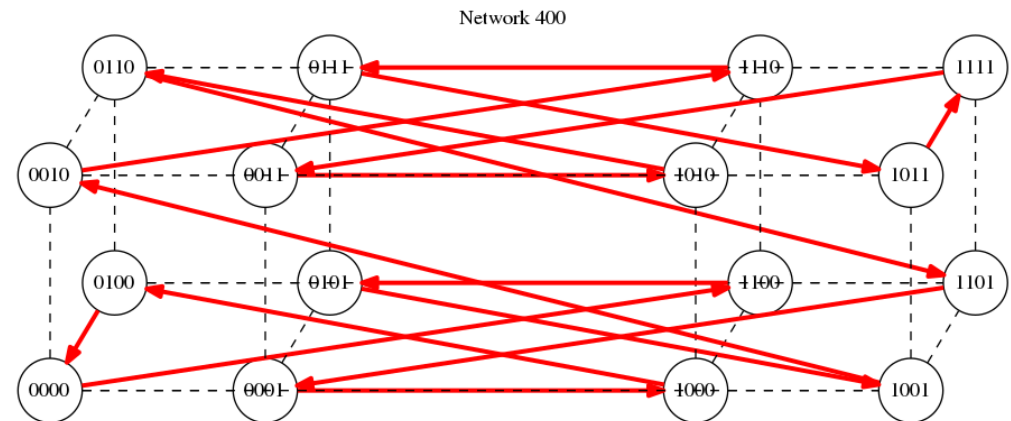
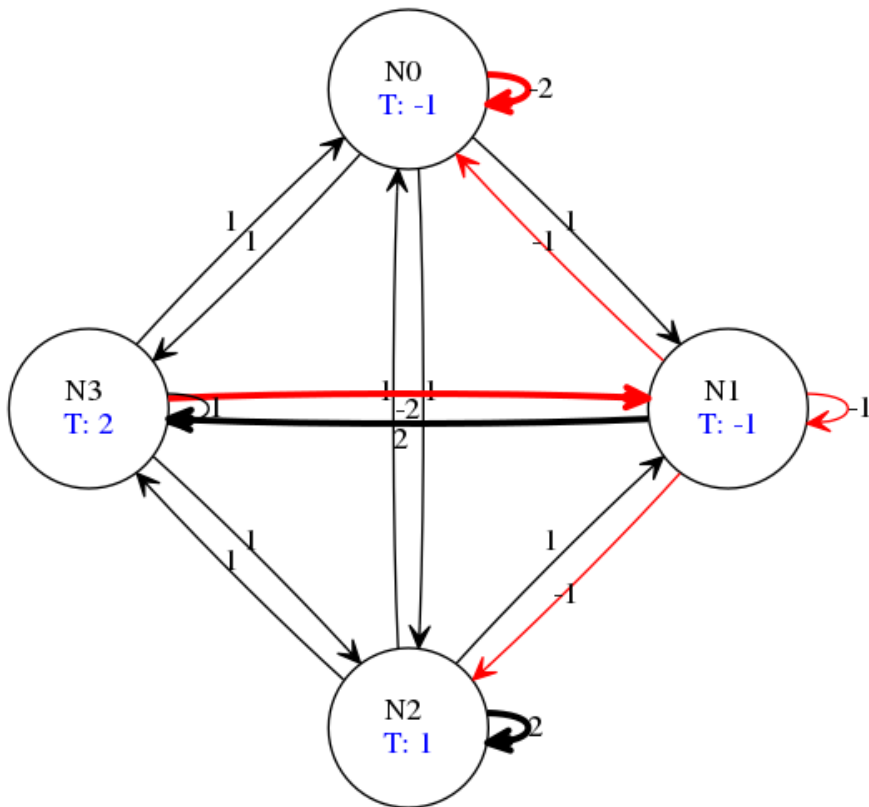


Inférence et énumération des Réseaux d'Automates Booléens à Seuil (RABS)

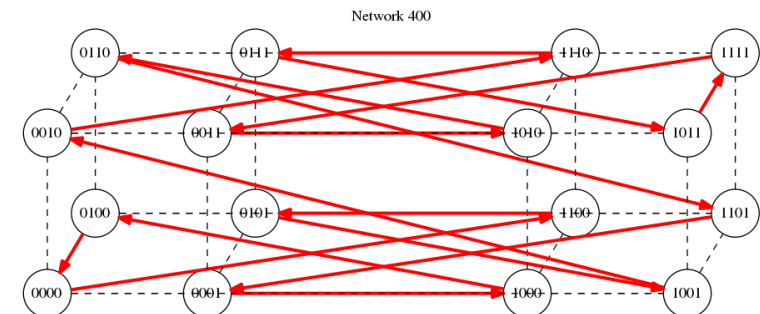
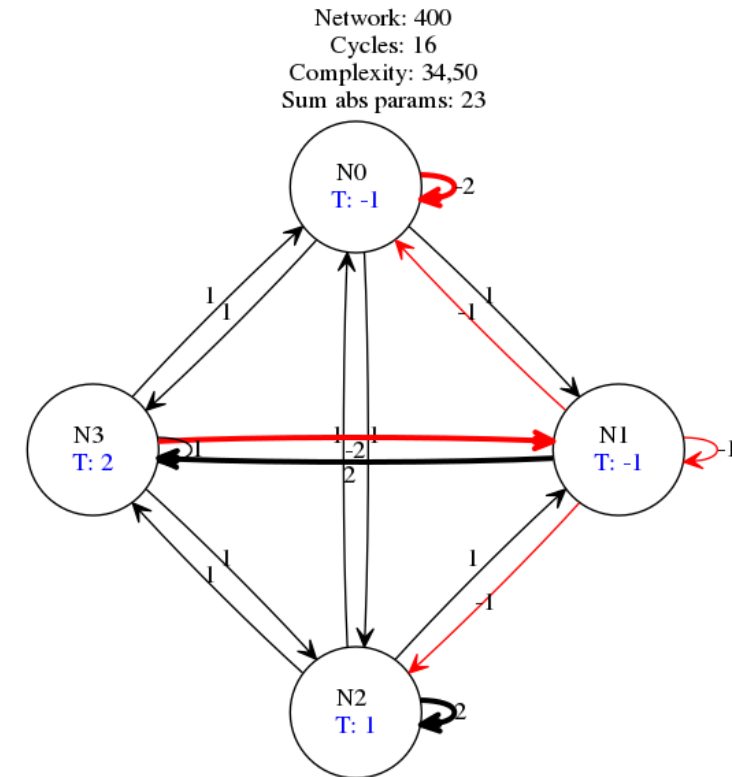
Network: 400
Cycles: 16
Complexity: 34,50
Sum abs params: 23



Qu'est-ce qu'un RABS

- Modèle des réseaux de neurones de McCulloch, Pitts & Hopfield
- Utilisable aussi pour représenter l'activité des gènes (gène allumé = 1 - éteint = 0) en fonction des autres

$$V_j(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_i w_{ij} V_i(t) > \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



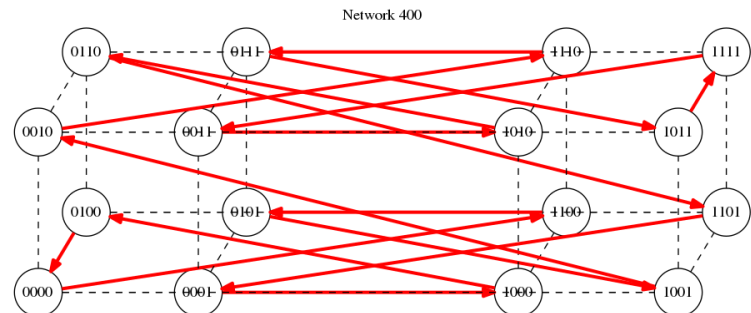
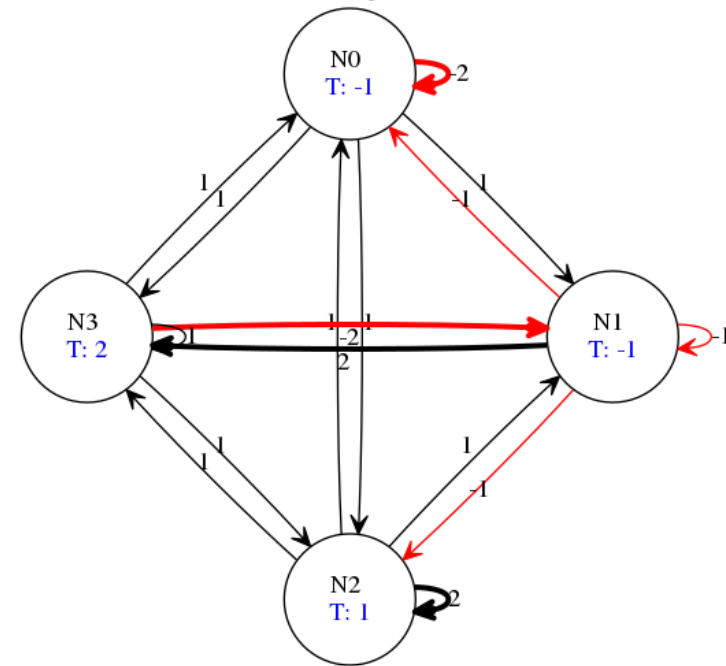
Qu'est-ce qu'un RABS

- Modèle des réseaux de neurones de McCulloch, Pitts & Hopfield
- Utilisable aussi pour représenter l'activité des gènes (gène allumé = 1 - éteint = 0) en fonction des autres

$$V_j(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_i w_{ij} V_i(t) > \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

