

Défense de thèse de doctorat

**Une architecture de sélection de l'action
pour des humains virtuels autonomes
dans des mondes persistants**

Etienne de Sevin, Candidat au doctorat

EPFL – VRLab

Plan

1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. Scénario de test
5. Résultats
6. Conclusion

1. Introduction

- Pourquoi les humains virtuels ?
 - réalisme graphique
 - immersion des utilisateurs
 - pas vraiment autonomes
 - focaliser sur la prise de décision



1. Introduction

- Leur autonomie ?
 - souvent ignorée ou assumée
 - trop dépendante du contexte ou limitée dans le temps
 - donner l'illusion de vivre
 - capable de générer ses propres buts



1. Introduction

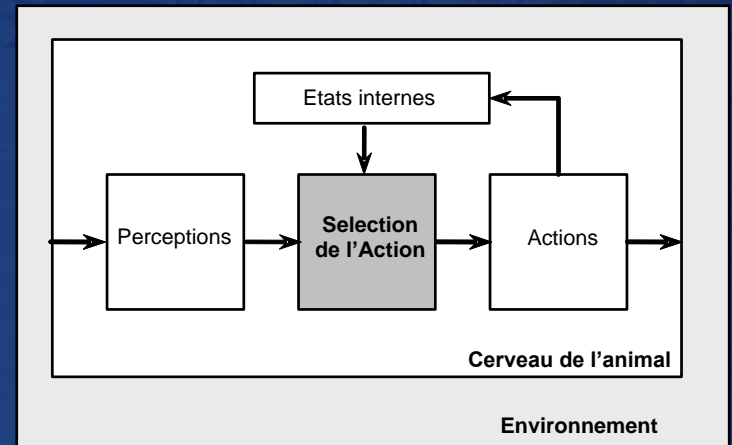
- La sélection de l'action ?

- partie décisionnelle

- indispensable pour l'autonomie

- savoir quelle action exécuter à chaque instant

- en fonction des facteurs internes et externes



1. Introduction

- Un monde persistant ?

- monde évoluant continuellement dans le temps
- indépendant de l'utilisateur
- décisions en temps réel
- grande autonomie nécessaire



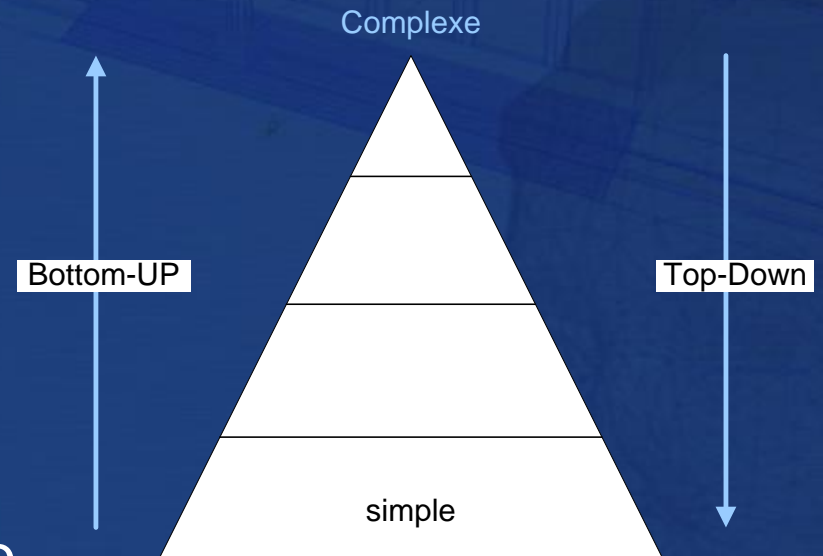
Plan

1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. Scénario de test
5. Résultats
6. Conclusion

2. Inspirations

- Approche “de bas en haut ” (bottom-up)

- augmenter la complexité progressivement
- comprendre l'influence de chaque niveau
- robustesse de l'architecture



2. Inspirations

- Agents situés
 - boucle perception/actions
 - perception locale
 - limitation de la représentation de l'environnement
 - avantages: flexibilité, robustesse et efficacité

3. Modèle de sélection de l'action

- conditions pour implémenter un mécanisme de sélection de l'action [Tyrrell]
 - tenir compte des motivations et de l'environnement
 - favoriser les actions consommatrices
 - continuer la séquence d'actions jusqu'à la fin
 - possibilité d'interrompre le comportement courant
 - favoriser les comportements de compromis

2. Inspirations

- Architectures de prise de décision
 - architectures hiérarchiques
 - architectures réactives
 - architectures hybrides

2. Inspirations

- Architectures de prise de décision
 - architectures hiérarchiques
 - avantages
 - génération de séquences d'actions
 - diminution de la complexité du problème
 - inconvénients:
 - difficultés dans les environnements en temps réel
 - comportements trop prévisibles

2. Inspirations

- Architectures de prise de décision
 - architectures réactives
 - avantages:
 - situées
 - adaptées aux comportements opportunistes et imprévus
 - inconvénients:
 - difficultés à exécuter des comportements complexes
 - problèmes d'hésitation dans les choix

2. Inspirations

- Architectures de prise de décision
 - architectures hybrides
 - situées et réactives
 - génération de séquences d'actions
 - diminution de la complexité du problème
 - comportements flexibles et robustes

2. Inspirations

- Subjectivité de la prise de décision
 - motivations
 - émotions
 - pensée

2. Inspirations

- Subjectivité de la prise de décision
 - Motivations
 - souvent absentes dans les architectures existantes
 - indispensable pour une réelle autonomie
 - génèrent des buts à atteindre
 - poussent les agents à agir vers un but

2. Inspirations

- Subjectivité de la prise de décision
 - Emotions
 - ont un rôle moins clair que celui des motivations
 - évaluent et influencent la prise de décision
 - indispensables aux relations sociales
 - améliorent l'autonomie et le réalisme des humains virtuels

2. Inspirations

- Subjectivité de la prise de décision
 - « pensée »
 - structure de contrôle des agents autonomes
 - fait partie de la modélisation d'un humain virtuel
 - nécessite motivations et émotions

Plan

1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. Scenarior de test
5. Résultats
6. Conclusion

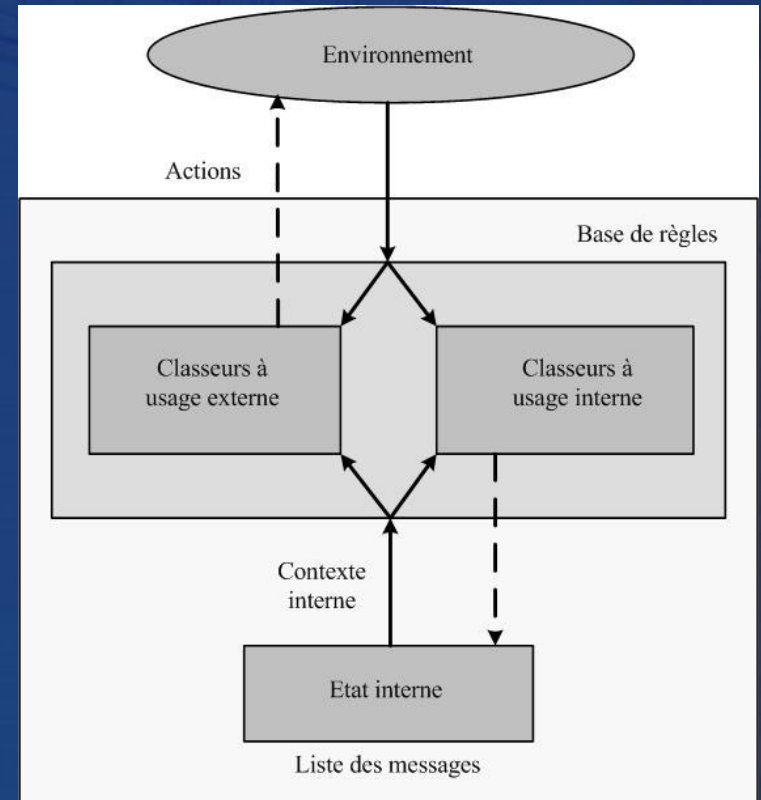
3. Modèle de sélection de l'action

- Techniques utilisées:
 - systèmes de classeurs hiérarchiques [Donnart]
 - hiérarchie à libre flux [Tyrrell]

3. Modèle de sélection de l'action

- Systèmes de classeurs hiérarchiques

- réactifs
- proactifs
- diminuent la complexité du problème
- adaptés à la modélisation de systèmes motivationnels

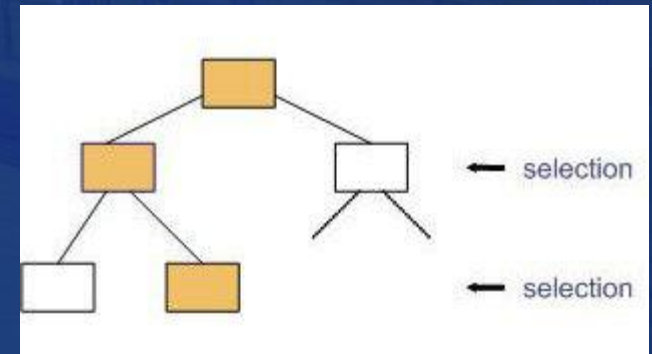


3. Modèle de sélection de l'action

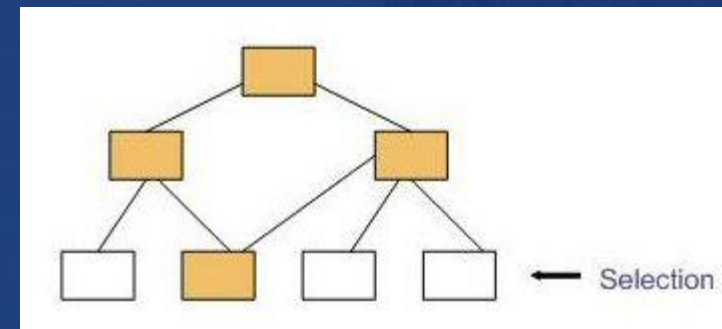
- Hiérarchie à libre flux

- aucune sélection avant le dernier niveau de la hiérarchie
- comportements de compromis
- flexibilité et réactivité des hiérarchies
- idéale pour modéliser des architectures de sélection de l'action

Hiérarchie classique



Hiérarchie à libre flux



3. Modèle de sélection de l'action

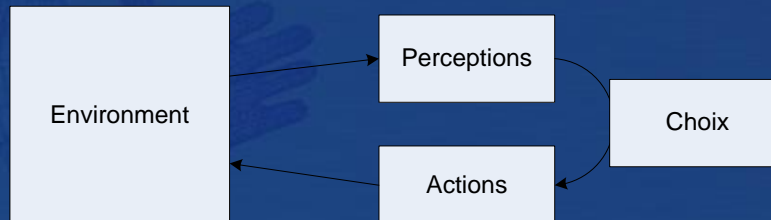
- Notre approche

Niveau réactif

3. Modèle de sélection de l'action

- Niveau réactif

- indispensable pour les environnements en temps réel
- l'humain virtuel est situé dans son environnement
- comportements opportunistes
- règles à usage externe (SCH)
- propagation de l'activité (HLF)



3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- réponse rapide aux changements
de l'environnement

Niveau réactif

3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- réponse rapide aux changements
de l'environnement

