	On distribue un jeton qui représente le robot à chaque groupe. Ils vérifient sur la carte si les formules données plus tôt sont satisfaisables ou non.	1 carte, 1 jeton et Fiche Activité 2
5'	Correction	Correction au tableau	
5'	Conclusion	Pour conclure, on explique comment les outils informatique abordés pendant la séance (structure utilisée pour modéliser la carte de mars, logique modale) sont utilisés pour faire de la vérification de programme.	

Correction de la Fiche Activité 1

- $(\text{tete bleue} \wedge \text{bras rouges}) \vee (\text{bras jaunes} \wedge \text{bras bleus})$
Un robot aux bras rouge et à la tête bleue
- $(\text{bras rouges} \wedge \text{roues noires} \wedge \perp) \vee (\text{tete rouge} \wedge \neg \text{roues jaunes})$
Un robot aux roues rouge et à la tête rouge
- $\neg(\text{roues jaunes} \vee \text{bras rouges} \vee \neg \text{tete blanche}) \wedge (\text{bras rouges} \vee \text{roues noires})$
Un robot aux roues noires, à la tête blanche et aux bras jaunes

Correction de la Fiche Activité 2

Transcription des formules en français

"Va dans un cratère en ne passant que par des vallées"	vallee J cratere
"Va dans un plateau"	\top J plateau
"Va dans un plateau ou dans un cratère"	$(\top \text{ J plateau}) \vee (\top \text{ J cratere})$
"Va dans un plateau en ne passant d'abord que par des lieux desquels on peut aller dans un cratère en ne passant que par des vallées."	$(\text{vallee J cratere}) \text{ J plateau}$
"Va dans un cratère en 4 déplacements sans passer par un plateau"	$S(S(S(S \text{ cratere} \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}) \wedge \neg \text{plateau}$
"Va dans un cratère en au moins un déplacement en ne passant que par des vallées sauf éventuellement juste avant le cratère."	vallee J(S cratere)
"Va dans un cratère en au moins un déplacement en ne passant que par des plateaux sans compter le point de départ."	$S(\text{plateau J cratere})$

Transcription dans le sens inverse

"Va dans un plateau sans passer par un cratère."	$(\neg \text{ cratere}) \text{ J plateau}$
"Recharge-toi en essence dans le vaisseau, puis prend une photo d'un volcan"	$\top \text{ J (vaisseau} \wedge (\top \text{ J volcan}))$
"Cherche des échantillons de terre dans un cratère, puis ramène les au vaisseau sans passer par un volcan"	$\top \text{ J (cratere} \wedge ((\neg \text{ volcan}) \text{ J vaisseau}))$
"Va dans un plateau en ne passant d'abord que par des vallées, puis que par des cratères. "	vallee J(cratere J plateau)
"Cherche des échantillons de pierre volcanique dans un volcan, puis ramène les dans un plateau en 4 déplacements maximum"	$\top \text{ J (volcan} \wedge (S \text{ plateau} \vee (SS \text{ plateau} \vee (SSS \text{ plateau} \vee SSSS \text{ plateau}))))$
"Va dans un volcan en au moins un déplacement en ne passant que par des lieux adjacents au vaisseau sauf éventuellement le dernier."	$(S \text{ vaisseau}) \text{ J (S volcan)}$
"Tu ne peux pas aller dans un volcan en passant par un plateau"	$\neg(\top \text{ J (plateau} \wedge (\top \text{ J volcan}))$

Quels ordres sont satisfaisables par le robot ?

- Formule 1.1 en partant de la position 8 **Satisfaisable**
- Formule 2.2 en partant de la position 12 **Satisfaisable**
- Formule 2.3 en partant de la position 7 **Satisfaisable**
- Formule 1.5 en partant de la position 5 **Satisfaisable**
- Formule 2.5 en partant de la position 7 **Satisfaisable**
- Formule 2.6 en partant de la position 10 **Non Satisfaisable**
- Quelles sont les positions à partir desquelles la formule 1.7 est satisfiable ? **6,7,9,10,11,12,13,14**

Fiche Activité 1 : Un robot sur Mars

Table de vérité des opérateurs de logique booléenne

A	B	$A \wedge B$
\perp	\perp	\perp
\perp	\top	\perp
\top	\perp	\perp
\top	\top	\top

A	B	$A \vee B$
\perp	\perp	\perp
\perp	\top	\top
\top	\perp	\top
\top	\top	\top

A	$\neg A$
\perp	\top
\top	\perp

Donner un exemple de robot qui correspond à la formule

Une partie d'un robot ne peut avoir qu'une seule couleur.

1. $(\text{tete bleue} \wedge \text{bras rouges}) \vee (\text{bras jaunes} \wedge \text{bras rouges})$
2. $(\text{bras rouges} \wedge \text{roues noires} \wedge \perp) \vee (\text{tete bleue} \wedge \neg \text{roues jaunes})$
3. $\neg(\text{roues jaunes} \vee \text{bras rouges} \vee \neg \text{tete blanche}) \wedge (\text{bras rouges} \vee \text{roues noires})$

Fiche Activité 2 : Un robot sur Mars

Nouveaux opérateurs logiques

Les deux nouveaux opérateurs sont S et J (pour, respectivement, Suivant et Jusqu'à) et ont la signification suivante :

- La formule $S\varphi$ est valide à la position s si il existe une position s' tel qu'il y ai une flèche entre s et s' et que φ soit valide à la position s' .
- La formule $\varphi_1 J \varphi_2$ est valide à la position s si il existe un chemin partant de s jusqu'à une position s' tel que φ_1 soit valide le long du chemin et que φ_2 soit valide à la position s' .

1 Transcription des formules en français

1. vallee J cratere
2. $\top J$ plateau
3. $(\top J \text{ plateau}) \vee (\top J \text{ cratere})$
4. $(\text{vallee J cratere}) J \text{ plateau}$
5. $S(S(S(S \text{ cratere} \wedge \neg \text{ plateau}) \wedge \neg \text{ plateau}) \wedge \neg \text{ plateau}) \wedge \neg \text{ plateau}$
6. vallee J(S cratere)
7. $S(\text{plateau J cratere})$

2 Transcription dans le sens inverse

1. "Va dans un plateau sans passer par un cratère."
2. "Recharge-toi en essence dans le vaisseau, puis prend une photo d'un volcan"
3. "Cherche des échantillons de terre dans un cratère, puis ramène les au vaisseau sans passer par un volcan"
4. "Va dans un plateau en ne passant d'abord que par des vallées, puis que par des cratères. "

5. "Cherche des échantillons de pierre volcanique dans un volcan, puis ramène les dans un plateau en 4 déplacements maximum"
6. "Va dans un volcan en au moins un déplacement en ne passant que par des lieux adjacents au vaisseau sauf éventuellement le dernier."
7. "Tu ne peux pas aller dans un volcan en passant par un plateau"

3 Quels ordres sont satisfaisables par le robot ?

1. Formule 1.1 en partant de la position 8
2. Formule 2.2 en partant de la position 12
3. Formule 2.3 en partant de la position 7
4. Formule 1.5 en partant de la position 5
5. Formule 2.5 en partant de la position 7
6. Formule 2.6 en partant de la position 10
7. Quelles sont les positions à partir desquelles la formule 1.7 est satisfiable ?

Carte de Mars