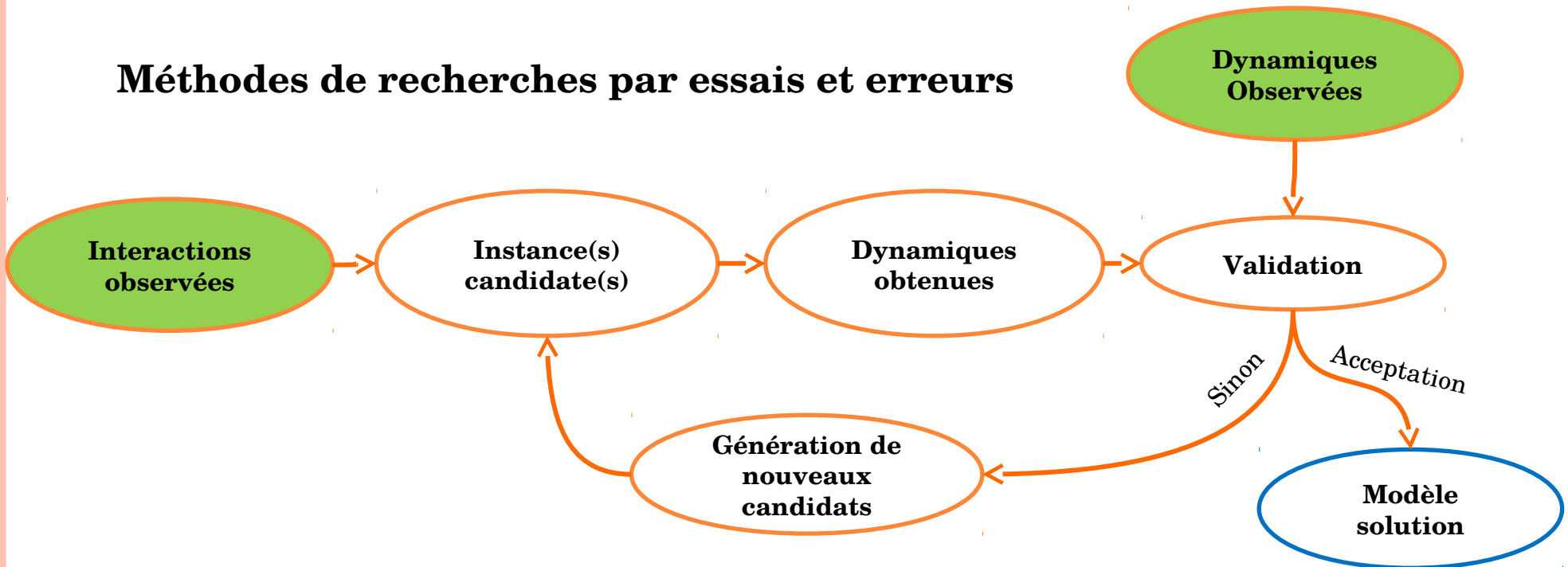
Fonction Booléenne à Seuil (FBS)

Network: 400
Cycles: 16
Complexity: 34,50
Sum abs params: 23

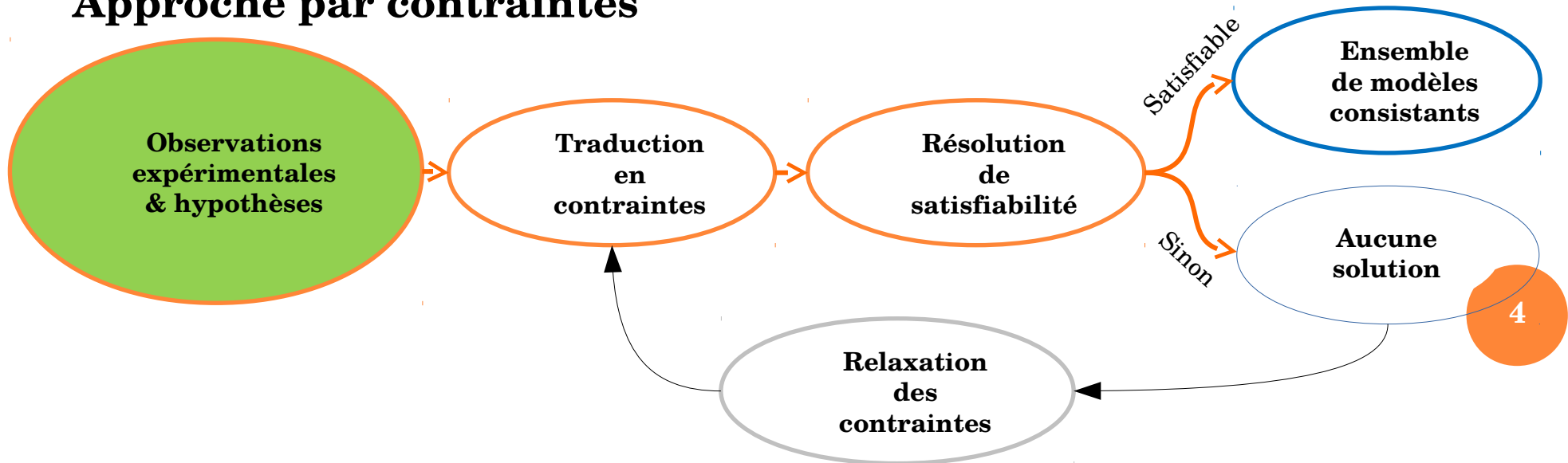


RECHERCHE DE PARAMÈTRES CONSISTANTS

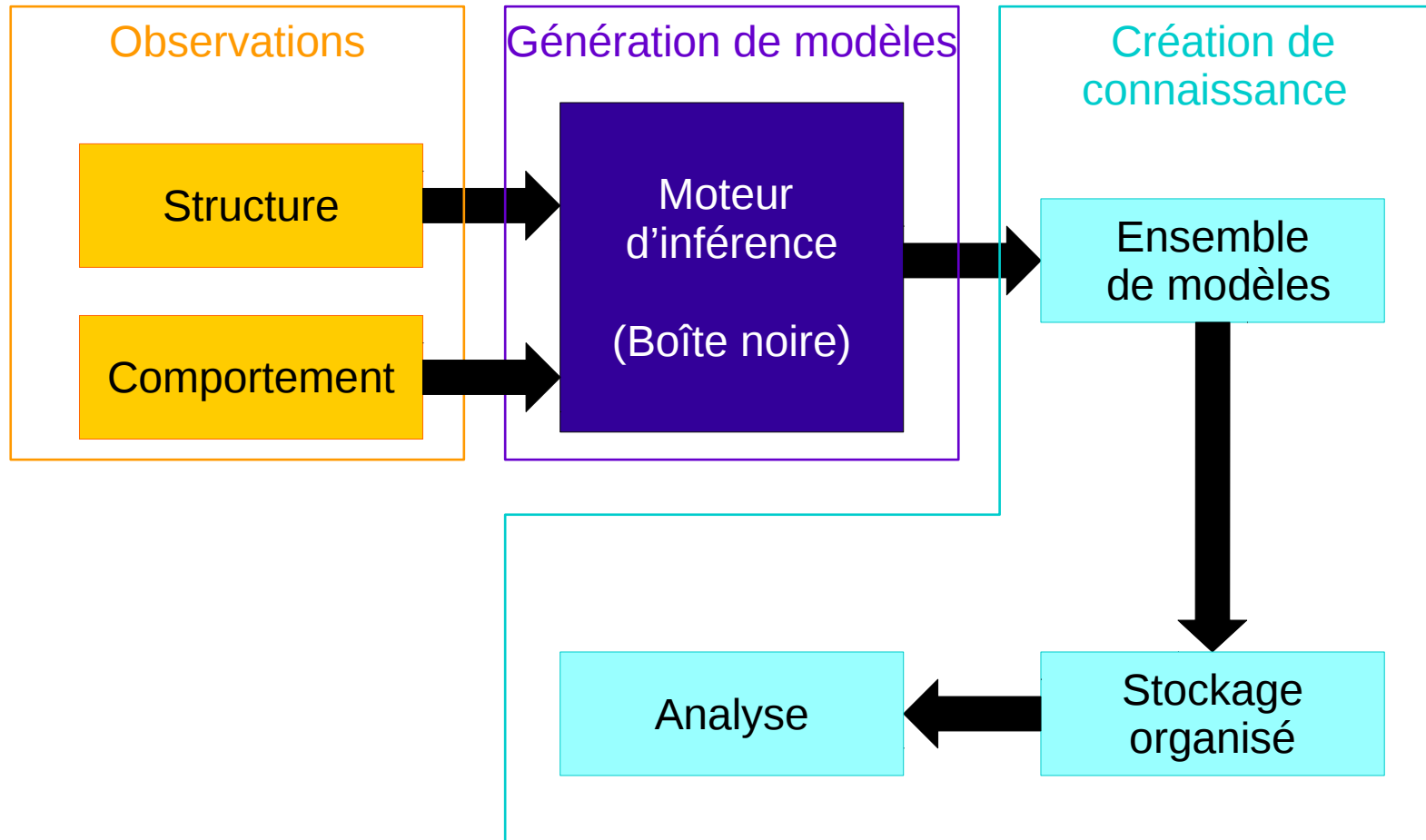
Méthodes de recherches par essais et erreurs



