DIC938K – Planification automatique

Résolution de problèmes par recherche

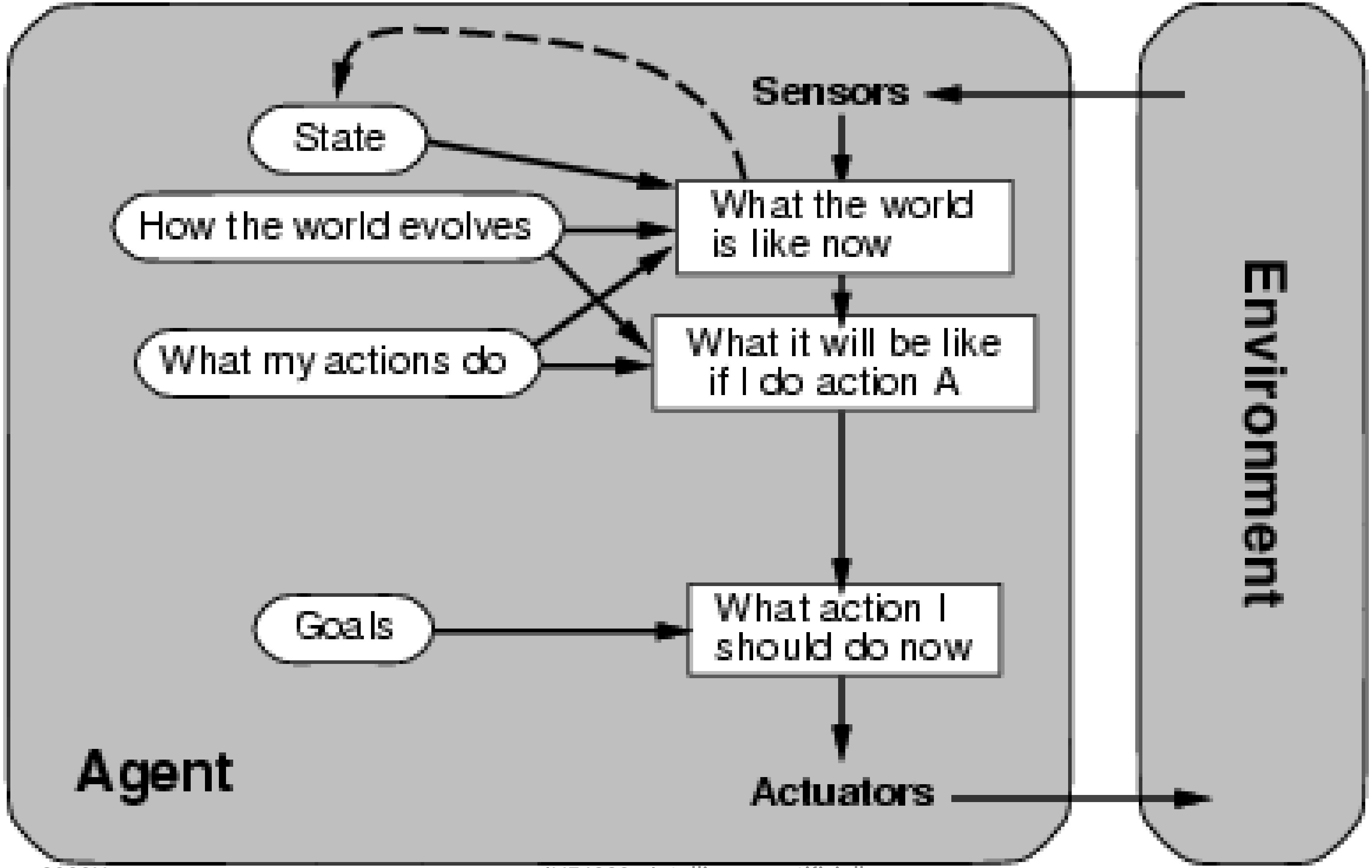
Hiver 2022

Tiré de mon cours INF4230 – Intelligence Artificielle

Comment les humains prennent-ils des décisions ?