Niveau Proactif

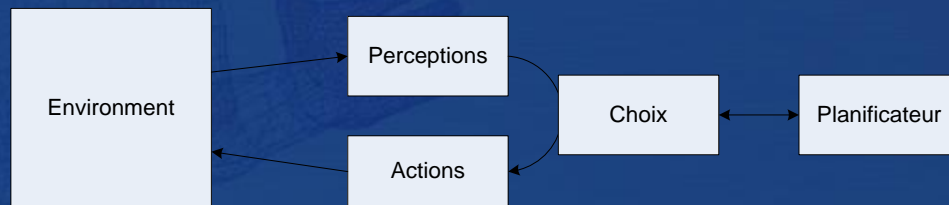


Niveau réactif

3. Modèle de sélection de l'action

- Niveau proactif

- génère des séquences d'actions pour satisfaire des buts précis
- obtention de comportements complexes
- peut être interrompu
- règles à usages interne (SCH)



3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- gestion autonome des buts

- réponse rapide aux changements
de l'environnement

Niveau Proactif



Niveau réactif

3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- gestion autonome des buts

- réponse rapide aux changements
de l'environnement

Niveau motivationnel



Niveau Proactif

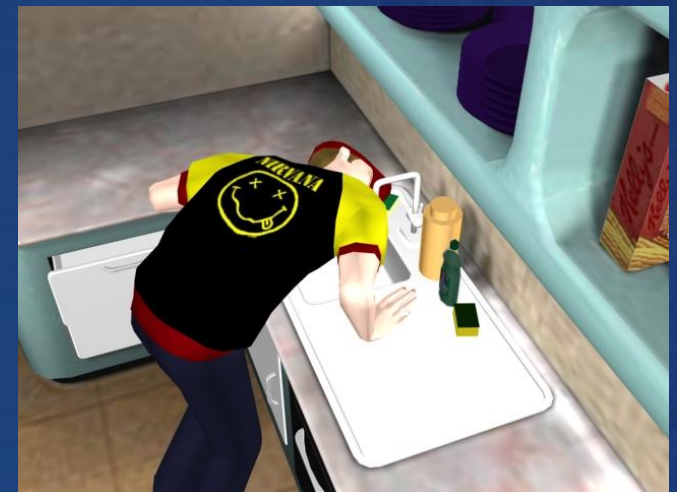
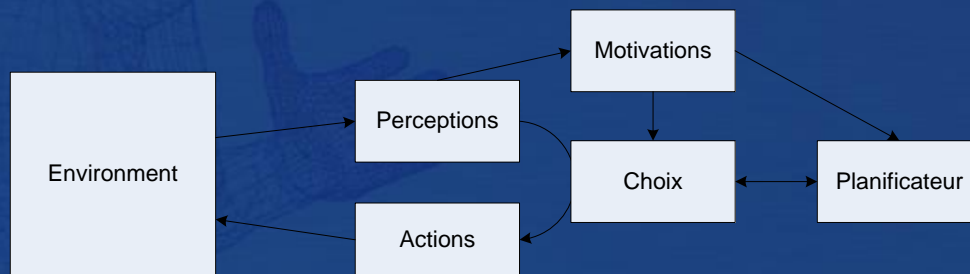


Niveau réactif

3. Modèle de sélection de l'action

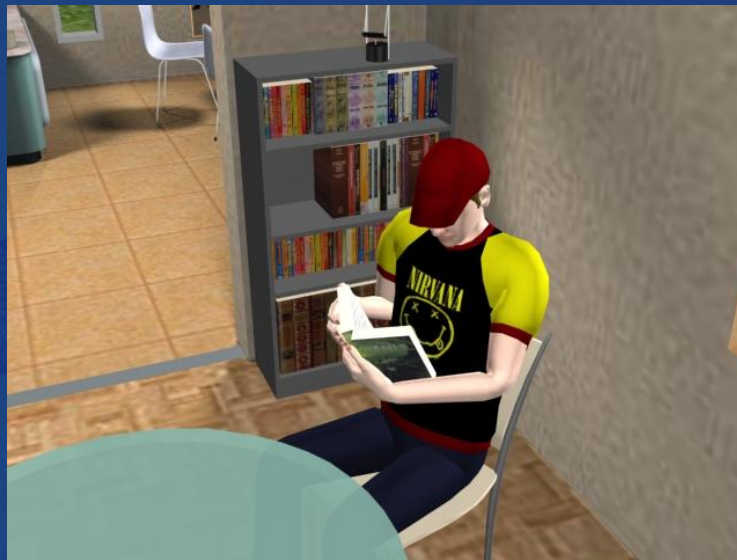
- Niveau motivationnel

- auto génération de buts
- reflète les états internes
- contrôle le comportement la majorité du temps



3. Modèle de sélection de l'action

- Niveau motivationnel :
 - une grande autonomie
 - une personnalité et une individualité aux humains virtuels
 - l'illusion que les humains virtuels vivent leurs propres vies



3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- auto production de buts

- gestion autonome des buts

- réponse rapide aux changements de l'environnement

Niveau motivationnel



Niveau Proactif



Niveau réactif

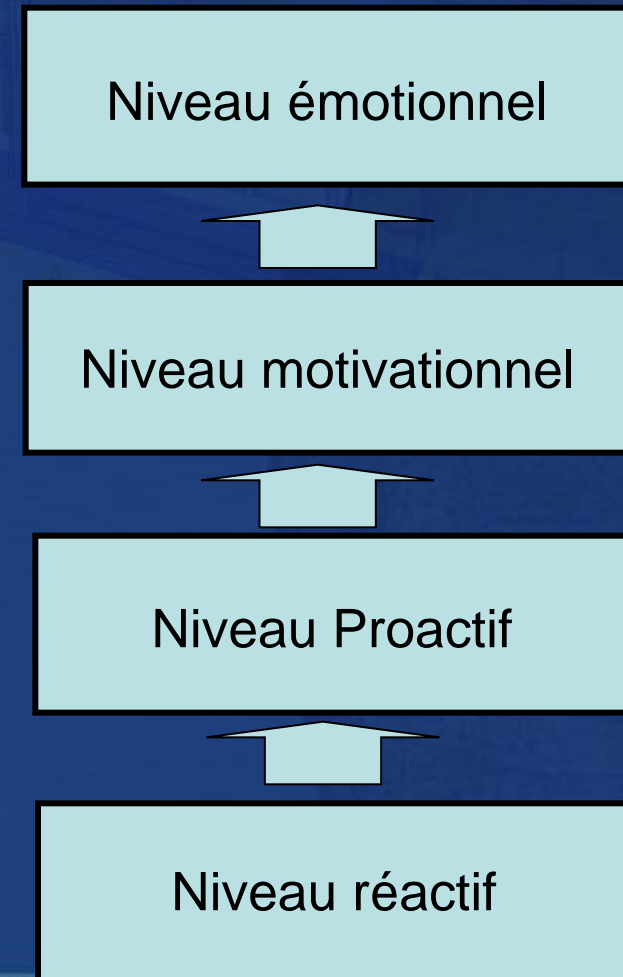
3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche

- auto production de buts

- gestion autonome des buts

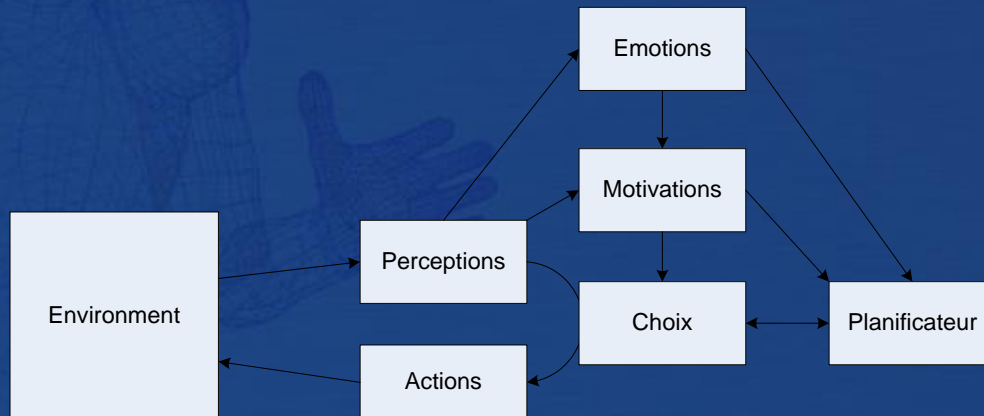
- réponse rapide aux changements de l'environnement



3. Modèle de sélection de l'action

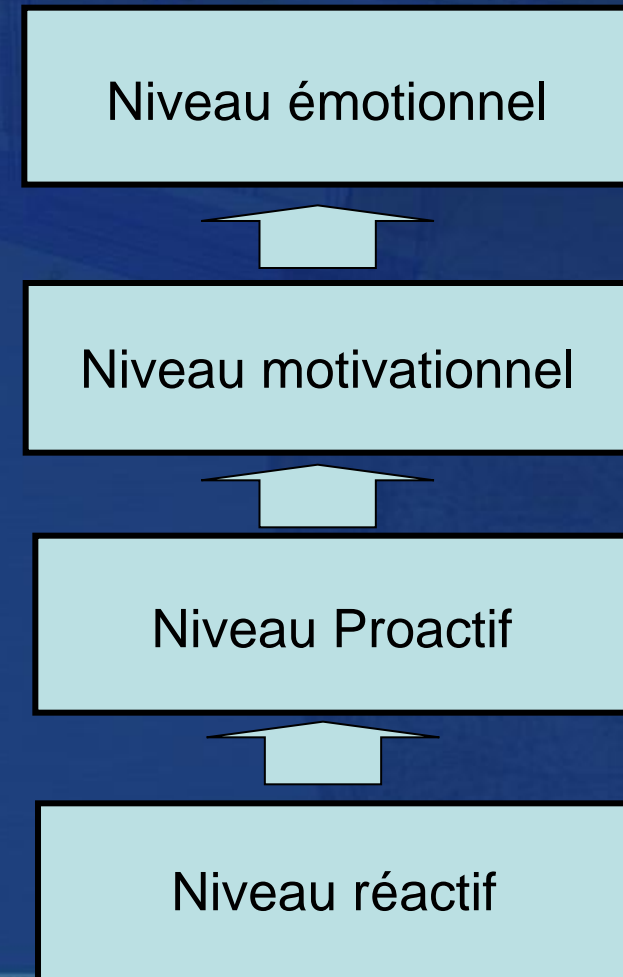
- Niveau émotionnel

- influence et module plusieurs niveaux en même temps
- permet d'avoir des comportements plus riches et plus variés