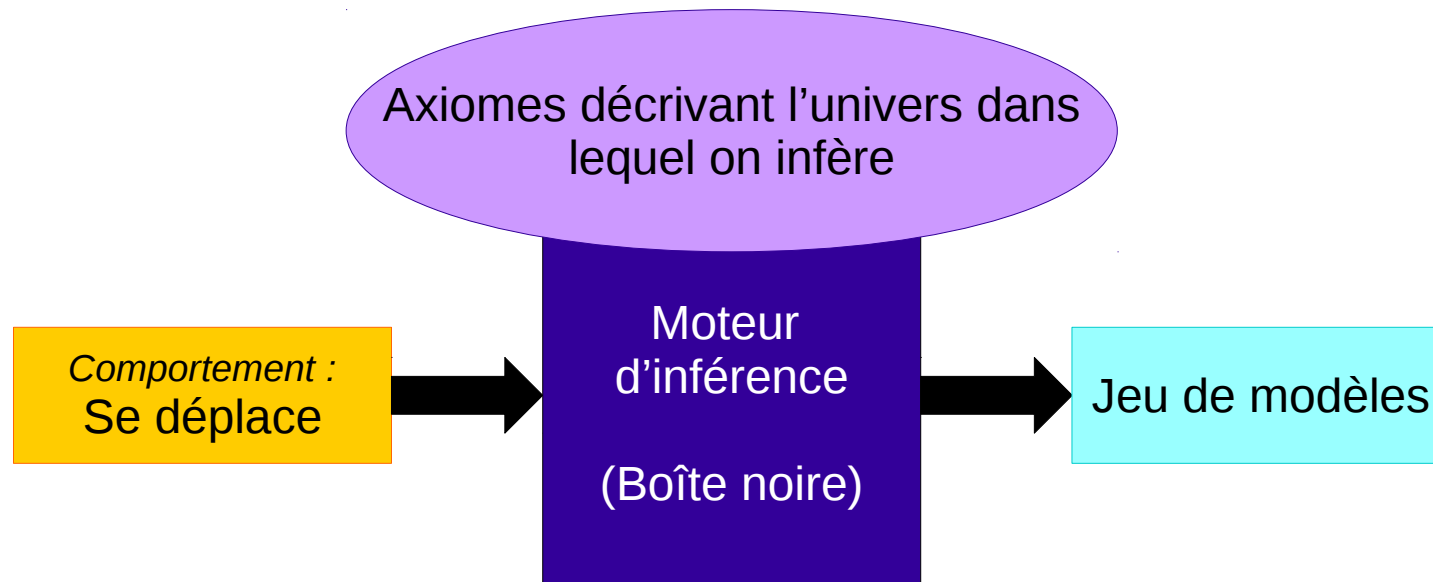
Approche par contraintes



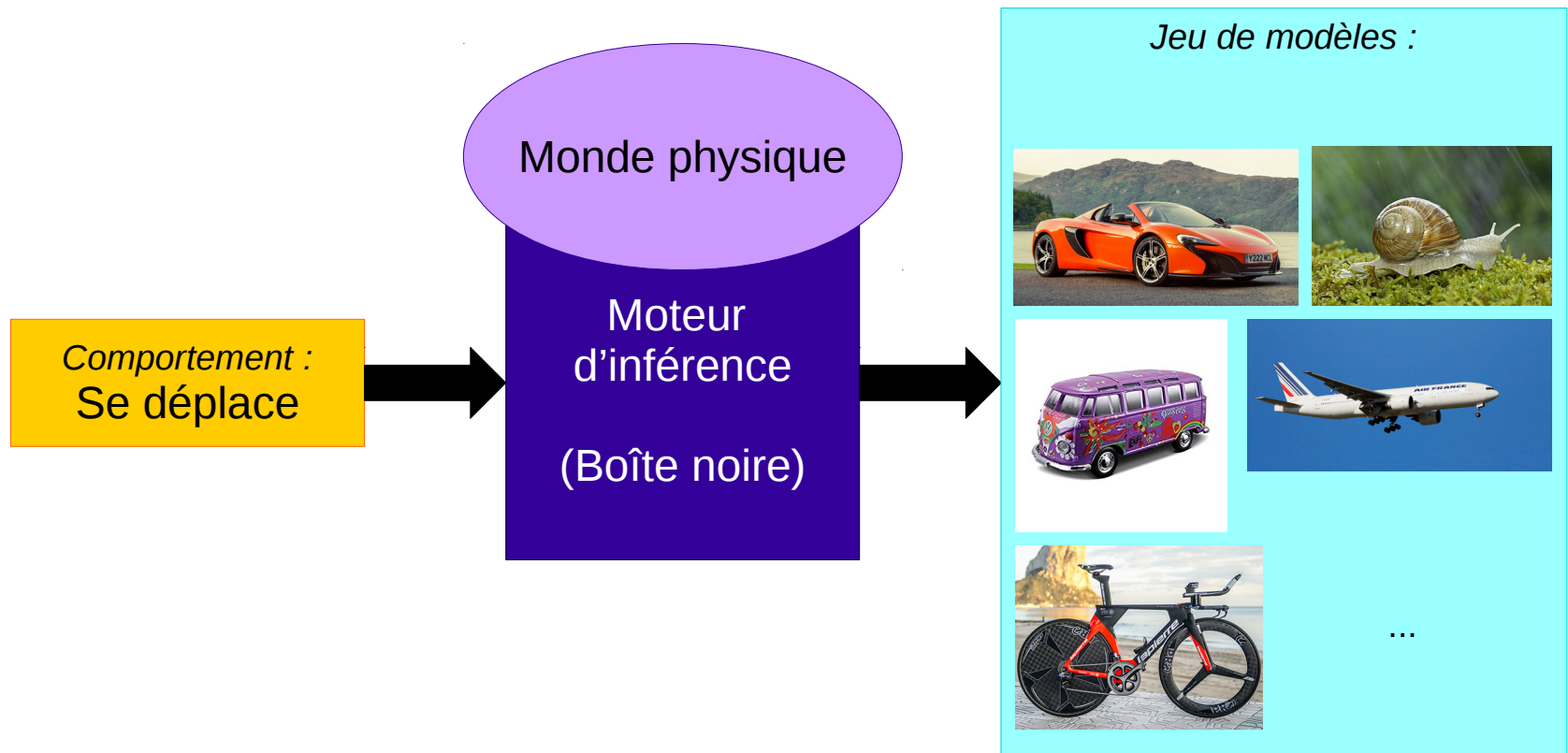
Que veut-on ?



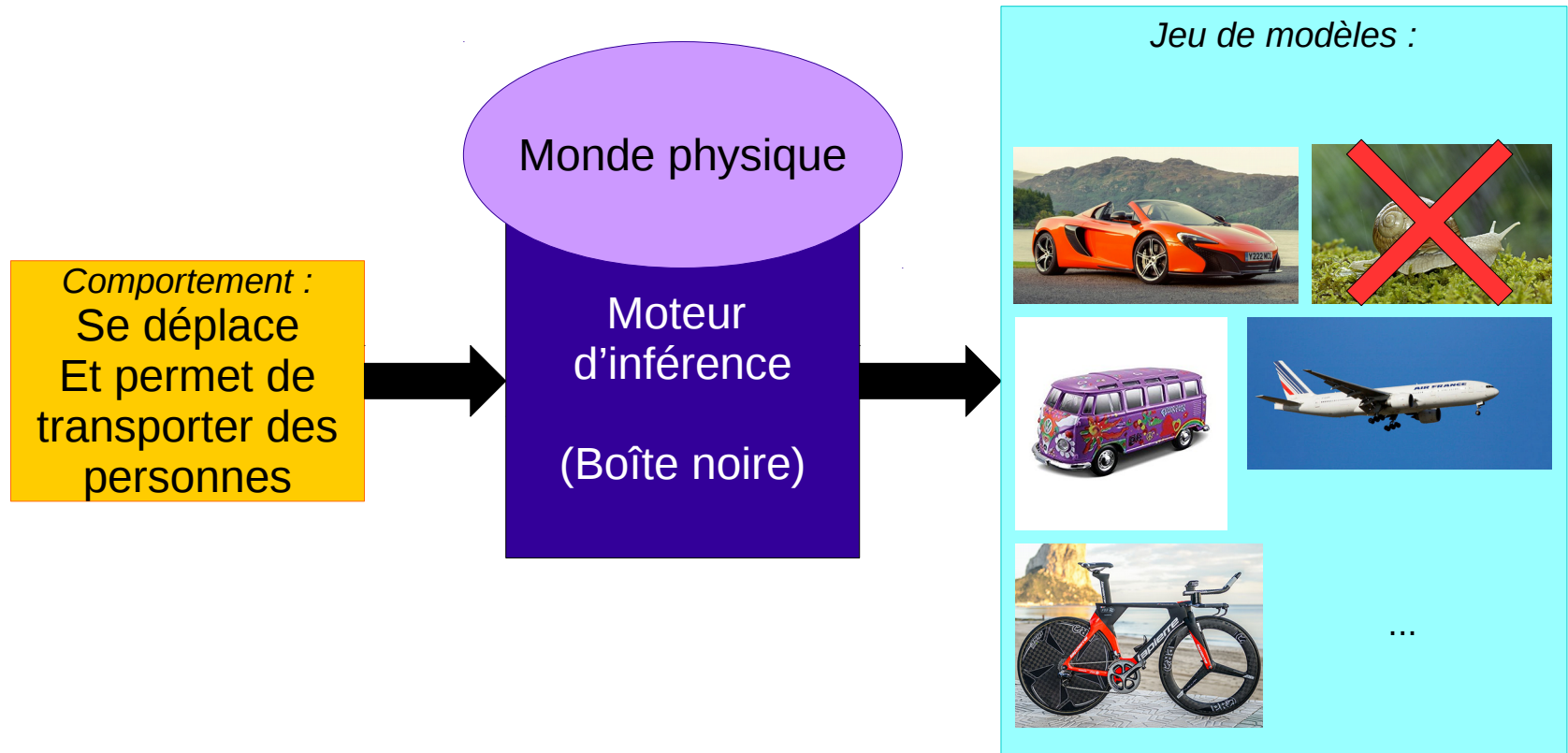
L'inférence de moyens de transport (exemple)