1. Observer la situation actuelle.
2. Énumérer les options possibles.
3. Évaluer les conséquences des options (simulation).
4. Retenir la meilleure option possible satisfaisant le but.

Rappel : Agent basé sur des buts



Agent basé buts / Boucle de contrôle

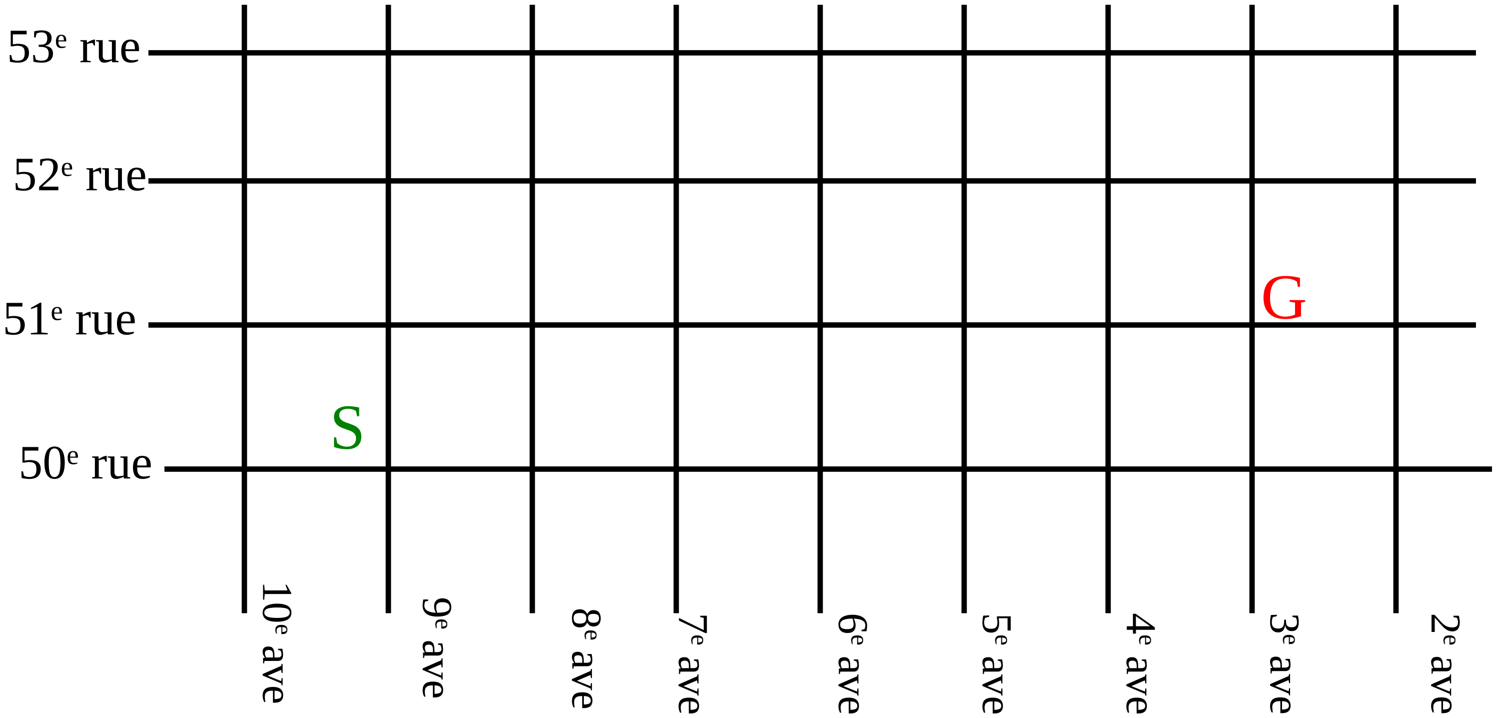
```
function SIMPLE-PROBLEM-SOLVING-AGENT( percept) returns an action
    static: seq, an action sequence, initially empty
            state, some description of the current world state
            goal, a goal, initially null
            problem, a problem formulation

    state ← UPDATE-STATE(state, percept)
    if seq is empty then do
        goal ← FORMULATE-GOAL(state)
        problem ← FORMULATE-PROBLEM(state, goal)
        seq ← SEARCH( problem)
    action ← FIRST(seq)
    seq ← REST(seq)
    return action
```