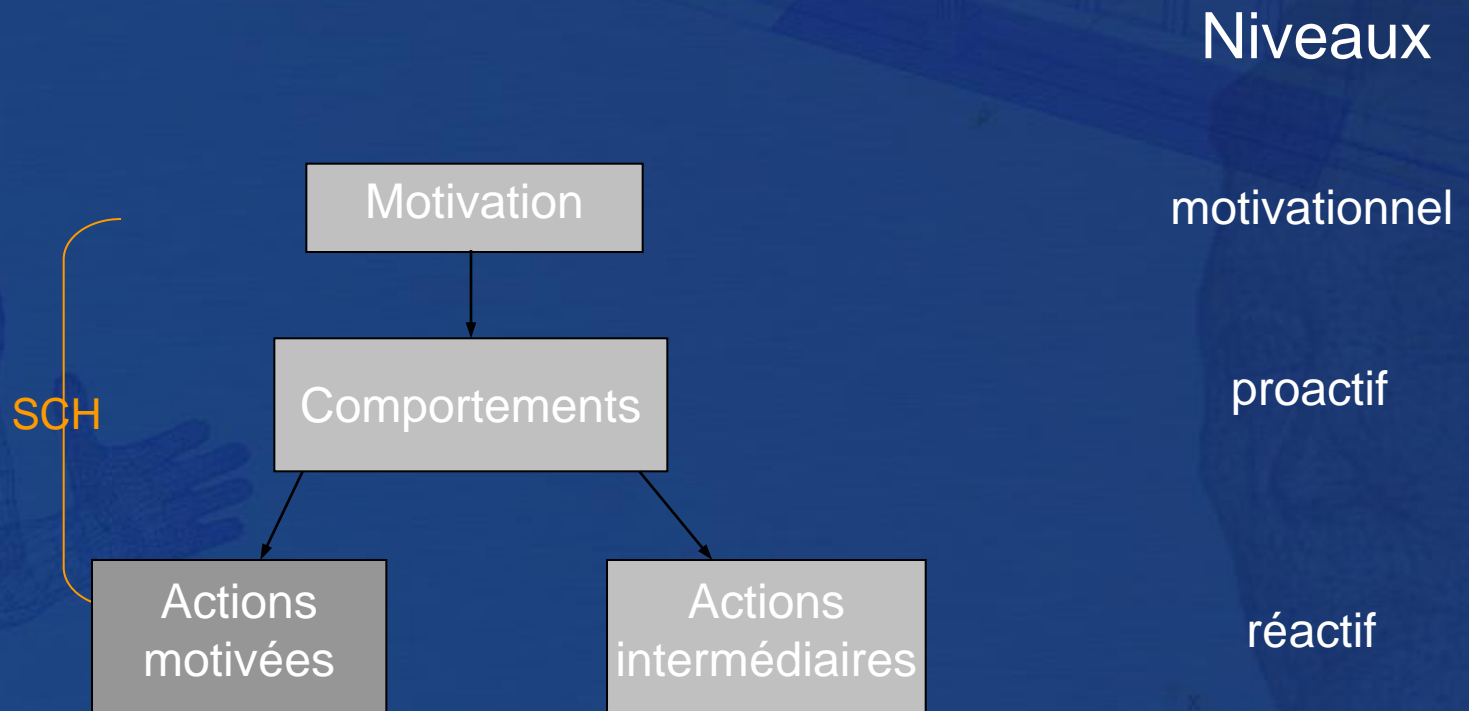
3. Modèle de sélection de l'action

- Notre approche
 - évaluation et modulation de la prise de décision
 - auto production de buts
 - gestion autonome des buts
 - réponse rapide aux changements de l'environnement



3. Modèle de sélection de l'action

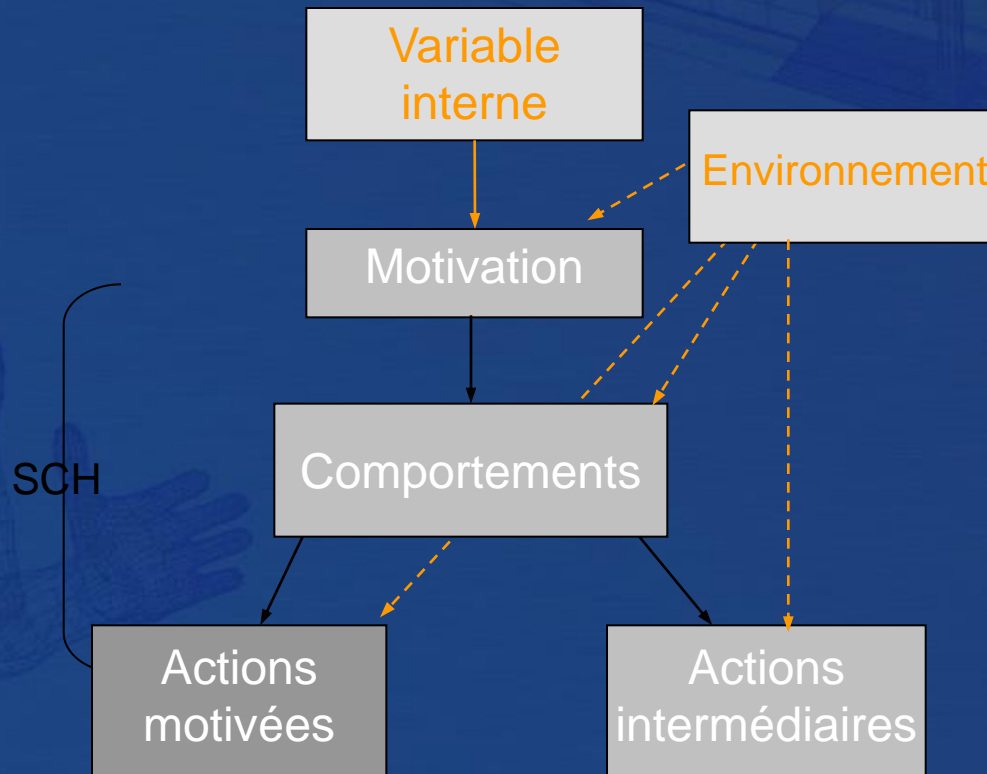
- Graphe de décision hiérarchique pour une motivation



SCH: système de classeurs hiérarchique

3. Modèle de sélection de l'action

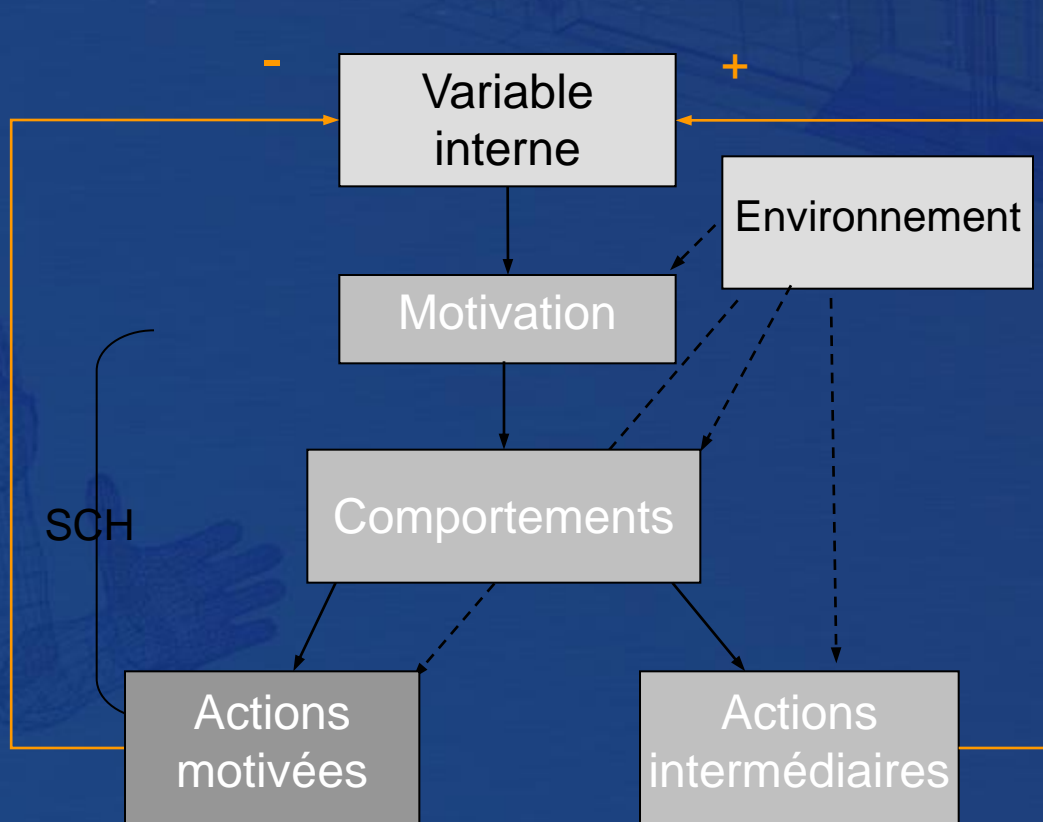
- Graphe de décision hiérarchique pour une motivation