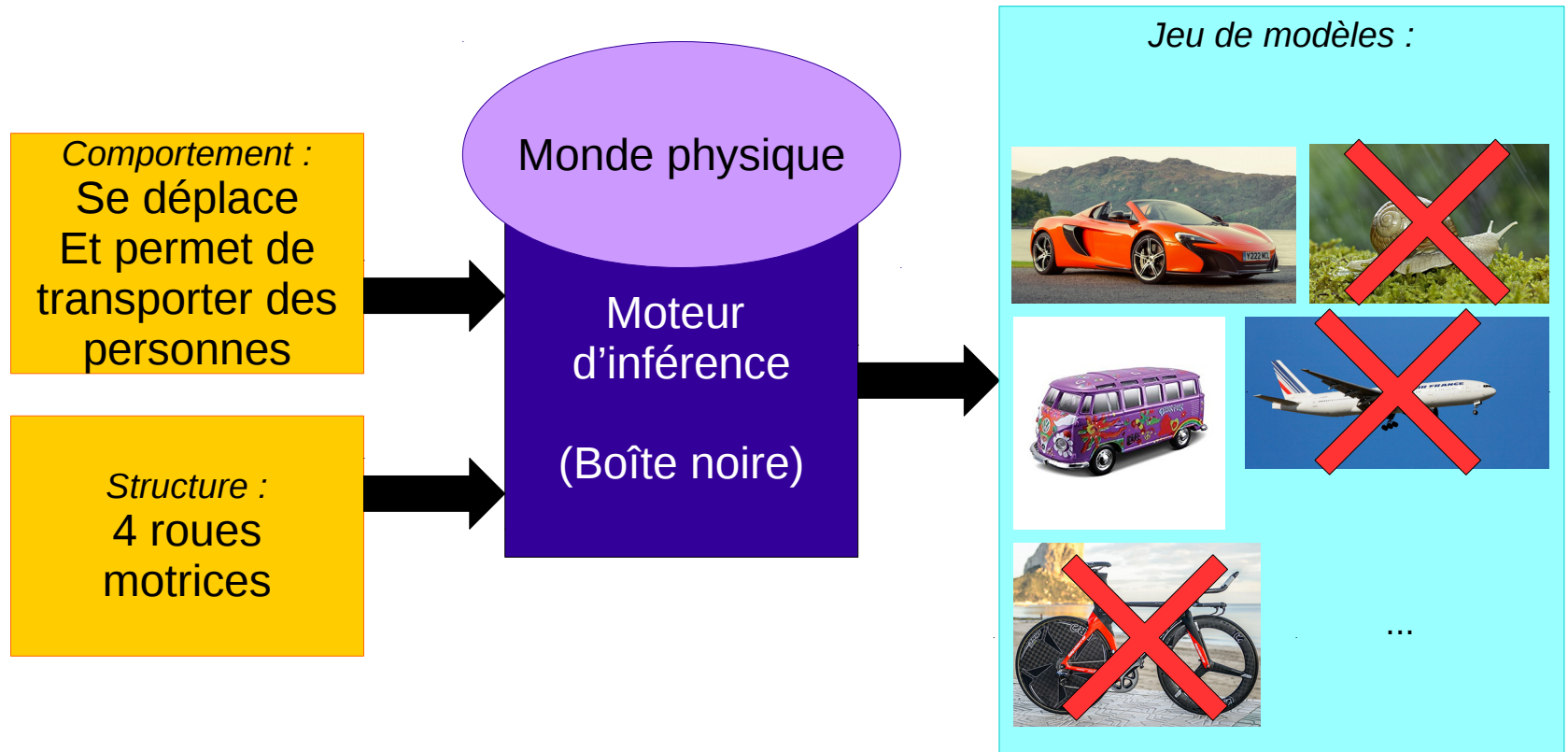
L'inférence de moyens de transport



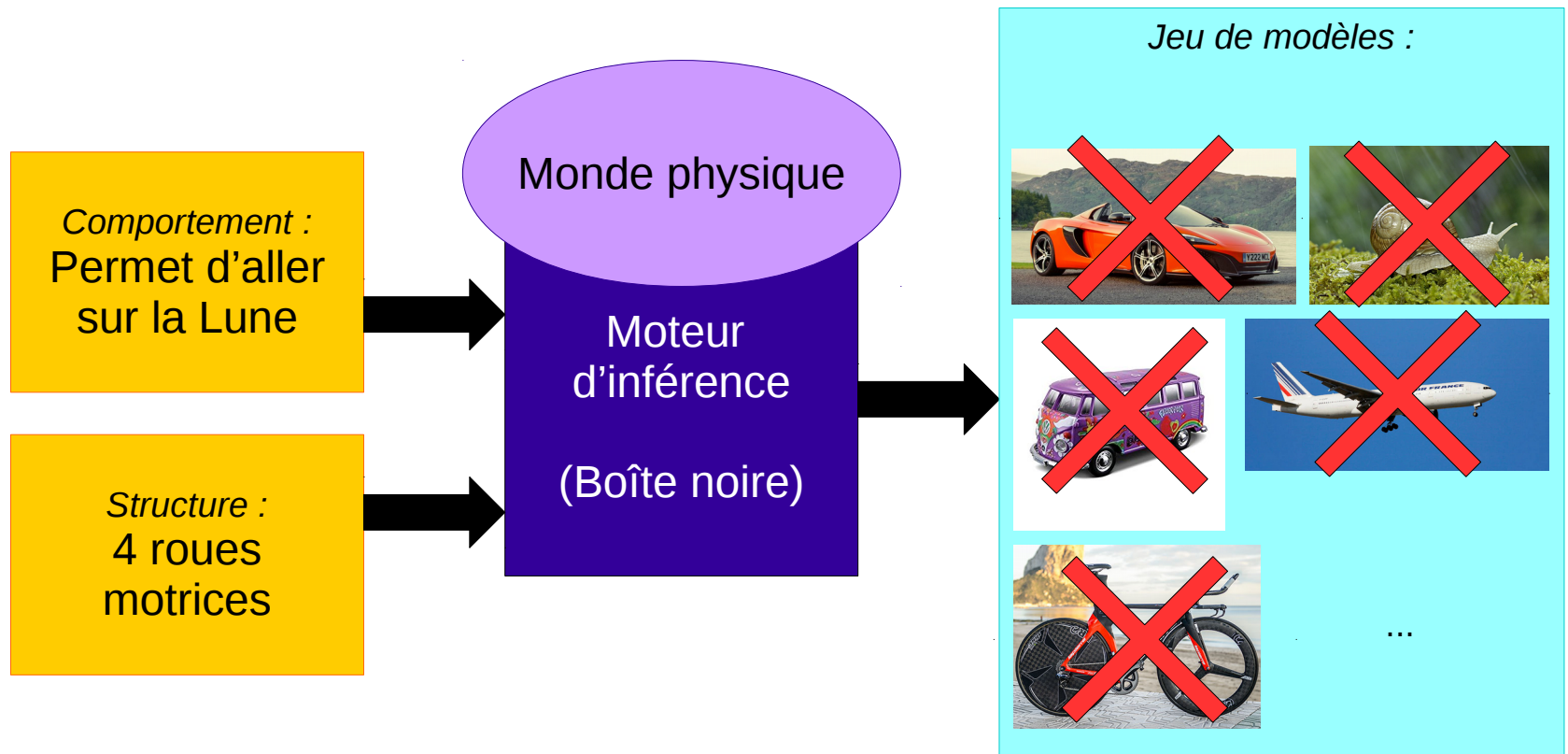
L'inférence de moyens de transport



L'inférence de véhicules

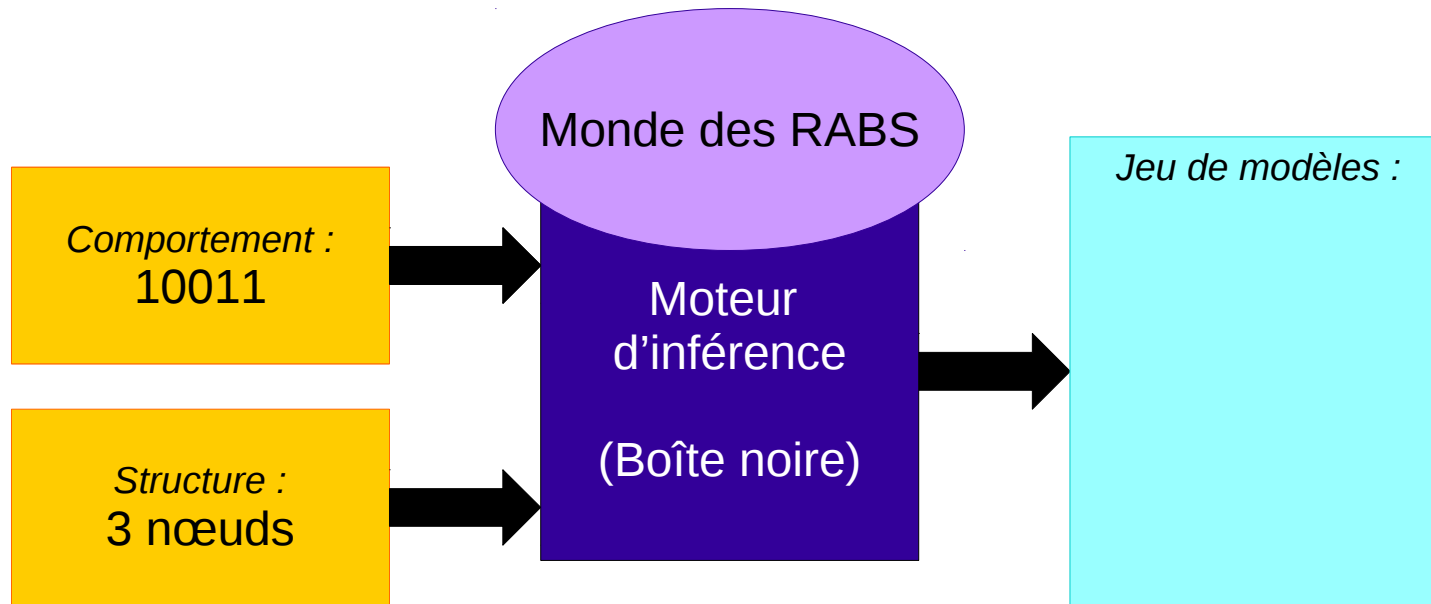


L'inférence ... ?