Application 1: trouver chemin dans ville

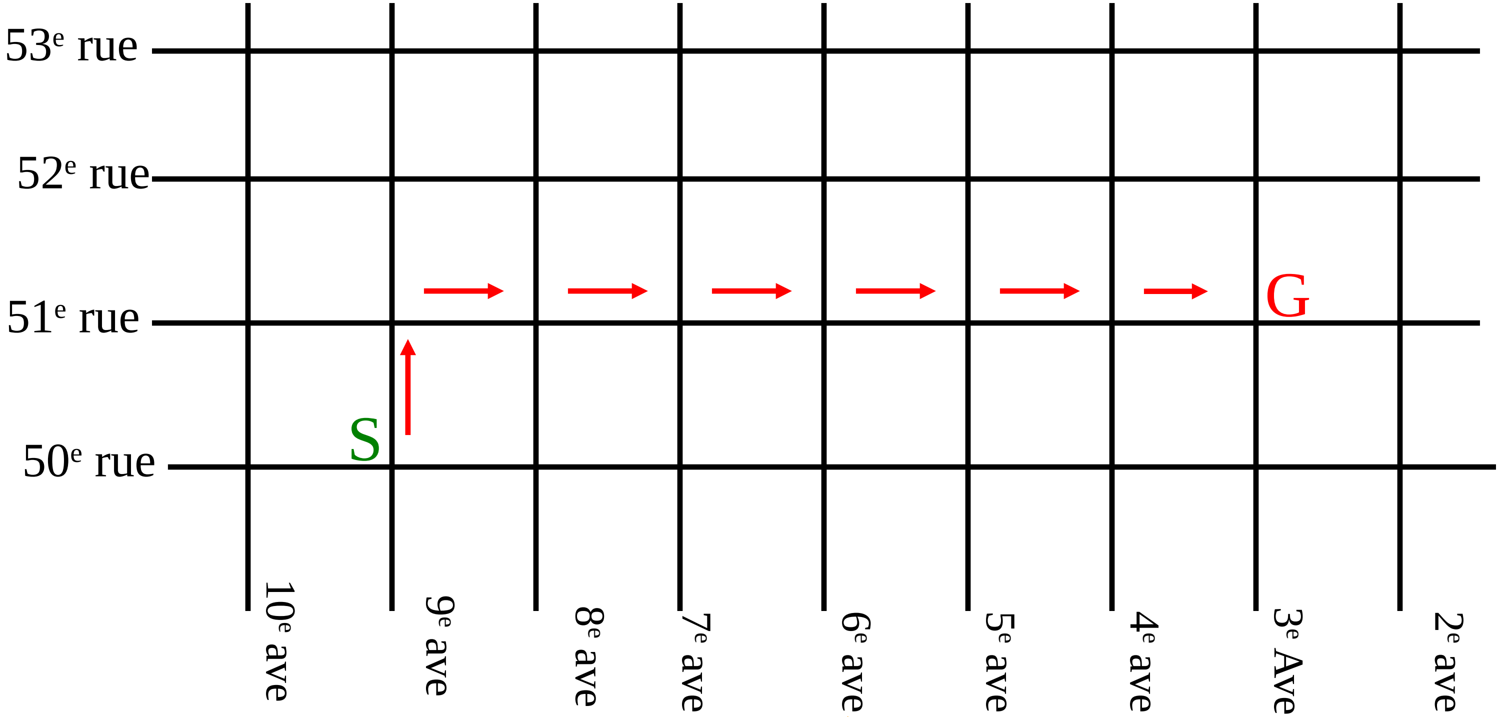
Trouver un chemin de la 9e ave & 50e rue à la 3e ave et 51e rue

(Exemple de Henry Kautz, U. of Washington)



