



**HAL**  
open science

## Aide à la Décision et Optimisation

Christian Artigues, Emmanuel Hebrard, Pierre Lopez

► **To cite this version:**

Christian Artigues, Emmanuel Hebrard, Pierre Lopez. Aide à la Décision et Optimisation. Le petit illustré, regards croisés de chercheur.es, 2020. hal-03435454

**HAL Id: hal-03435454**

**<https://laas.hal.science/hal-03435454>**

Submitted on 18 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Aide à la Décision et Optimisation

Christian ARTIGUES, Emmanuel HEBRARD, Pierre LOPEZ

LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

**Comment aider et, dans certains cas, remplacer, les humains dans la fonction de prise de décision. Ces algorithmes d'aide à la décision, sont basés sur l'émission d'hypothèses et leur validation... ou non**

L'aide à la décision (AD) est la science qui permet à des machines, les « *algorithmes d'intelligence artificielle* », de proposer, voire de prendre automatiquement, des décisions pour atteindre un objectif donné.

La difficulté de cette prise de décision tient souvent au fait qu'un nombre modeste de variables peut définir une quantité astronomique de possibilités. C'est ce qu'on appelle « *l'explosion combinatoire* ».

Prenons l'exemple du robot PHILAE lors de l'exploration de la comète Tchouri en 2014, et en particulier de la planification des expériences (voir les instruments en figure 1).

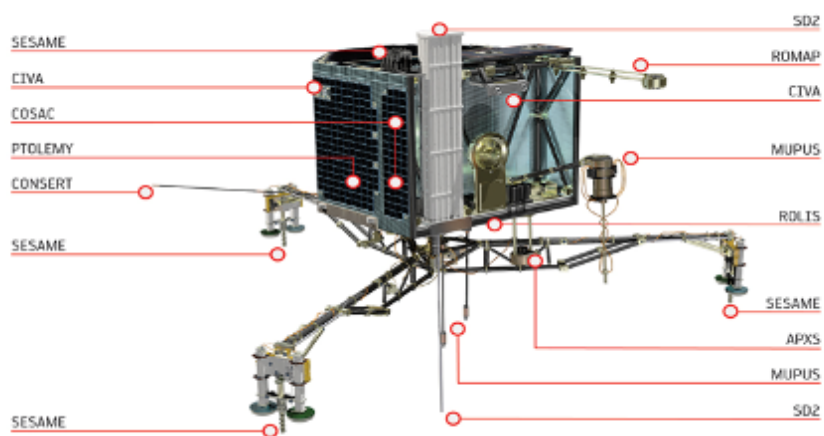


Figure 1 : Les instruments de PHILAE – ©ESA/ATG medialab © ESA

Chaque instrument requiert une certaine puissance électrique, et la puissance instantanée est limitée. L'ordre dans lequel s'effectuent les expériences a donc un impact sur ce qu'il est possible de réaliser dans un temps donné.

Examiner toutes les permutations fait intervenir un calcul de factorielle ; pour 3 expériences, il y a  $3 \times 2 \times 1 = 6$  plans possibles, pour 10 expériences il en existe plus de 3 millions, et pour 27 expériences il faudrait 8 fois l'âge de l'univers à un ordinateur de bureau pour explorer toutes les permutations !

Il est évident qu'une telle décision ne peut pas être prise par « *force brute* », en étudiant chaque possibilité une par une. La solution passe par la conception d'algorithmes « *efficaces* », comme, par exemple, pour le calcul du plus court chemin par un appareil de navigation. Malheureusement, pour d'autres classes de problèmes comprenant l'ordonnement des expériences de PHILAE, il est fortement pressenti qu'il n'existe pas d'algorithme universellement efficace !

Le but de la recherche en aide à la décision (AD) est de concevoir des méthodes pour résoudre de tels problèmes, d'abord par une représentation mathématique (on parle de modélisation), puis par la conception d'algorithmes. Au sein de l'AD, la recherche opérationnelle (RO) combine mathématiques appliquées, informatique et modèles provenant d'un savoir-faire métier.

En RO/AD, les méthodes relèvent souvent de la programmation linéaire qui consiste à optimiser une fonction linéaire sous des contraintes également linéaires et de la théorie des graphes, qui offre un pouvoir de représentation et d'analyse très riche. D'autres méthodes fournissent des mécanismes de réduction de l'espace des possibilités. D'autres enfin procèdent de proche en proche à partir de solutions initiales, en s'inspirant parfois de phénomènes naturels (génétique, colonie de fourmis...).

Aucune méthode n'offre d'algorithme « miracle », mais la recherche dans ce domaine a accompli des avancées spectaculaires (et continue de le faire) et, en pratique, il est possible de résoudre des problèmes de très grande taille.