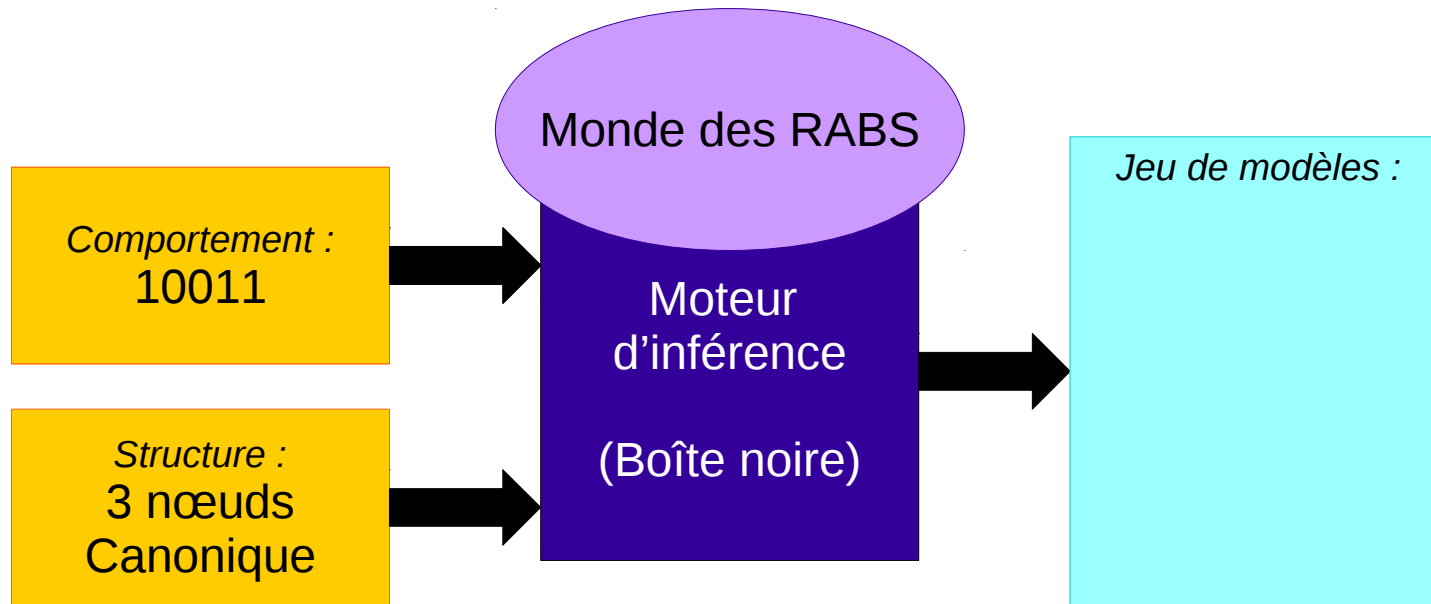


Aucun modèle satisfaisant

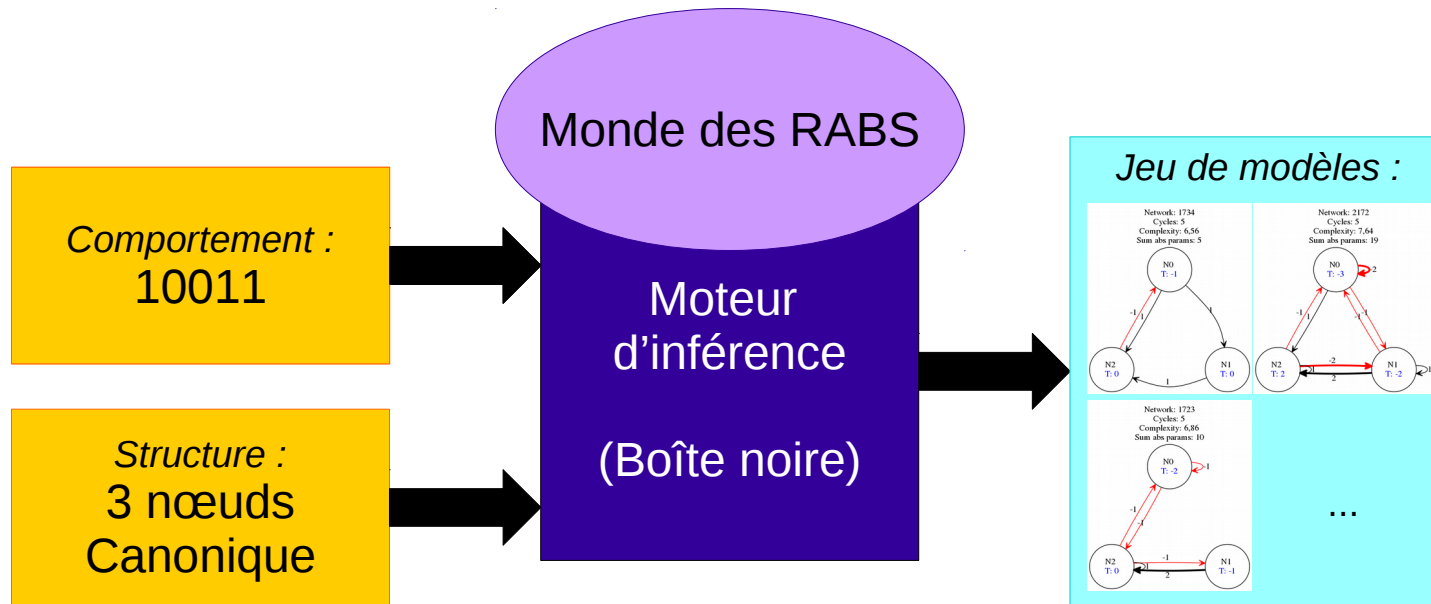
L'inférence de RABS



L'inférence de RABS

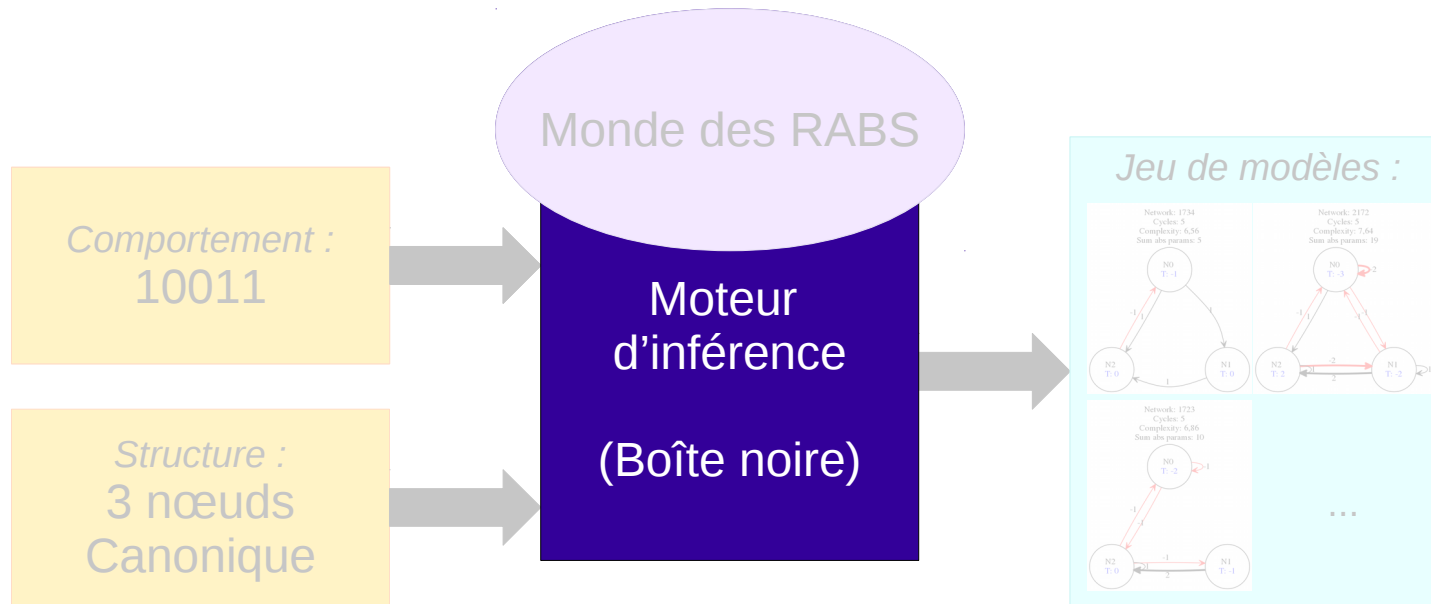


L'inférence de RABS



1715 modèles (canoniques)
satisfaisants de réseaux à $d=3$ nœuds,
jouant $(10011)^*$ sur au moins 1 nœud

L'inférence



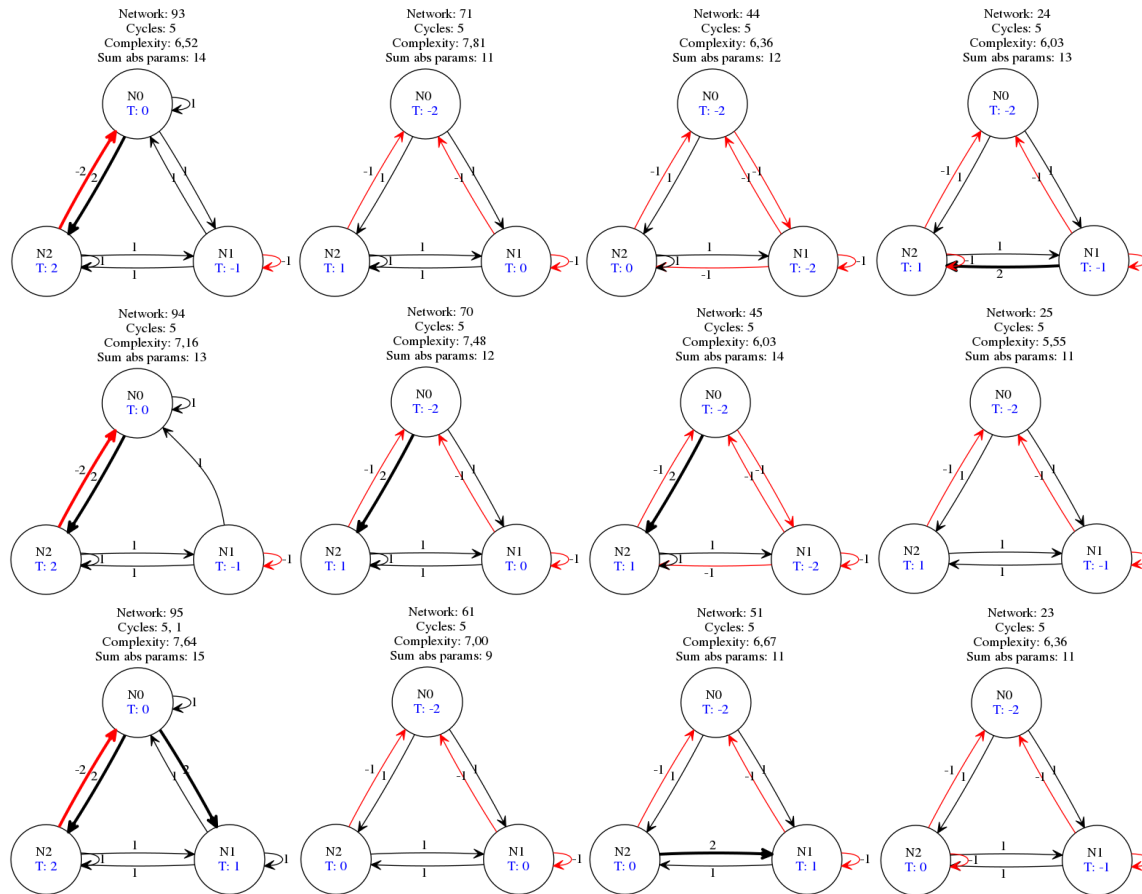
Méthodes

2 méthodes :

- Énumération et sélection
- Inférence

Énumération systématique

- Force brute : (On construit TOUS les réseaux)



... 180000 réseaux !