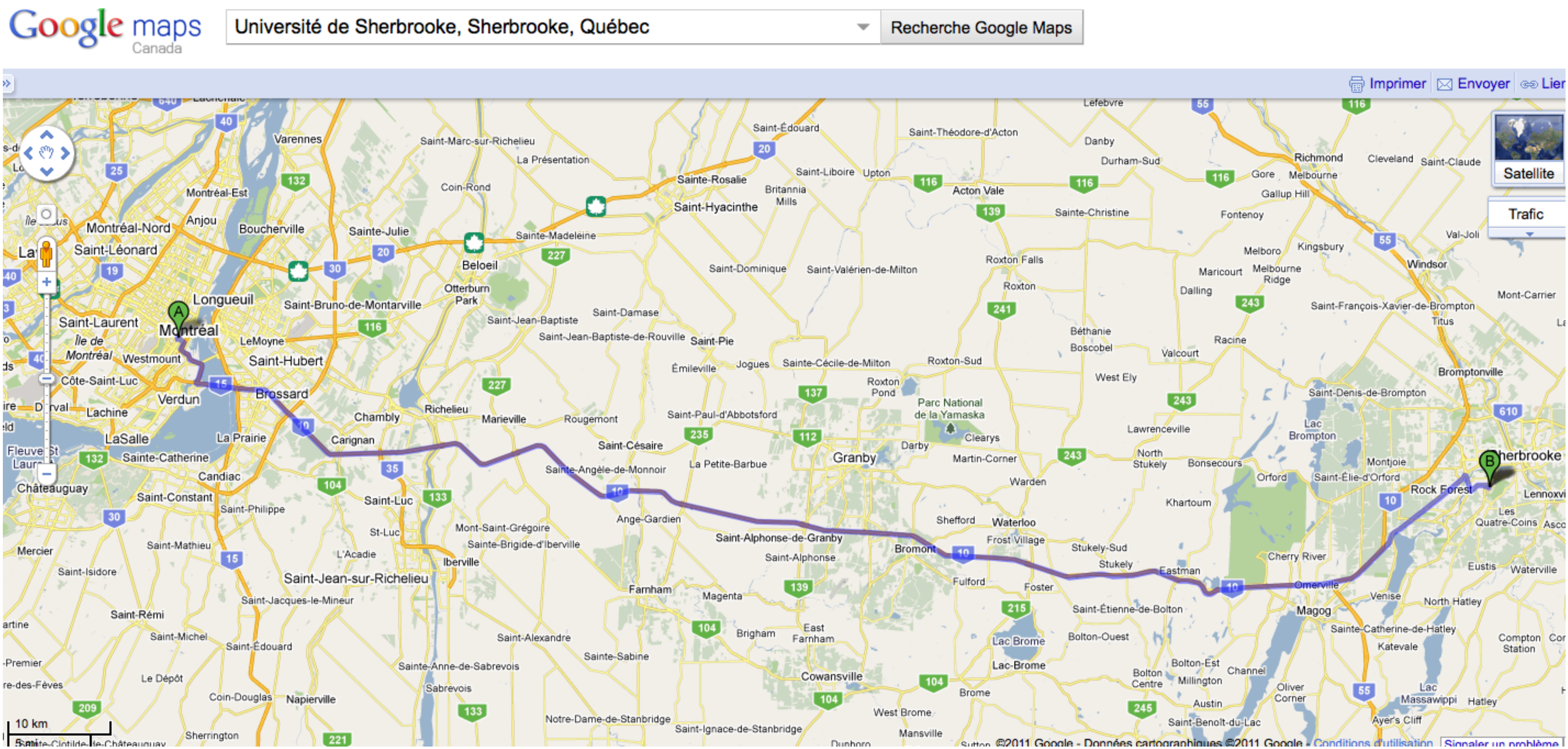
Application 1 – Ville quadrillée

- Nœuds = intersections.
- Arêtes = segments de rue.