SCH: système de classeurs hiérarchique

3. Modèle de sélection de l'action

- Graphe de décision hiérarchique pour une motivation



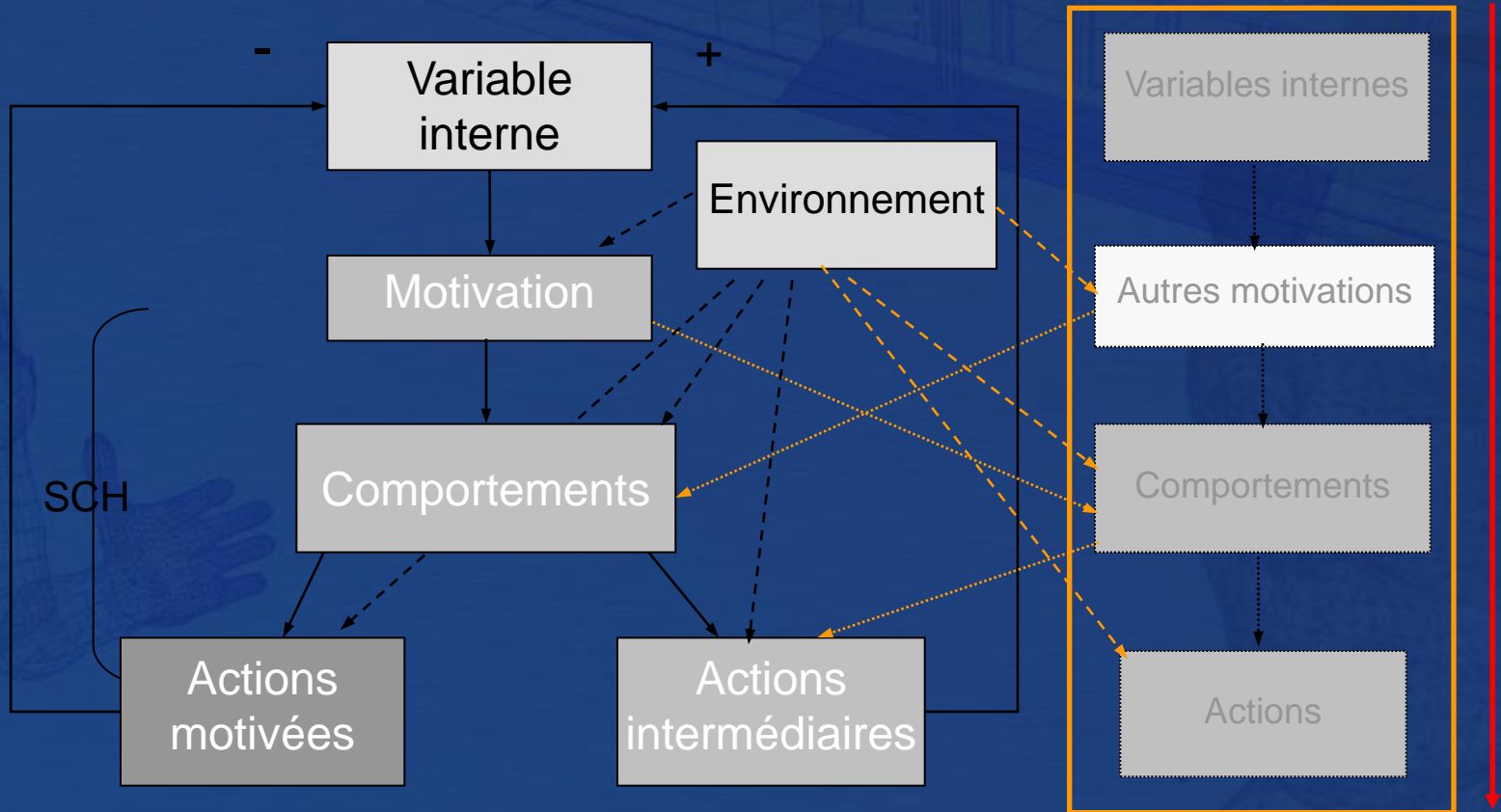
SCH: système de classeurs hiérarchique

→ Hiérarchie a libre flux

→ Effets des actions

3. Modèle de sélection de l'action

- Graphe de décision hiérarchique pour une motivation



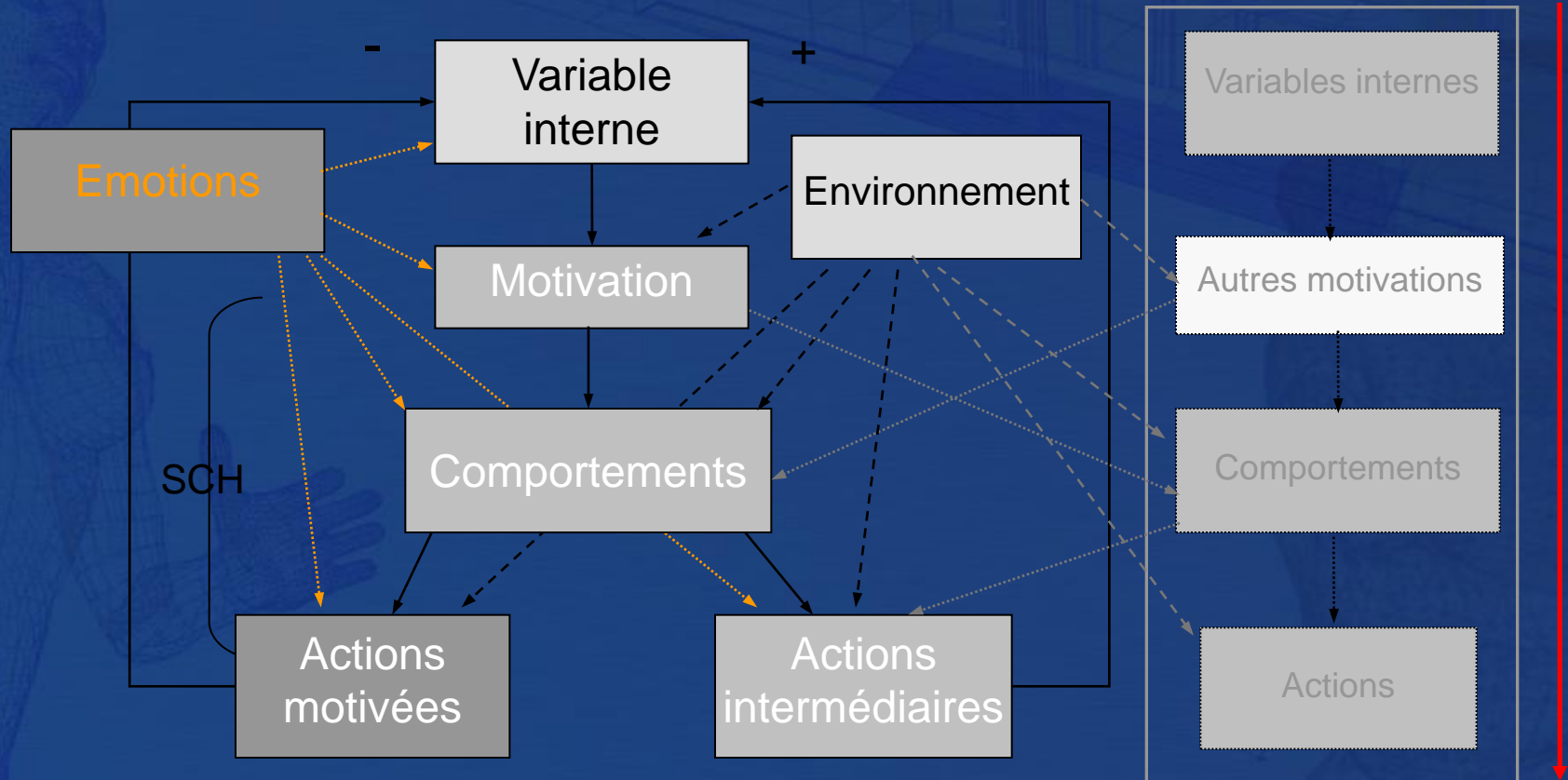
SCH: système de classeurs hiérarchique

→ Hiérarchie à libre flux

→ Effets des actions

3. Modèle de sélection de l'action

- Graphe de décision hiérarchique pour une motivation



SCH: système de classeurs hiérarchique

→ Hiérarchie à libre flux

→ Effets des actions

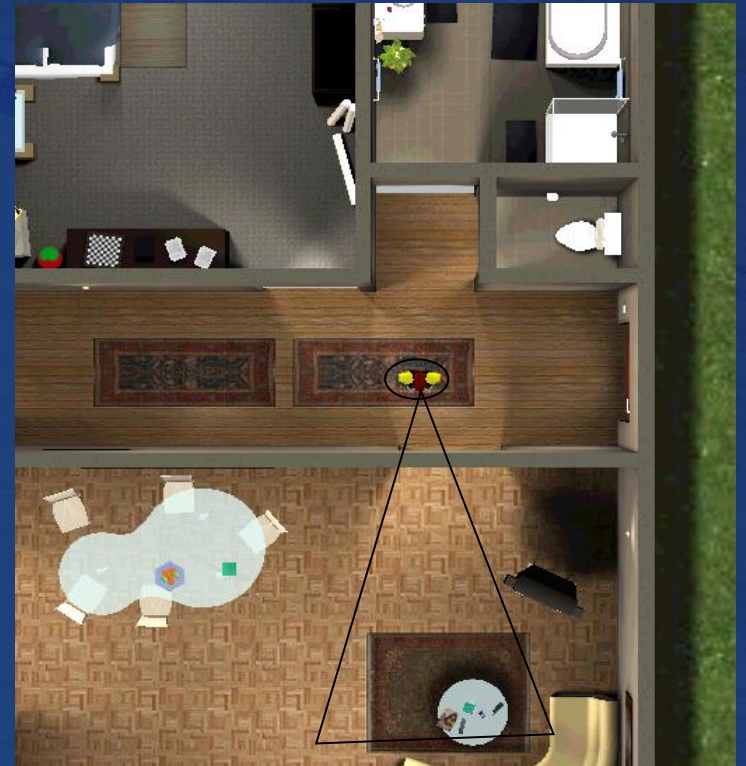
3. Modèle de sélection de l'action

- 6 fonctionnalités nécessaires pour avoir des humains virtuels **autonomes et motivés** :
 - Perceptions
 - Evaluation “subjective” des motivations
 - Hystérésis
 - Planificateur de comportements
 - Interruptions des comportements
 - Comportements de compromis

3. Modèle de sélection de l'action

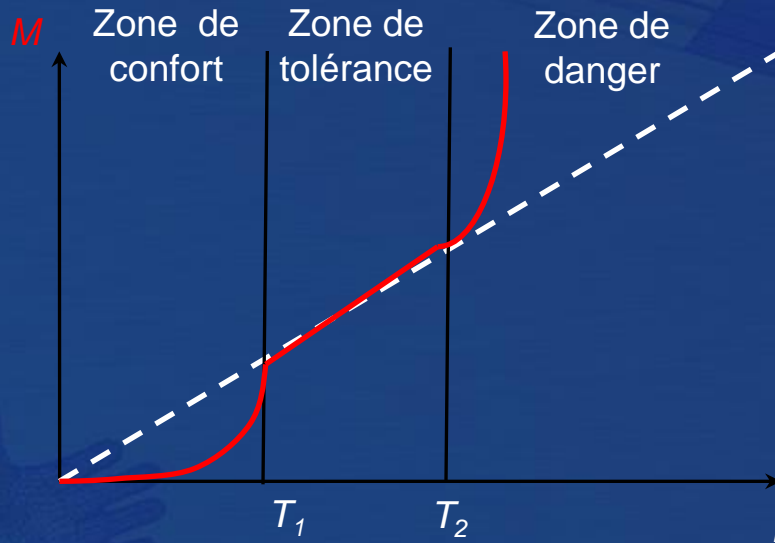
- 1- Perceptions

- limitées
- naviguer en évitant les obstacles
- comportements opportunistes
- effet amplificateur



3. Modèle de sélection de l'action

- 2 - L'évaluation « subjective » des motivations



- évolution non-linéaire des motivations
- maintient l'homéostasie des variables internes
- aide le système à prendre les décisions

3. Modèle de sélection de l'action

- 3 - Hystérésis

- maintient temporairement l'activité des motivations
- les variables internes diminuent dans leur zone de confort
- persistance des actions motivées

$$M_t = (1 - \alpha) \cdot M_{t-1} + \alpha(i_t + e_t)$$

M_t : valeur de la motivation au temps t ,

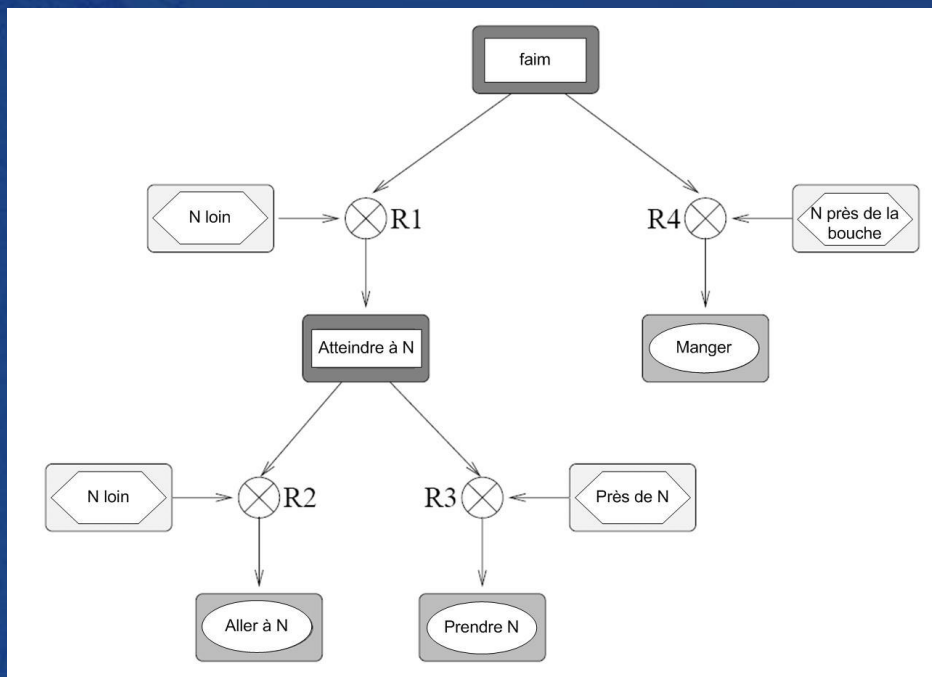
i_t : variable interne,

e_t : variable d'environnement,

α : hystérésis (0 to 1).

3. Modèle de sélection de l'action

- 4 - Planification hiérarchique des comportements
 - génération de séquences d'actions intermédiaires (SCH)
 - prépare l'humain virtuel à exécuter l'action motivée.



- R_1 : si nourriture (N) loin et faim, alors atteindre N.
- R_2 : si N loin et atteindre N, alors aller à N.
- R_3 : si près de N et atteindre N, alors prendre N.
- R_4 : si N dans la bouche et faim, alors manger.