Une technique très répandue consiste à construire un arbre des possibilités en étudiant une décision à la fois. Reprenons l'exemple de conception de plans pour le robot PHILAE. On dispose de 4 Watts de puissance instantanée et de 20 minutes pour réaliser les sept expériences qui sont représentées par des rectangles dont la longueur indique la durée et la hauteur la demande en énergie. L'algorithme dit de « recherche arborescente » émet des hypothèses, par exemple en supposant que CIVA et ROLIS sont les deux premières expériences à effectuer. On les exécute alors en parallèle comme illustré dans la figure 2.

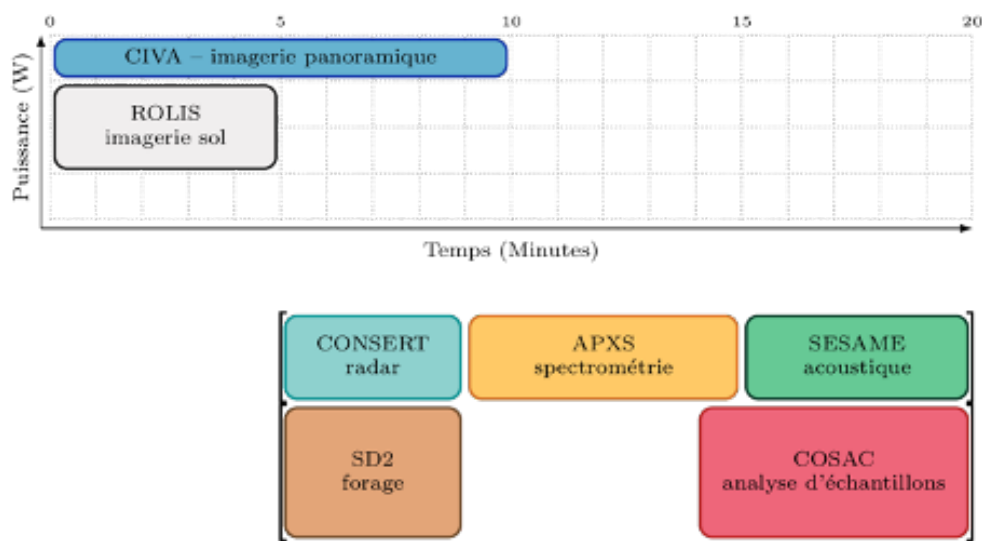


Figure 2 : Un plan partiel menant à une impasse (ordre : 1. CIVA ; 2. ROLIS, ...)

Dans ce cas, aucune autre expérience ne peut commencer avant la fin de ROLIS. Il reste donc  $15 \times 4 - 5 = 55$  Watt-minute disponibles pour réaliser les cinq autres expériences qui en nécessitent un total de 60. On en déduit qu'aucune permutation commençant par CIVA et ROLIS ne peut convenir. Autrement dit, ce raisonnement a permis de rejeter  $2 \times 5! = 240$  possibilités d'un coup. Après un certain nombre d'hypothèses et de contradictions, on obtient la solution illustrée dans la figure 3.

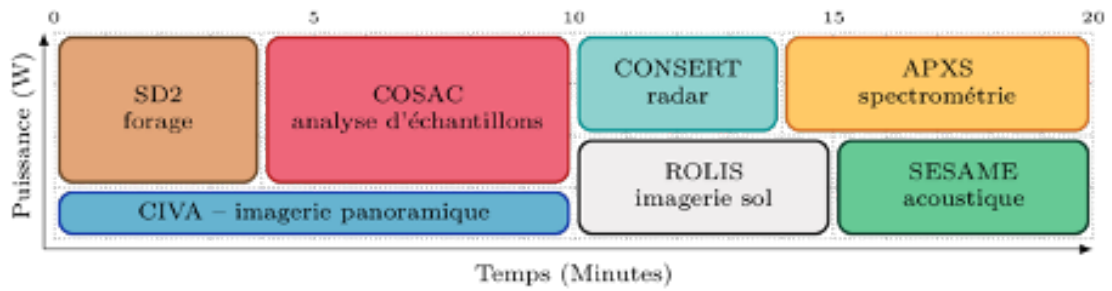


Figure 3 : Un plan satisfaisant (ordre : 1. CIVA ; 2. SD2 ; 3. COSAC ; 4. ROLIS ; 5. CONSERT ; 6. SESAME ; 7. APXS)

Les exemples présentés ici sont évidemment simplifiés et la recherche en AD consiste à automatiser et généraliser ce type de raisonnement pour des problèmes toujours plus complexes, comportant par exemple des variables cachées et de l'incertitude, des adversaires, ou encore la coexistence d'objectifs concurrents. Ce sont ces types de travaux qui sont menés au laboratoire.