(Illustration par Henry Kautz, U. of Washington)

Application 2 – Recherche dans une carte

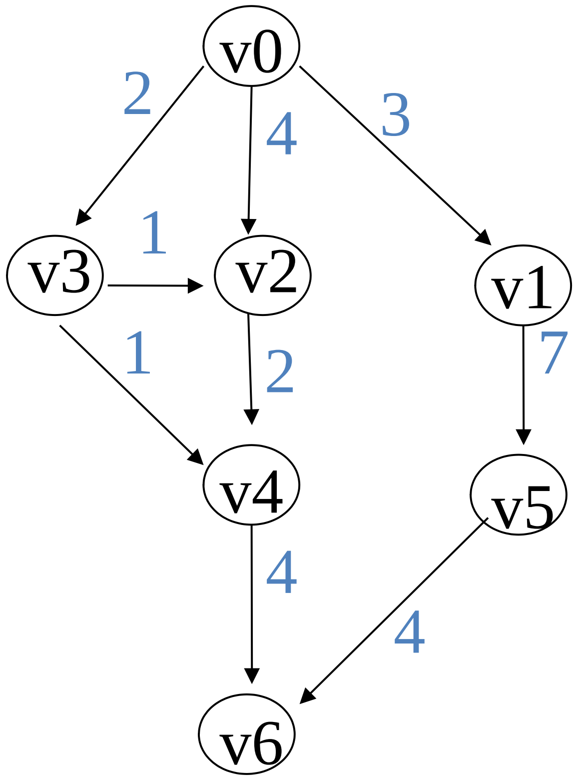


Application 2 – Recherche dans une carte

Domaine :

Routes entre les villes

transitions(v0):
((2,v3), (4,v2), (3, v1))



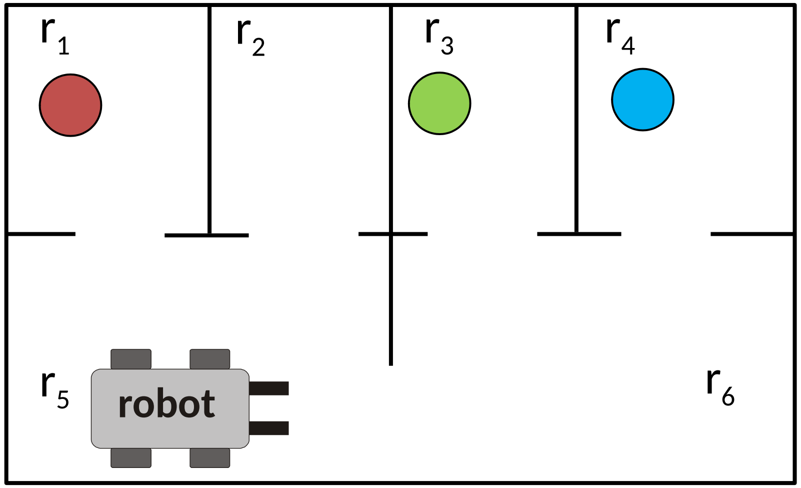
Problème posé (initNode, goal):

v0: ville de départ (état initial)
v6: destination (but)

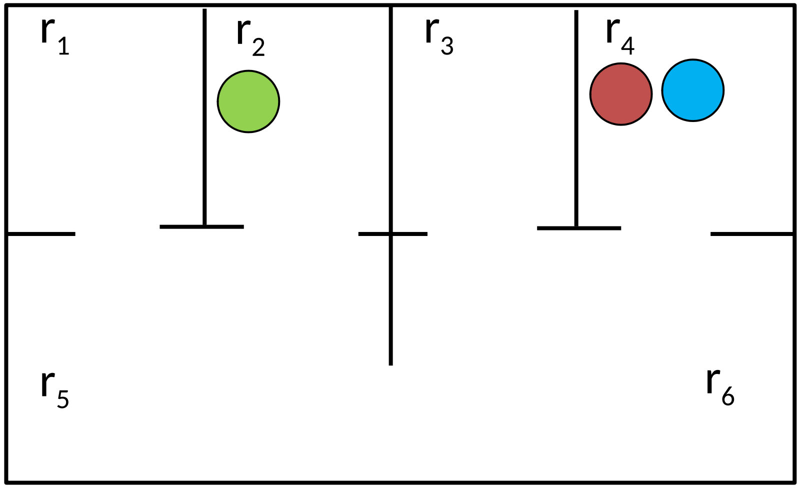
En d’autres termes:
goal(v): vrai si v=v6