3. Modèle de sélection de l'action

- 5 - Interruptions de comportements
 - adapte aux changements de l'environnement
 - stoppe les séquences d'actions inutiles
 - interruptions à tout moment

- 3 principales causes :
 - autre motivation plus urgent à satisfaire
 - comportements opportunistes
 - situations de danger

3. Modèle de sélection de l'action

- 6 - Comportements de compromis
 - satisfont plusieurs motivations à la fois
 - diminuent la complexité de la sélection de l'action
 - doivent être choisis priorité

$$A_c = A_h + \frac{\sum_m^1 \beta A_i}{\sum_n^1 M_i} \cdot A_h$$

if $A_m \geq S_c$

A_c : l'activité de l'action de compromis,

β : coefficient de compromis

A_h : la plus haute activité des comportements de compromis

A_i : les activités des comportements de compromis,

M_i : les motivations,

A_m : la plus basse activité des comportements de compromis,

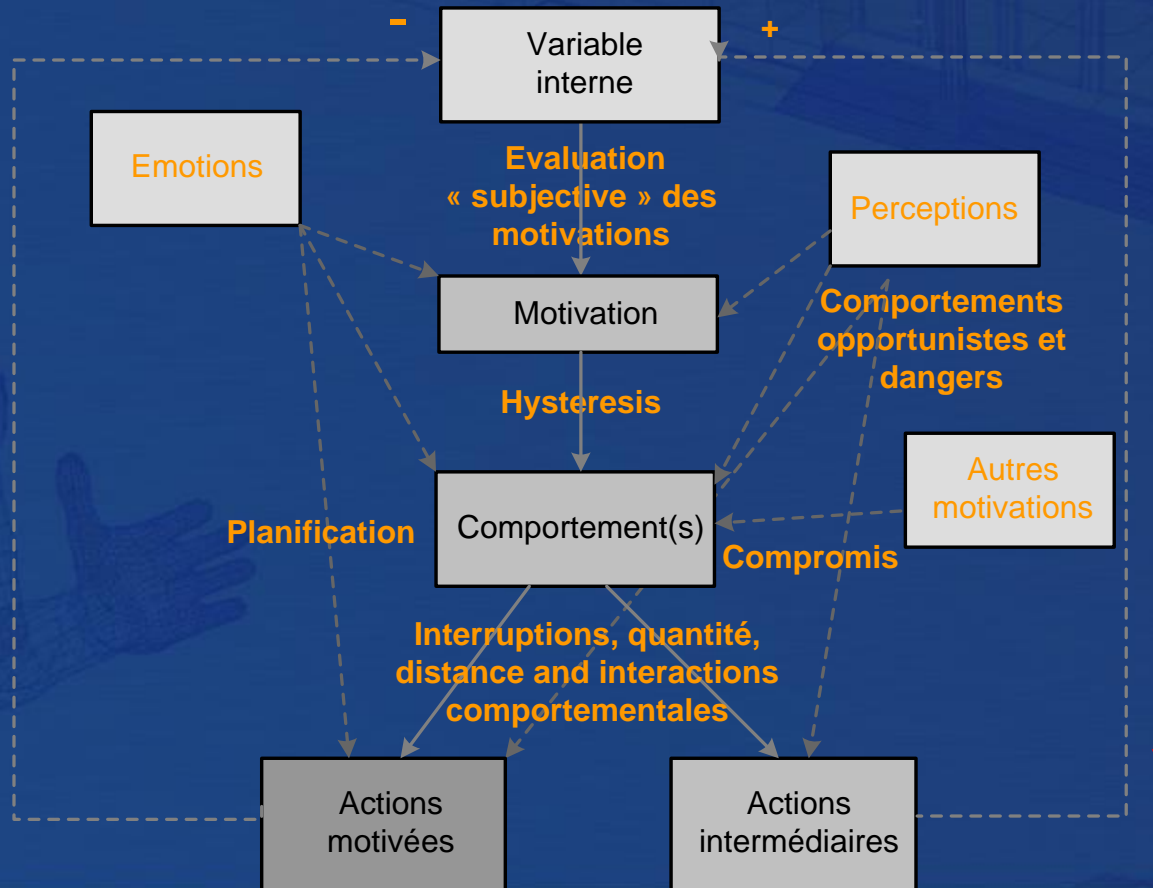
S_c : le seuil d'activation des actions.

3. Modèle de sélection de l'action

- Autres fonctionnalités :
 - gestion d'un environnement dynamique et imprévisible
 - interactions comportementales
- donnent de la flexibilité au système
- aident à la prise de décision

3. Modèle de sélection de l'action

- Le choix de l'action



Plan

1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. **Scenario de test**
5. Résultats
6. Conclusion

4. Scénario de test

Keith doit vivre sa vie dans son appartement de façon autonome

Le scénario comprend :

- 12 motivations conflictuelles
- 19 lieux différents
- 30 actions possibles
- action par défaut : regarder la télévision
- aucune limitation dans le nombre de règles

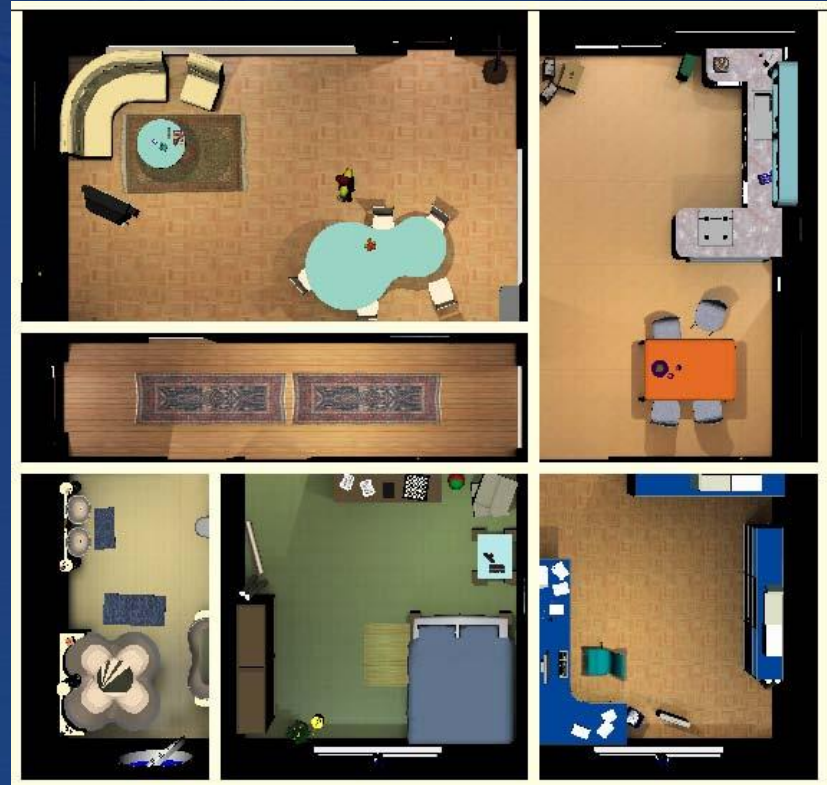


4. Scenari de test

motivations	goals		actions	
	goal	id	action	id
hunger	table	1	eat	1
	sink		eat1	2
thirst	sink	2	drink	3
	table		drink1	4
resting	sofa	3	sit	5
	bedroom		rest	6
toilet	toilet	4	satisfy	7
sleeping	bedroom	5	sleep	8
washing	bathroom	6	wash	9
cooking	oven	7	cook	10
	sink		cook1	11
cleaning	worktop	8	clean	12
	shelf	13	clean1	13
	bathroom		clean2	14
	table1	14	clean3	15
reading	bookshelf	9	read	16
	computer		read1	17
communicating	computer	10	communicate	18
	desk1	15	phone	19
	living	16	phone2	20
exercise	room	11	do push-up1	21
	desk	17	do push-up2	22
	kitchen	18	do push-up3	23
	Living room	19	balance	24
watering	plant	12	water	25
compromises	table		eat and drink	26
	sink		eat, drink and cook	27
	computer		read and communicate	28
	bedroom		sleep and rest	29
	bathroom		wash and clean	30
default	sofa		watch TV	
...	

4. Scenario de test

- Appartement ?
 - auto-suffisant
 - complexe :
 - comportements opportunistes
 - comportements de compromis
 - situations de danger
 - dynamique des ressources



Plan

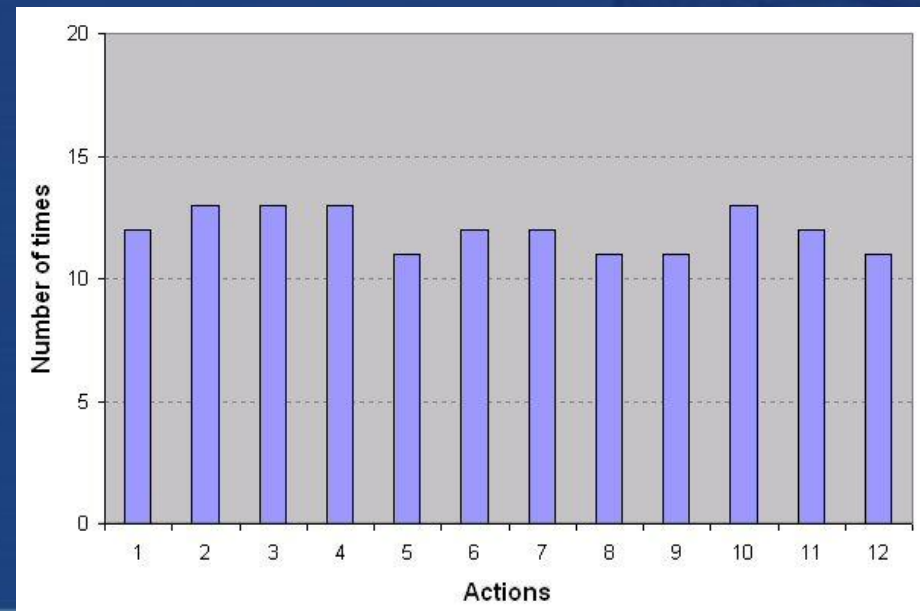
1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. Scénario de test
5. Résultats
6. Conclusion

5. Résultats – test de référence

Modèle motivationnel avec les fonctionnalités de base:

- hiérarchie simple et paramètres uniformes
- test sur 65000 itérations ou 1h30 de simulation
- bonne répartition entre les actions

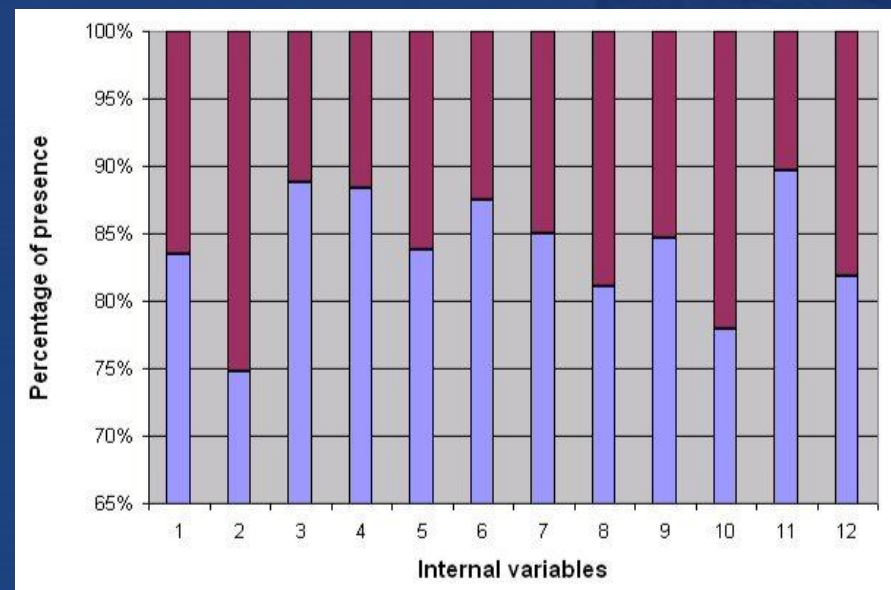
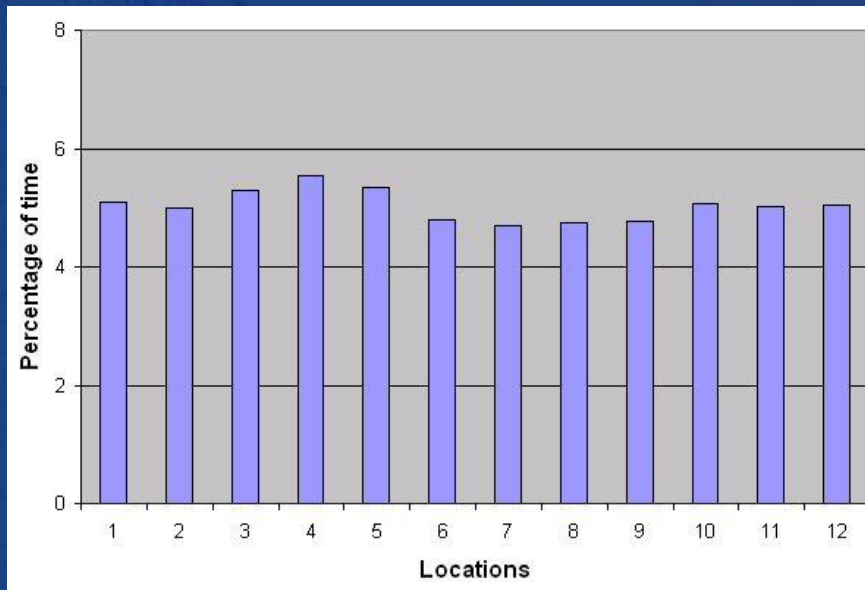
(1)	food_need	hunger	table	eat
(2)	water_need	thirst	sink	drink
(3)	rest_need	rest	sofa	sit
(4)	toilet_need	toilet	toilet	satisfy
(5)	sleep_need	sleeping	bedroom	sleep
(6)	wash_need	washing	bathroom	wash
(7)	cook_need	cooking	oven	cook
(8)	clean_need	cleaning	worktop	clean
(9)	read_need	reading	bookshelf	read
(10)	social_need	communicate	computer	write email
(11)	sport_need	exercise	room	do push-ups1
(12)	waterplant_need	watering	plant	water