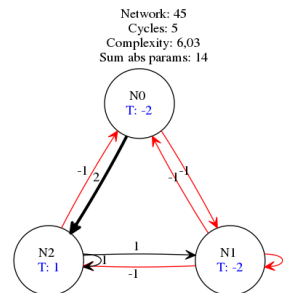
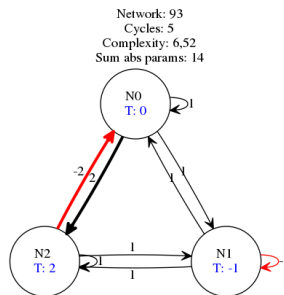
Énumération systématique

- Force brute : (et on sélectionne ceux qui nous intéressent)

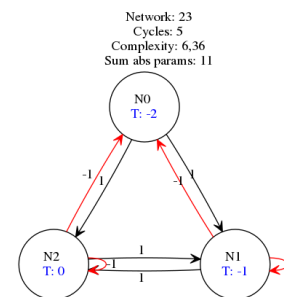
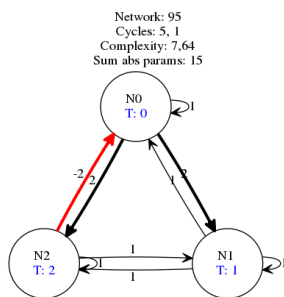


Tirage aléatoire dans l'énumération

- Monte Carlo : (On pioche de façon aléatoire dans l'ensemble complet des réseaux ... quand il y a beaucoup trop de réseaux)



...



Inférence

- *ASP* : Moteur d'inférence en type descriptif

Qu'est-ce qu'on veut ?

- Des réseaux
- Canoniques
- Avec d nœuds
- Avec des nœuds tous connectés
- Avec au moins un cycle dans lequel un nœud joue (10011)*
- ...

Inférence

- *ASP* : Moteur d'inférence en type descriptif

Qu'est-ce qu'on veut ?

- Des réseaux
- Avec d nœuds
- Avec des nœuds tous connectés

Structure

- Avec au moins un cycle dans lequel un nœud joue (10011)*
- ...

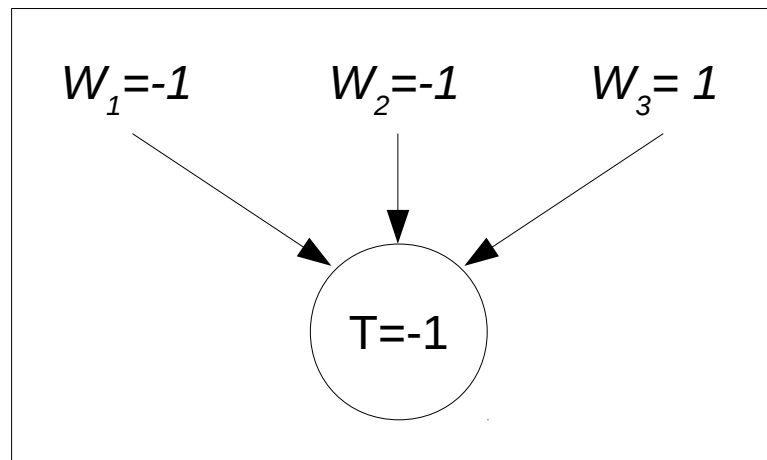
Comportement

Méthodes

	Brute force	Monte Carlo	ASP
Exhaustif	✓✓	✗	✓
Représentatif	✓	✓	✓
Adapté à des contraintes structurelles	✓	✓	✓
Adapté à des contraintes dynamiques	✗	✗	✓
Adapté à des sets de grande taille	✗	✓	✗

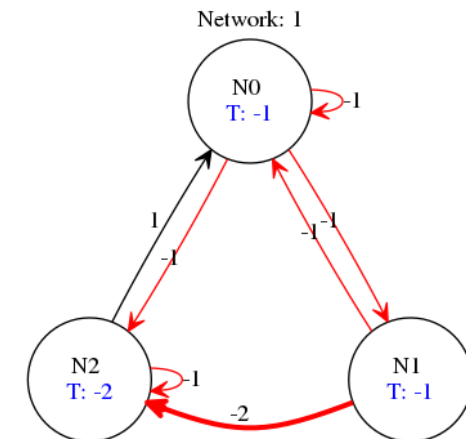
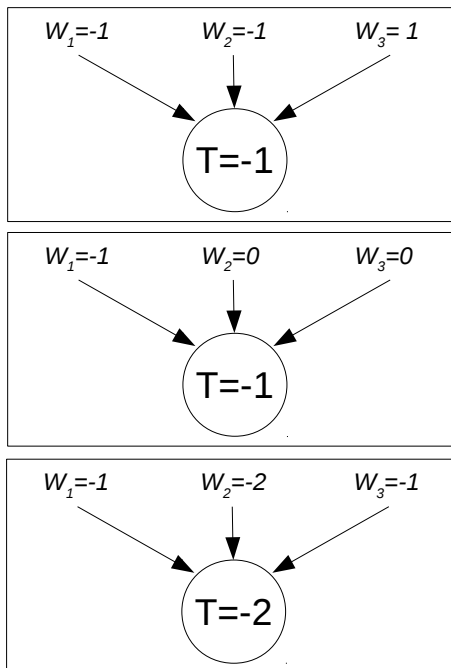
De l'énumération des FBS à l'énumération des RABS

Nombre de nœuds	Nombre de FBS par nœud
1	4
2	14
3	104
4	1882
5	94572



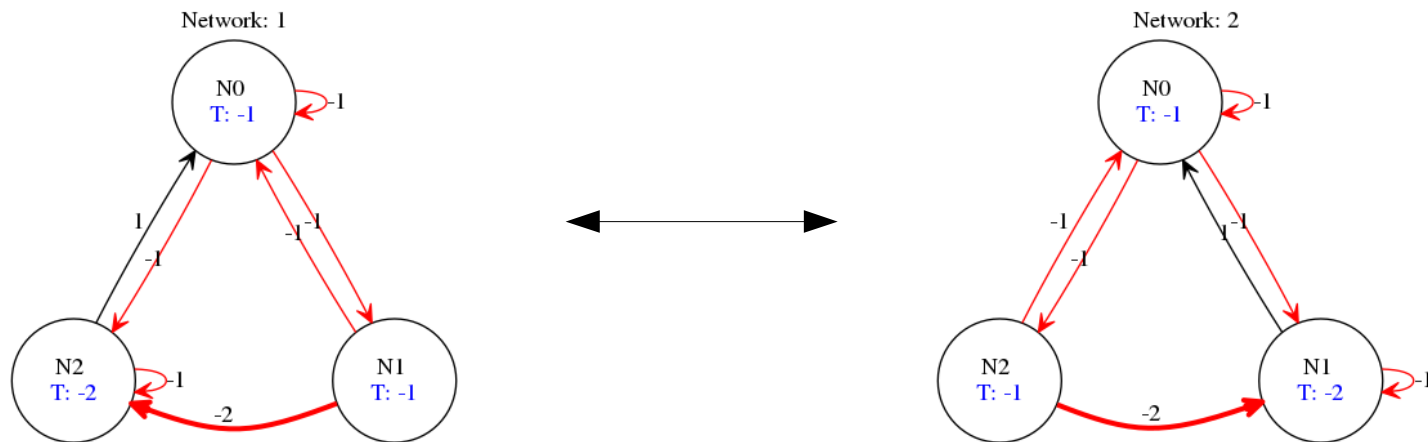
De l'énumération des FBS à l'énumération des RABS

Nombre de nœuds	Nombre de fonctions par nœud	Nombre de réseaux canoniques
1	4	4
2	14	196
3	104	1 124 864
4	1882	$1,25 \cdot 10^{13}$



De l'énumération des FBS à l'énumération des RABS

Nombre de nœuds	Nombre de fonctions par nœud	Nombre de réseaux canoniques	Nombre de réseaux canoniques unifiés
1	4	4	4
2	14	196	105
3	104	1 124 864	188 988
4	1882	$1,25 \cdot 10^{13}$	$5,23 \cdot 10^{11}$