Application 3 – Robot-livreur de colis

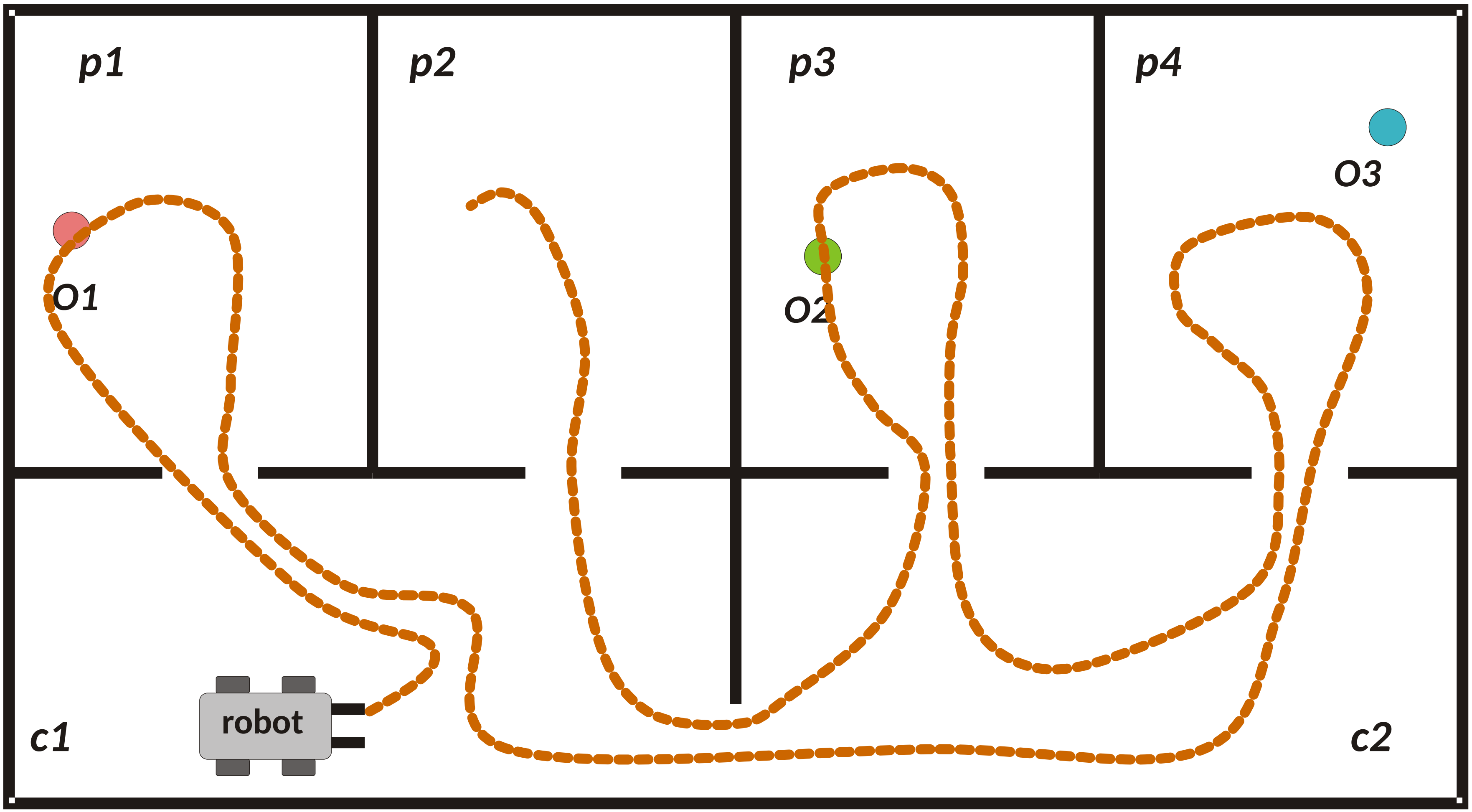
État initial



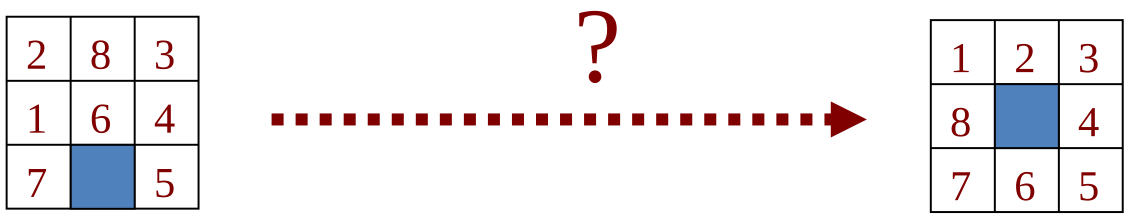
But

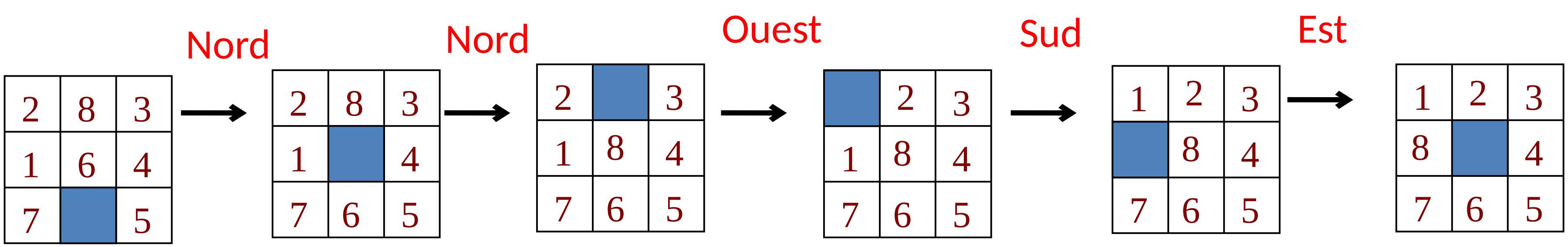


Application 3 – Robot-livreur de colis

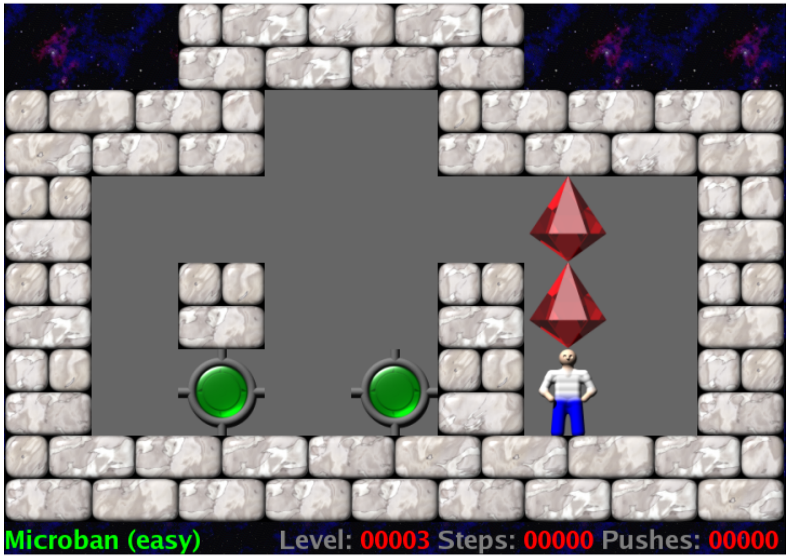


Application 4 – Jeu de taquin





Application 5 – Jeu Sokoban



Formalisation d'un problème de recherche

- Entrées
  - Un **nœud (état) initial n_0** (situation initiale)**.**
  - Une fonction **but(*n*)** qui retourne *true* ssi le but est atteint dans le nœud *n*.
  - Une fonction de transition **successeurs(*n*)** qui retourne/génère les nœuds successeurs de *n*.
- Sortie
  - **Solution = chemin dans un graphe** (séquence nœuds / actions)
- Le **coût d'une solution** est la **somme des coûts des arêtes** dans le graphe.
- Il peut y avoir plusieurs nœuds (états) satisfaisant le but.