5. Résultats – test de référence

Modèle motivationnel avec les fonctionnalités de base:

- bonne répartition entre les différents lieux
- variables internes à ~ 85% du temps dans leur zone de confort
- cohérence et robustesse du modèle



5. Résultats

Notre modèle de sélection de l'action est :

– réactif et flexible:

- opportunités / interruptions
- comportements de compromis
- ressources dynamiques
- situations de danger

5. Résultats – opportunités / interruptions

② **Comportement opportuniste**
(la nourriture visible augmente la faim)



5. Résultats – comportements de compromis



INFOS

- hunger
- thirst
- rest
- toilet
- sleeping
- washing
- reading
- playing

Liste des Motivations

2 Comme la soif est suffisamment haute...

La faim et la soif diminuent en même temps

4

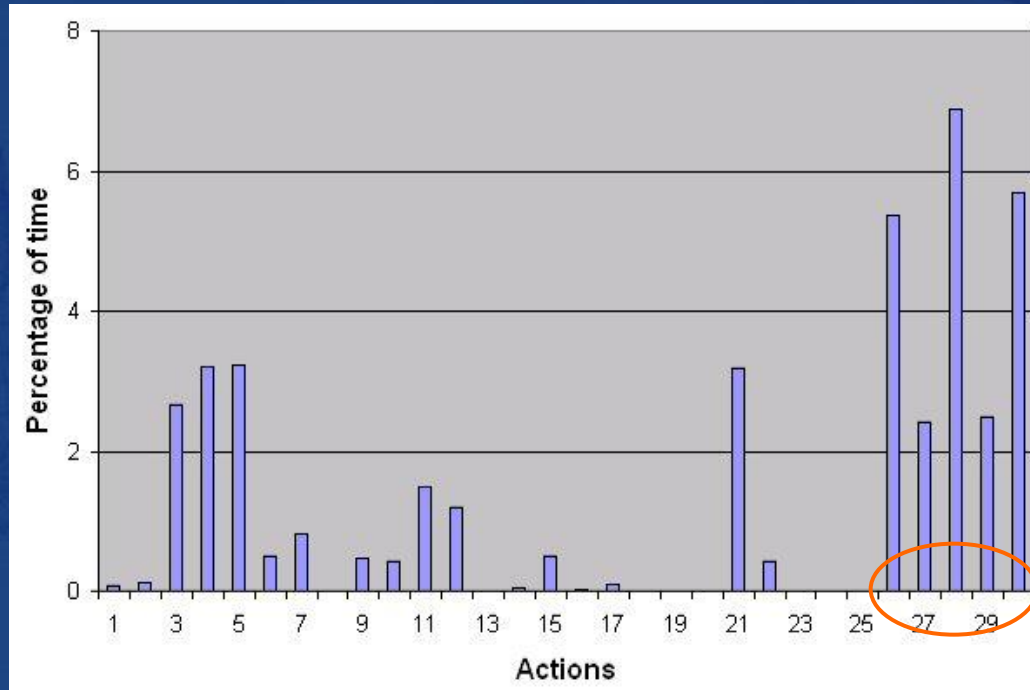
1 Comportement pour aller manger

Comportement de compromis : manger et boire (ligne noire)

3

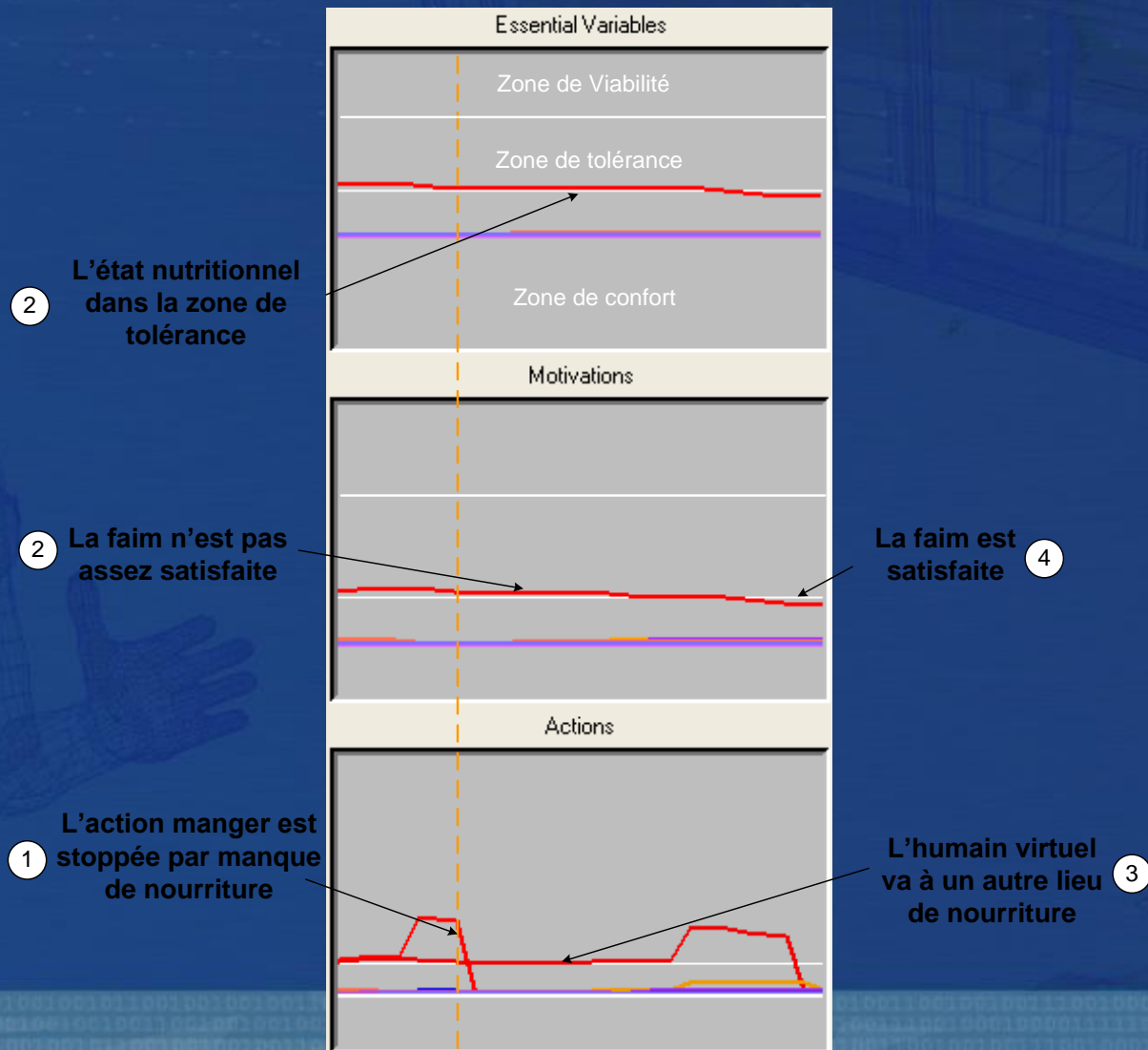
5. Résultats – comportements de compromis

- test avec toutes les fonctionnalités et paramétrages
- le modèle choisit préférentiellement les compromis
- rien ne change pour les actions non impliquées