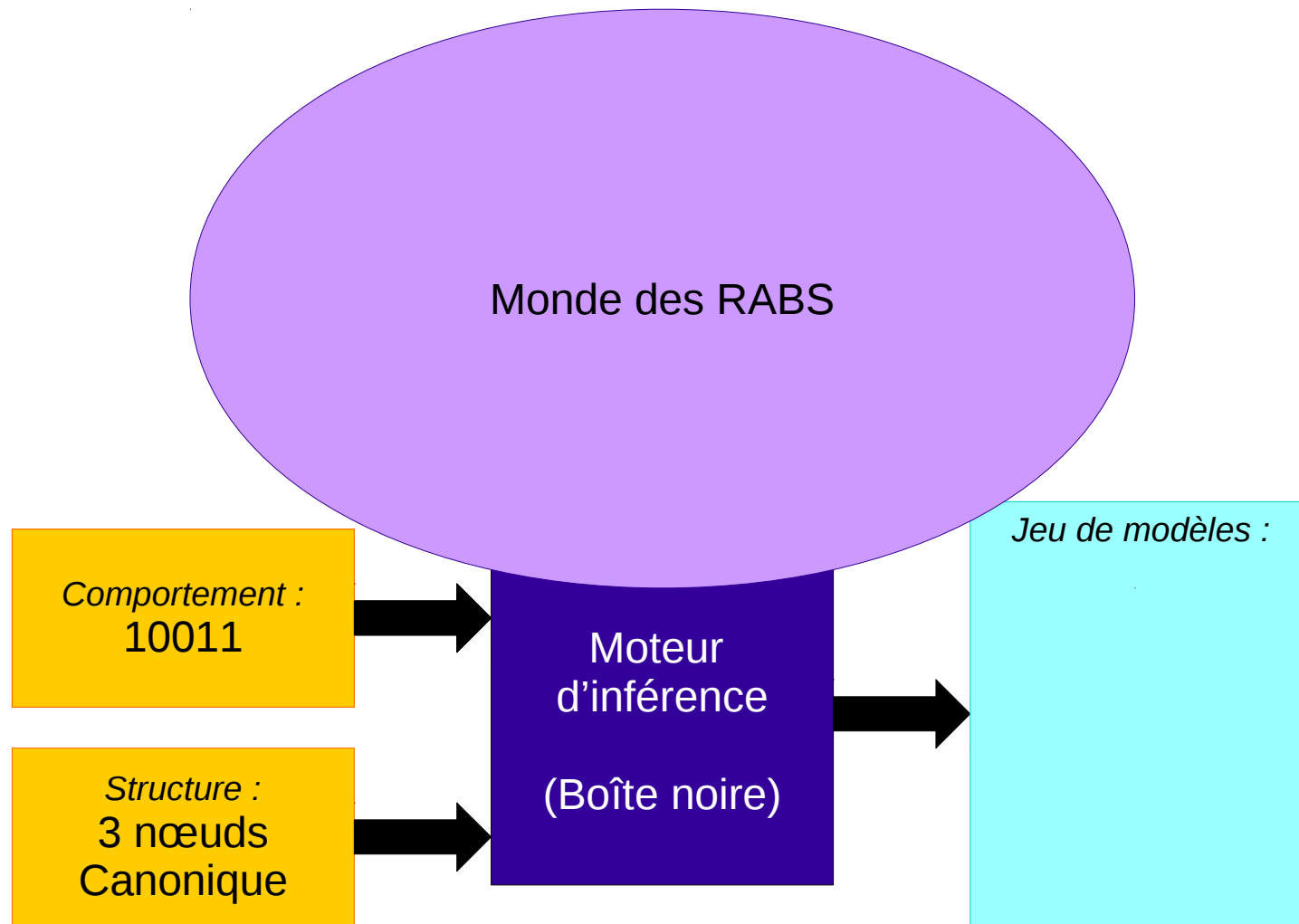


Spécifications ASP

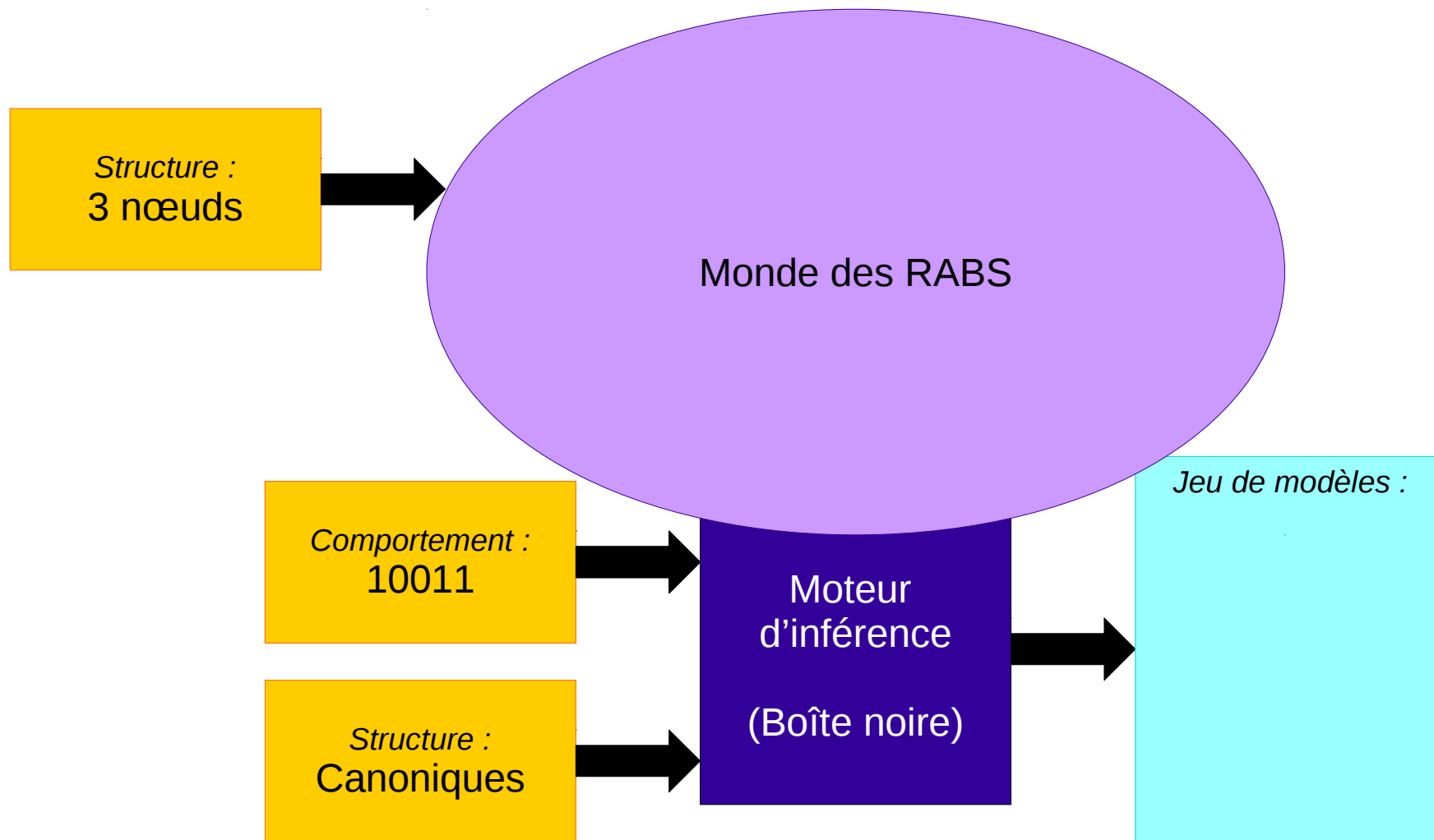
- Description d'un réseau
 - Description du comportement

 - Application des contraintes structurelles
 - Application des contraintes de comportement
- ⇒ Grounding : génération de la CNF
- ⇒ Soumission à un solveur de type SAT