Critères d’évaluation des algorithmes (stratégies) de recherche

- **Correcte**. La solution retournée est correcte.
- **Complétude**. L’algorithme trouve une solution lorsqu’il en existe une et indique qu’il n’y en a pas lorsque aucune n’existe.
- **Optimalité**. Garantie que la solution retournée est optimale. Alternativement, on peut avoir des garanties d’approximation (solution proche optimale).
- **Complexité temporelle**.
- **Complexité spatiale**.

Algorithmes (stratégies) de recherche

- Recherche non informée :
  - Recherche en **largeur** (Breadth-First-Search)
  - Recherche en **profondeur** (Depth-First-Search)
    - Sans limite de profondeur (version classique)
    - Avec limite de profondeur
    - Incrémentale (Iterative Depth-First-Search)
  - Algorithme de **Dijkstra**
- Recherche informée
  - Sujet suivant.

Recherche en largeur

```
RechercheLargeur(n0)
Créer file open
Enfiler n0 dans open
Tant que open n'est pas vide :
    n ← défiler open
    marquer n comme visité
    S ← sucesseurs(n)
    Pour tout s dans S :
        Si s n'est pas visité alors :
            ajouter s dans open
```

Recherche en largeur

- Correcte? **Oui**.
- Complétude. **Oui**.
- Optimalité. **Oui,** si les coûts sont uniformes. Si non uniforme, requiert d'avoir une file prioritaire.
- Complexité temporelle. **O(b^d)** où b est le facteur de branchement et de la profondeur de la solution.
- Complexité spatiale. **O(b^d)**

Recherche en profondeur (Arbre)

1. RechercheProfondeur(n)
2. S ← sucesseurs(n)
3. Pour tout n’ dans S :
4. RechercheProfondeur(n’) *

* Requiert une détection de cycle (ex.: n’ doit être absent sur la pile d’appels) si des cycles peuvent exister.

Recherche en profondeur (Arbre)

- Correcte? **Oui**.
- Complétude. **Oui**, si l’espace d’états est fini. Requiert une détection de cycles si des cycles peuvent exister.
- Optimalité. **Non**.
- Complexité temporelle. **$O(b^m)$** où *b* est le facteur de branchement et *m* la profondeur maximale. Généralement : m>d.
- Complexité spatiale. **O(bm)** pour détection de boucles. Il y a moyen de réduire à **O(m)** en itérant sur les successeur sans tous les générer.

Recherche en profondeur (Graphe)

RechercheProfondeur(n)

1. Marquer n visité (ou *ajouter n à l'ensemble des nœuds visités/explorés*)
2. S ← sucesseurs(n)
3. Pour tout n' dans S :
4. Si n' n'est pas visité alors :
5. RechercheProfondeur(n')

Recherche en profondeur (Graphe)

- Correcte? **Oui**.
- Complétude. **Oui**.
- Optimalité. **Non**.
- Complexité temporelle. **O(|S|)** où |S| est la taille de l'espace d'états. Remarque: $|S| \leq b^d$.
- Complexité spatiale. **O(|S|)**.

Recherche en profondeur avec profondeur limitée (Arbre/Graphe) et coûts uniformes

RechercheProfondeurLimité (n):

1. pour i = 1 .. k (garantie complet si k=|S|)
2. solution ← RechercheProfondeur(n, i)
3. si solution ≠ échec
4. retourner solution
5. retourner échec

RechercheProfondeur(n, maxprof)

1. si maxprof < 0 return
2. marquer n visité
3. S ← sucesseurs(n)
4. pour tout n' dans S :
5. si n' n'est pas visité alors :
6. RechercheProfondeur(n', maxprof-1)

Recherche en profondeur itérative (graphe)

- Correcte? **Oui**.
- Complétude. **Oui**, si poussé jusqu'à k=|S|
- Optimalité. **Oui,** si les coûts sont uniformes. Si non uniforme, requiert quelques modifications.
- Complexité temporelle. **O(|S|)** où |S| est la taille de l'espace d'états. Remarque: $|S| \leq b^d$.
- Complexité spatiale. **O(|S|).** En pratique, nécessite beaucoup moins de mémoire que DFS.