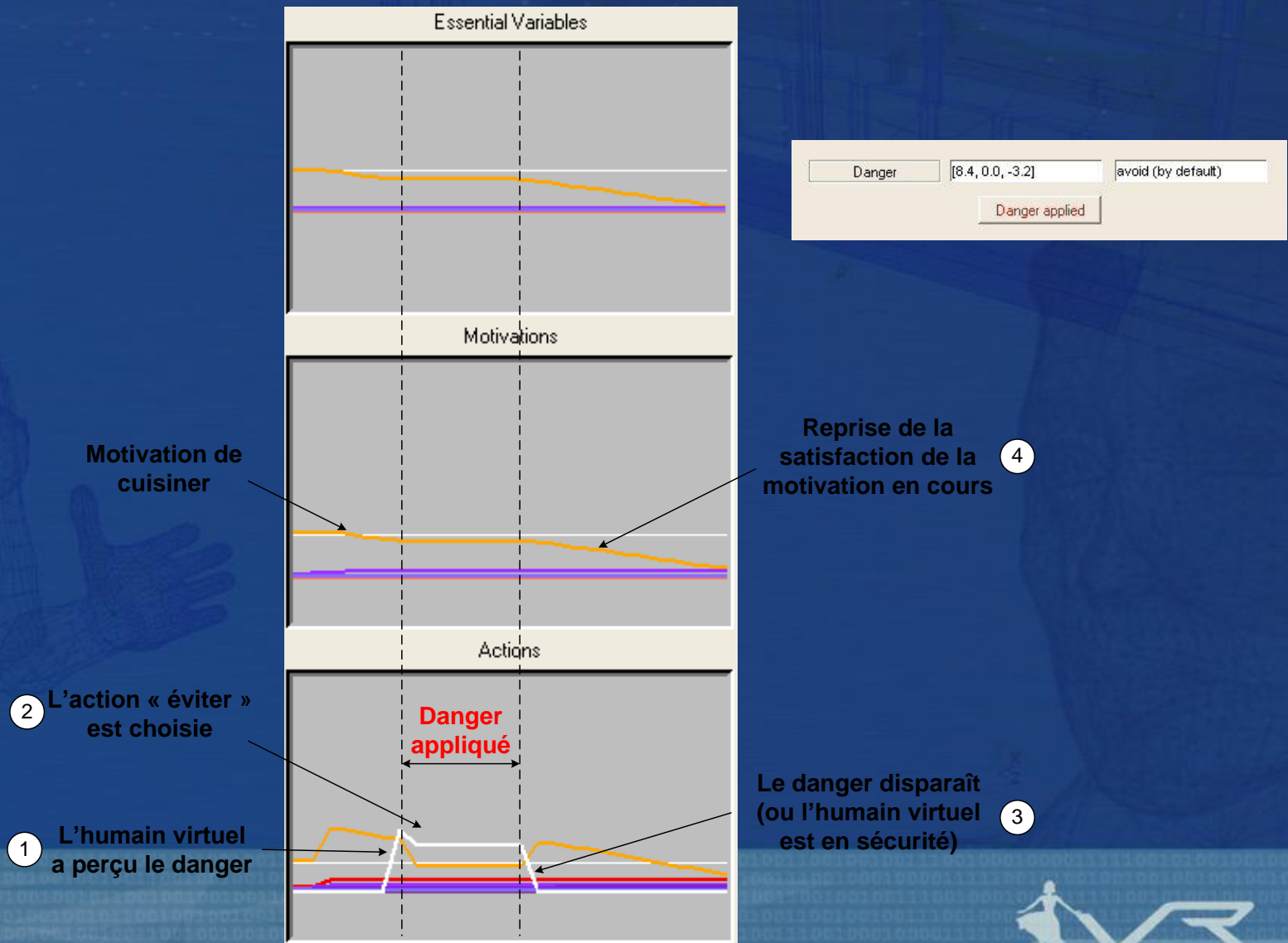


Actions de compromis

5. Résultats – ressources dynamiques



5. Résultats – situations de danger

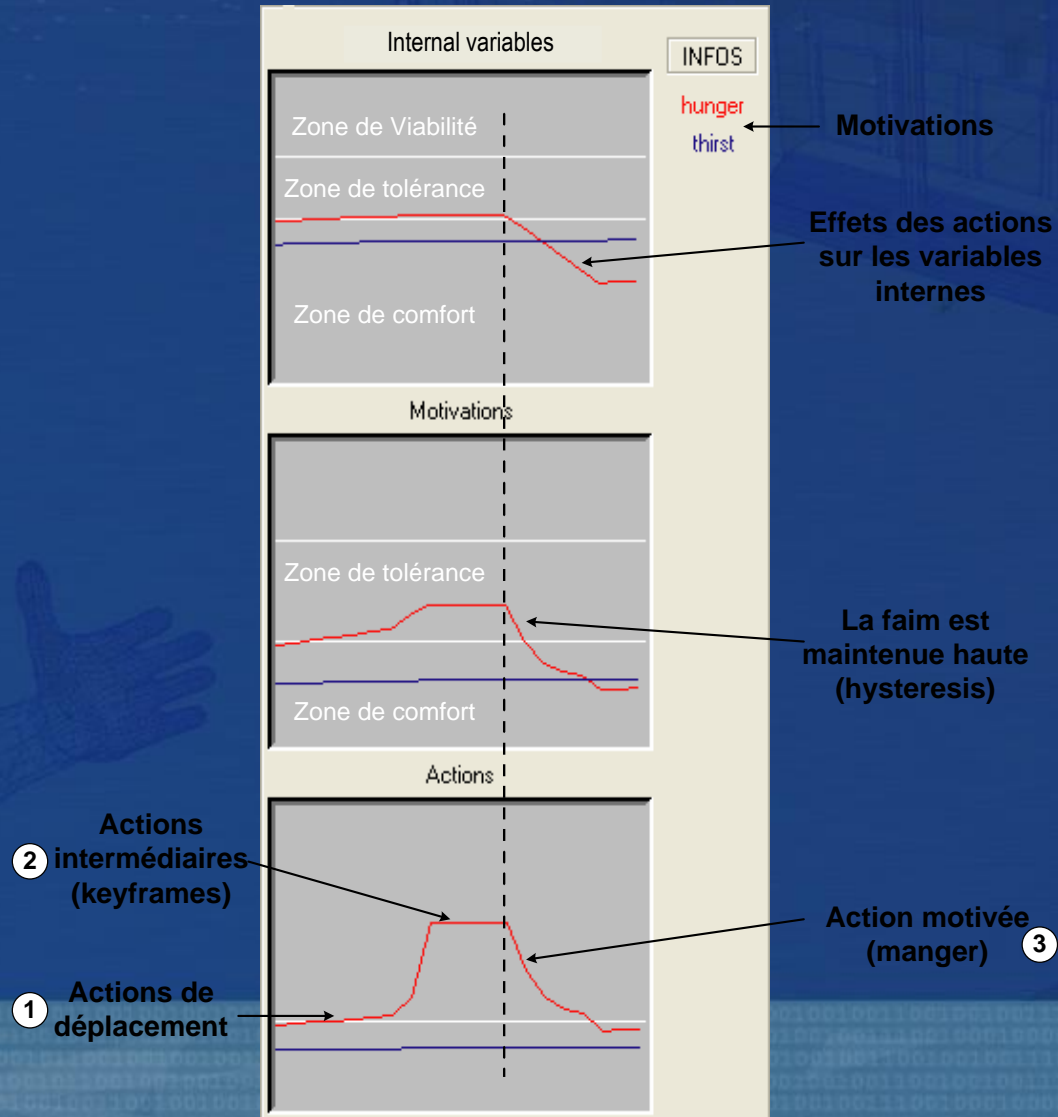


5. Résultats

Notre modèle de sélection de l'action est :

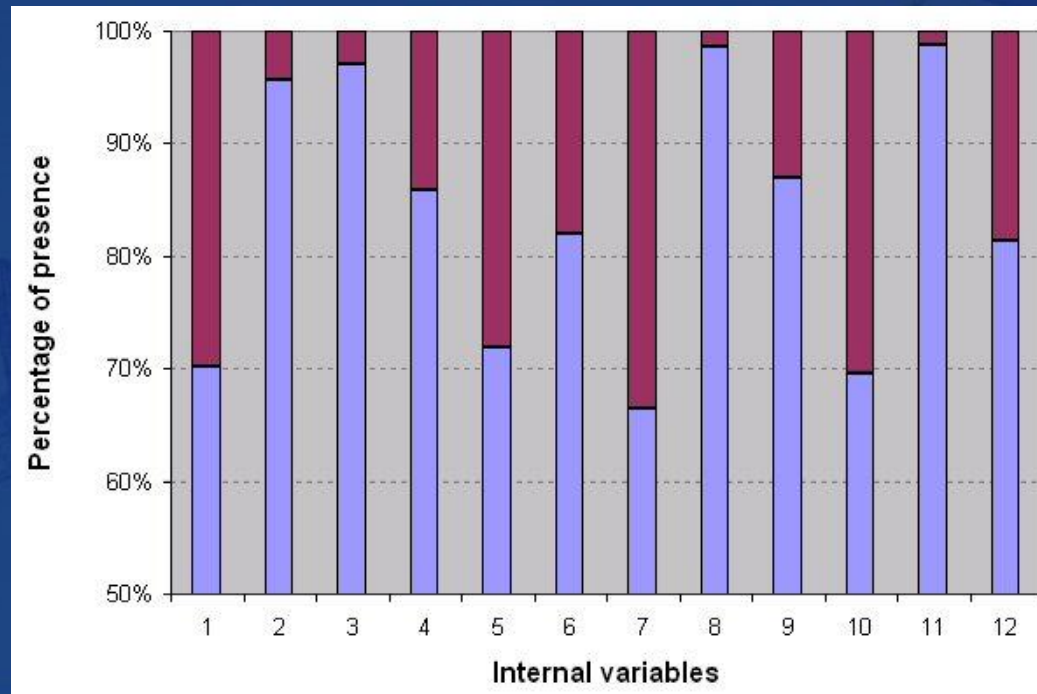
- réactif et flexible
- proactif et cohérent:
 - persistance des actions
 - répartition du temps
 - interactions entre les actions

5. Résultats – cohérence



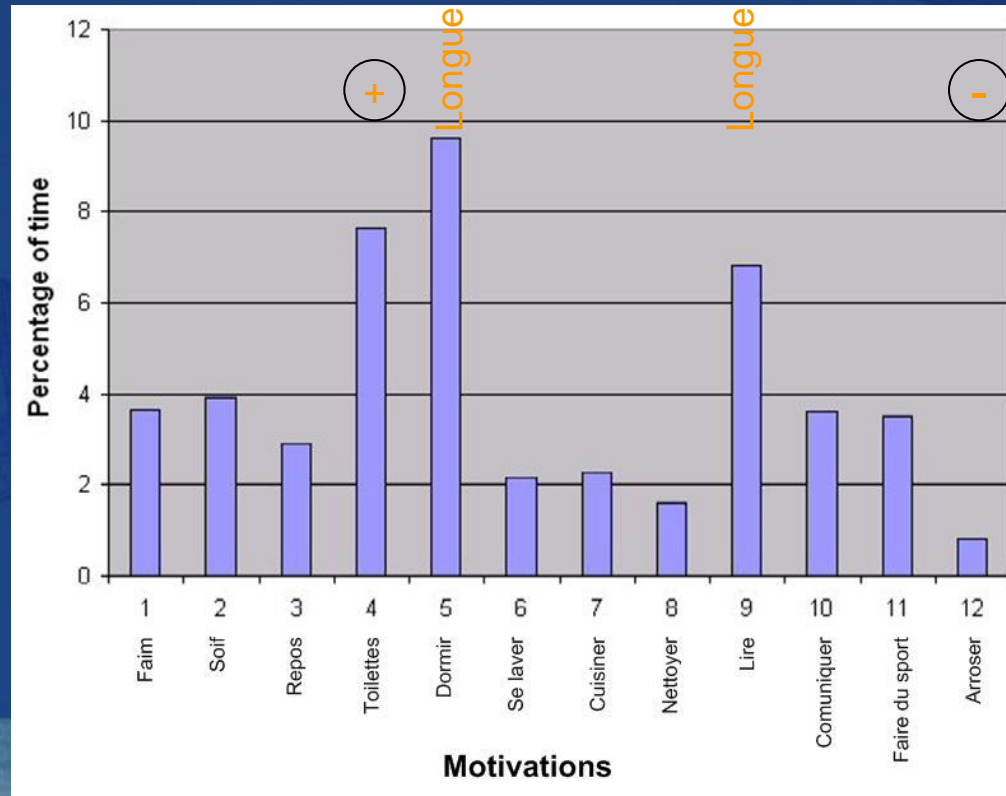
5. Résultats – persistance des actions

- test avec toutes les fonctionnalités et paramétrages
- variables internes à ~85 % du temps dans la zone de confort
- bonne persistance des actions motivées

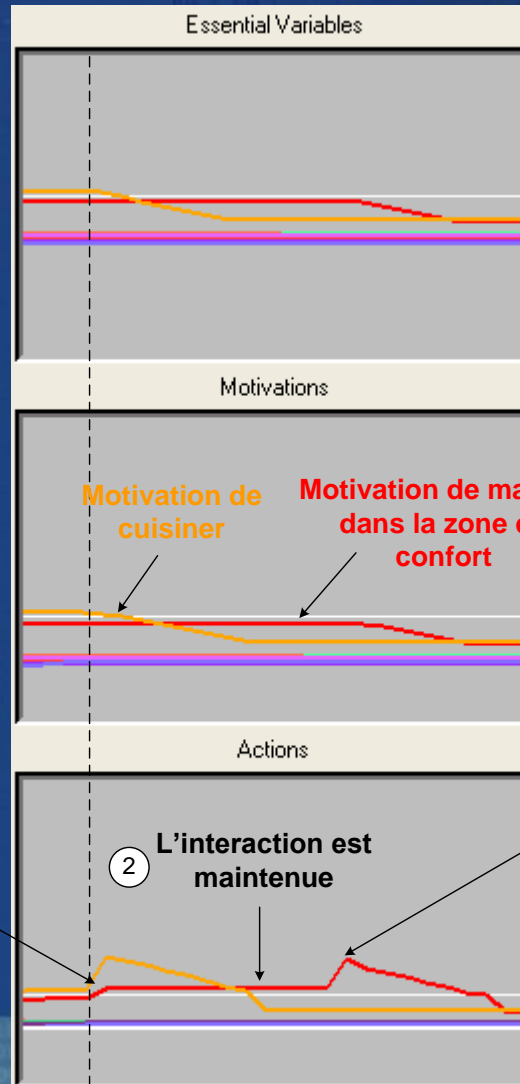


5. Résultats – répartition du temps

- test avec toutes les fonctionnalités et paramétrages
- bonne répartition du temps entre les motivations
- aucune motivation n'a été délaissée