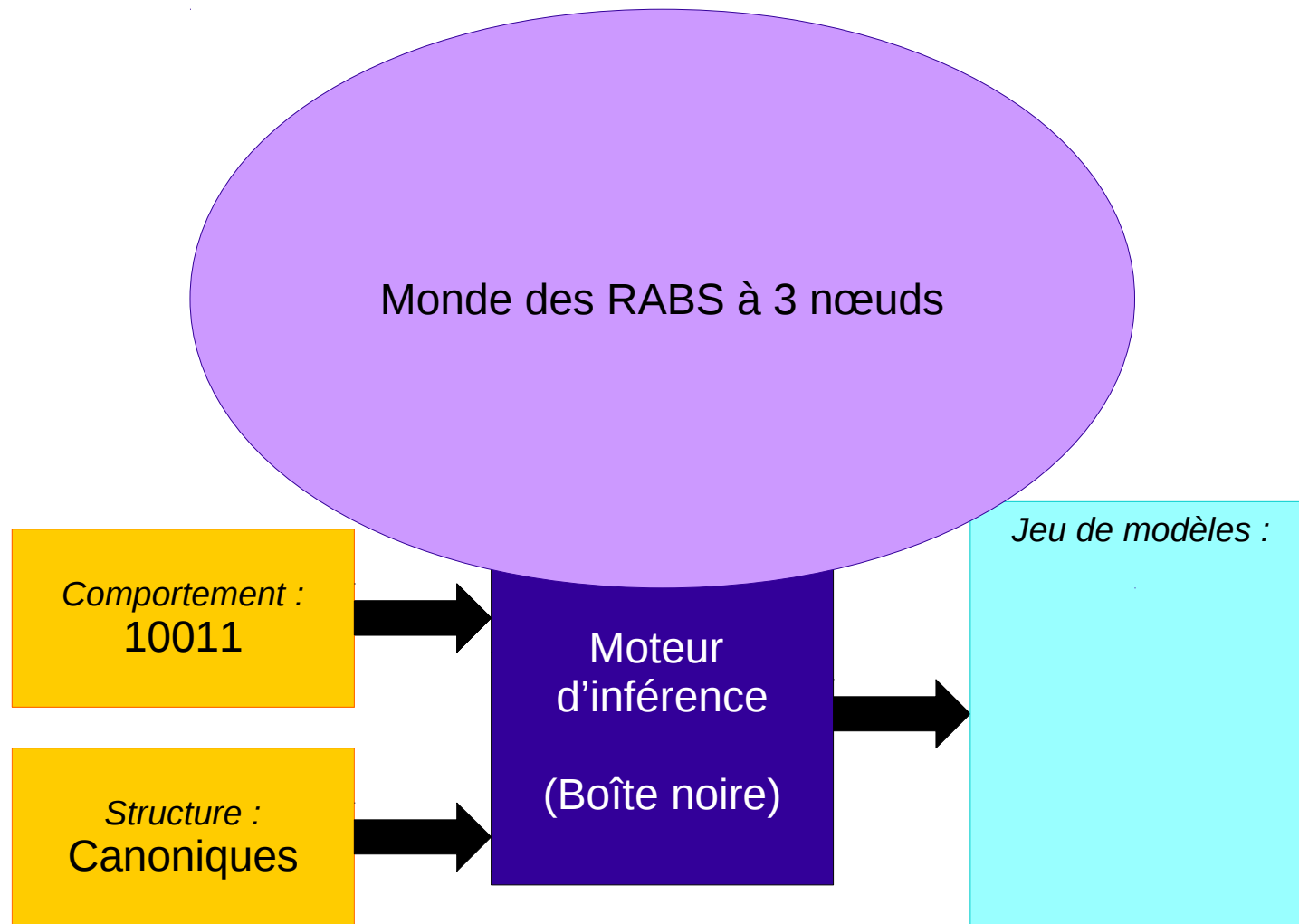
L'inférence de RABS



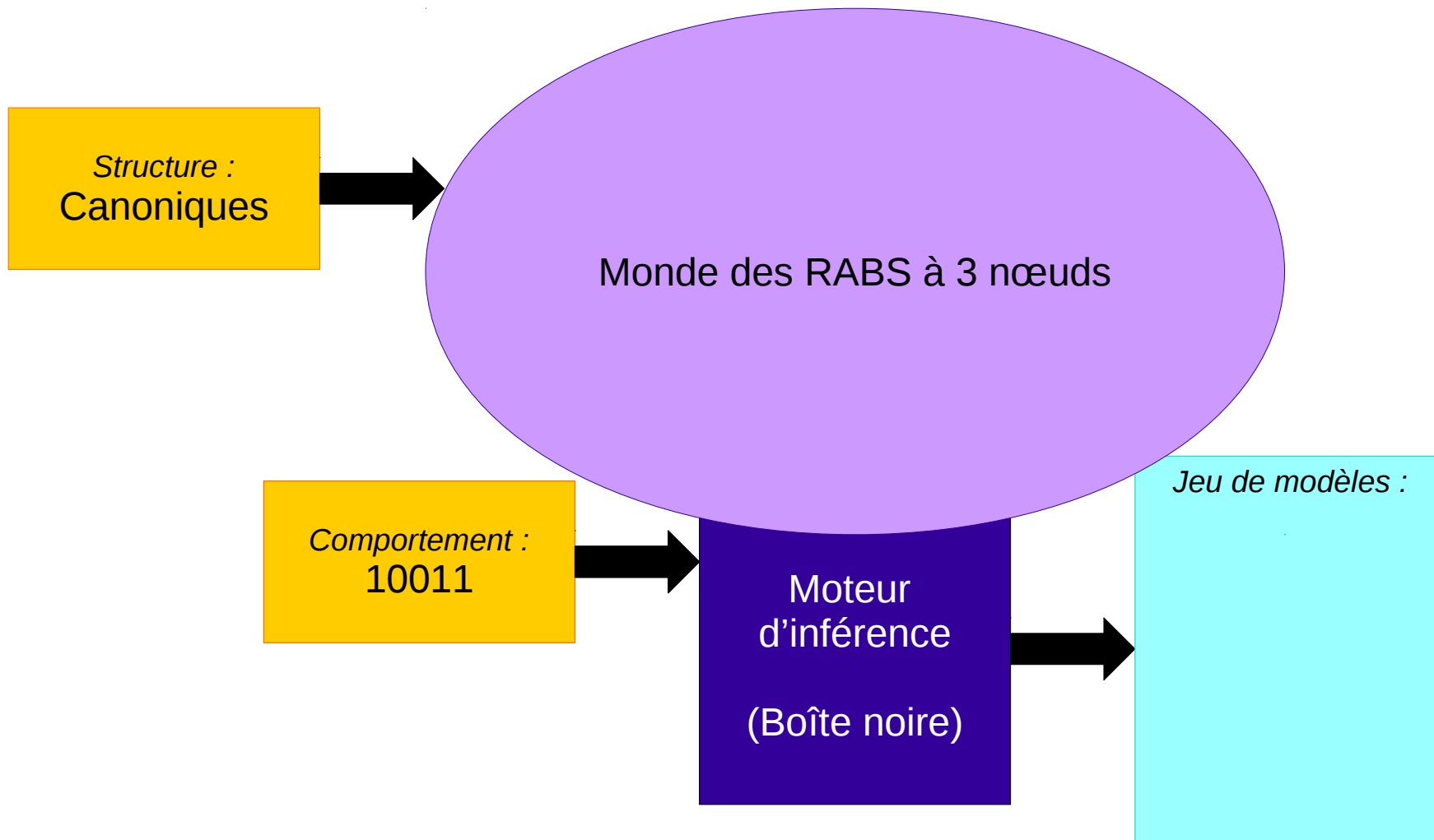
L'inférence de RABS



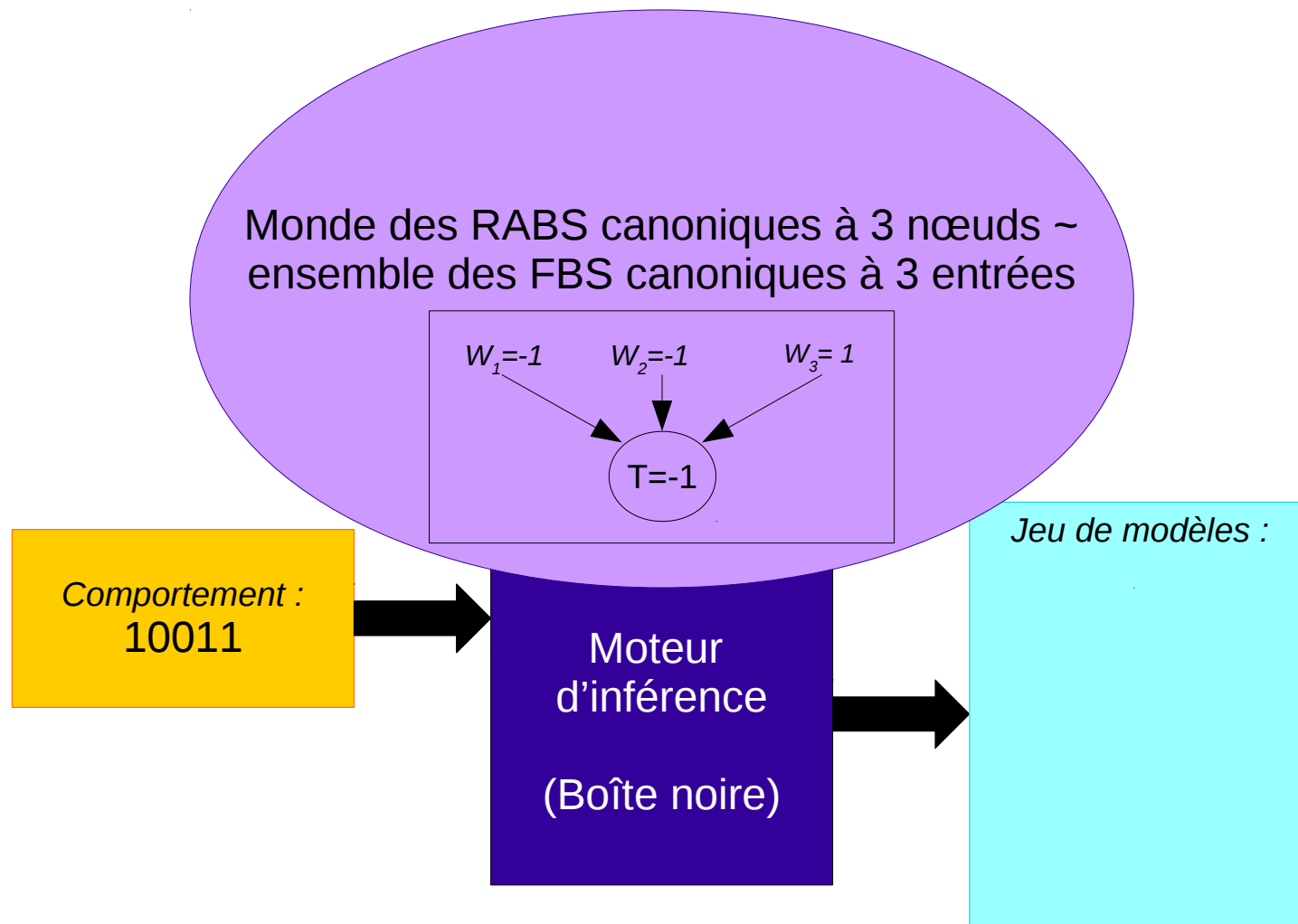
L'inférence de RABS



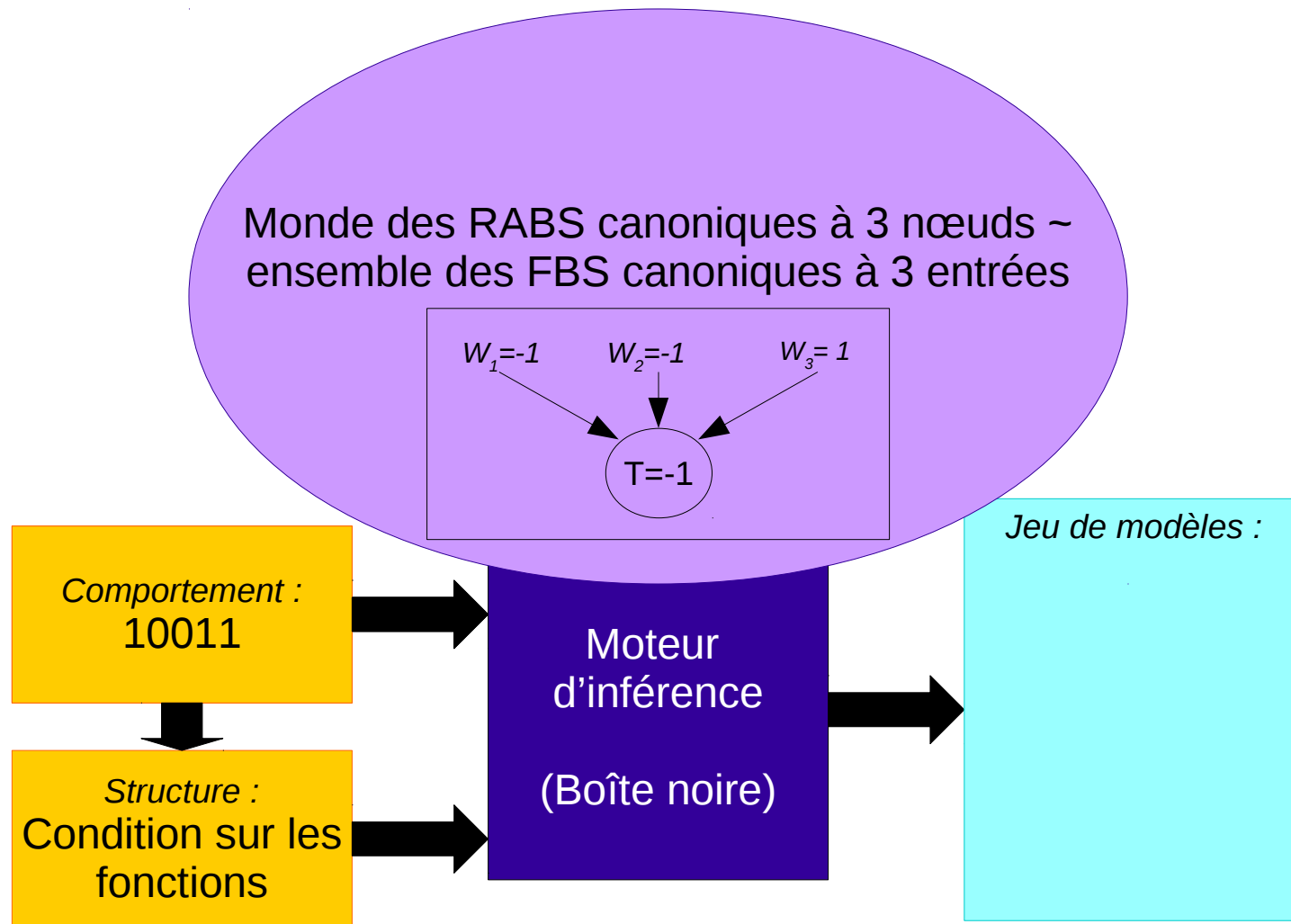
L'inférence de RABS



L'inférence de RABS



L'inférence de RABS



Conclusion

- Nous sommes capables par inférence d'obtenir les ensembles de réseaux canoniques satisfaisant des contraintes structurelles et comportementales
 - dont réseaux de régulation génétique
 - éventuellement métaboliques
 - et réseaux de neurones
- Nous sommes capables d'énumérer et simuler tout ou partie des réseaux de taille d
 - ⇒ étude et analyse des ensembles de réseaux solutions