5. Résultats – interactions comportementales



1 L'action manger est augmentée

L'action manger est choisie 3

5. Résultats

Notre modèle de sélection de l'action est :

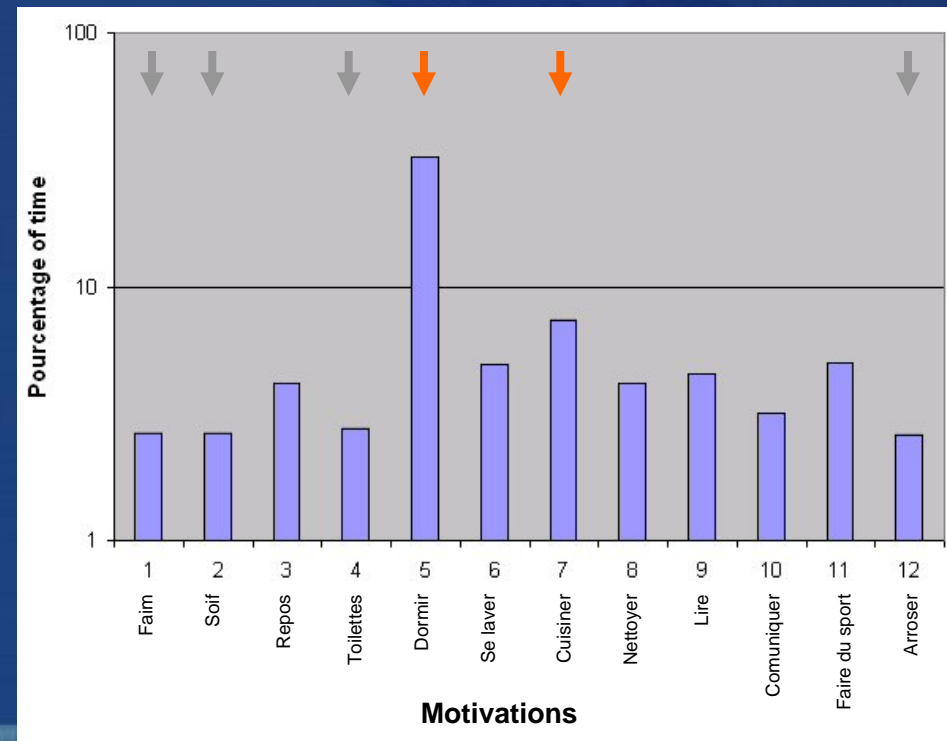
- réactif et flexible
- proactif et cohérent
- subjectif:
 - durée des actions
 - personnalité
 - émotions

5. Résultats – durée des actions

- chaque action a une durée spécifique
- paramétrable par l'utilisateur
- augmente le réalisme de la simulation

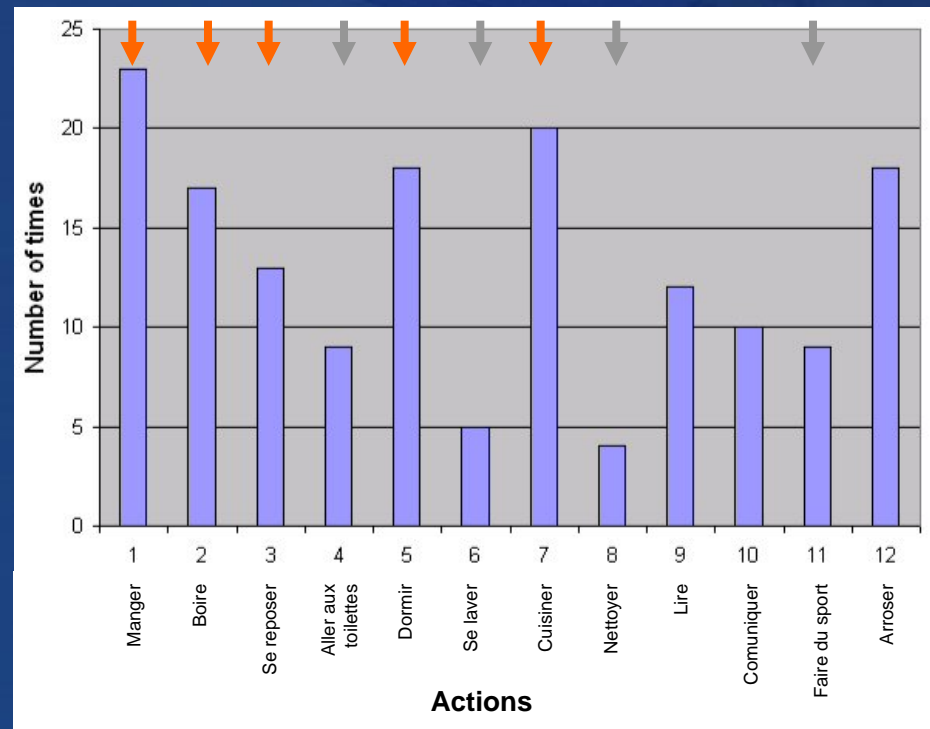
Actions	Length	Actions	Length	Actions	Length
Eat	15	Sleep	200	Read	30
Drink	15	Wash	30	Write email	20
Sit	25	Cook	45	Do push-up	30
Satisfy	15	Clean	25	Water	15

en minutes



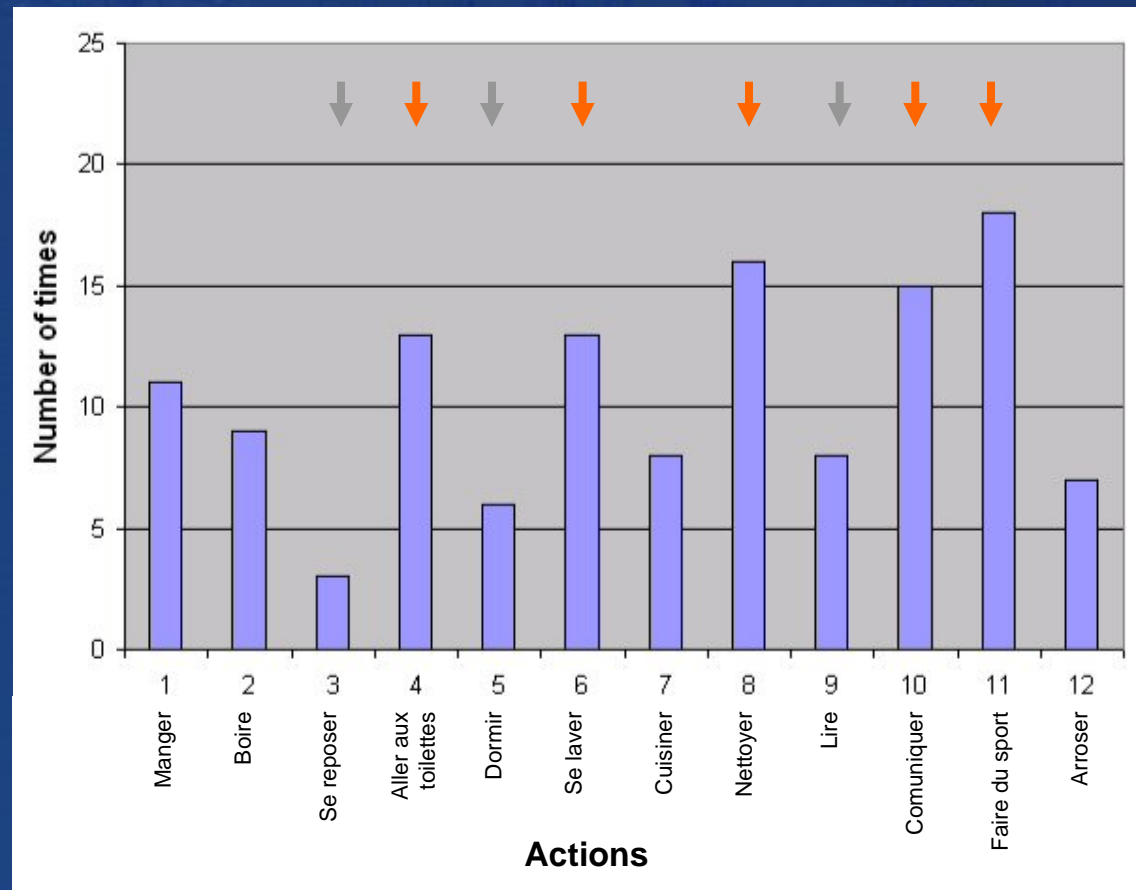
5. Résultats – personnalité

- fainéant, sportif, gourmand, ordonné...
- dans ce cas: fainéant, gourmand et sale
- augmente l'individualité et la complexité de l'humain virtuel



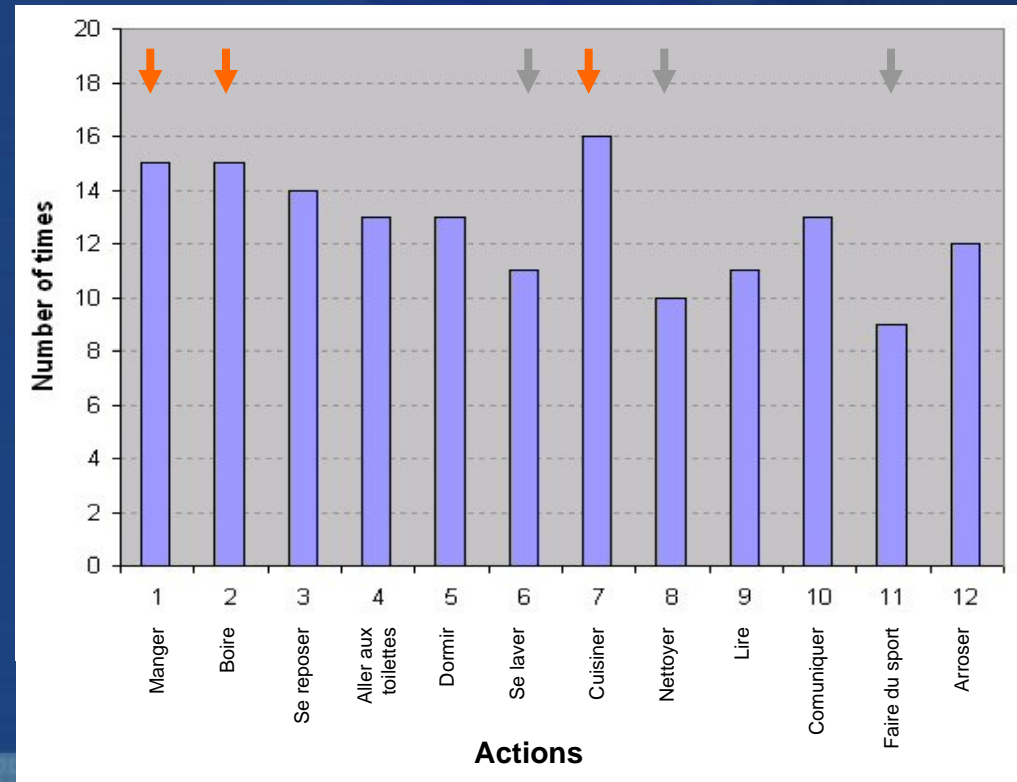
5. Résultats – personnalité

- autre cas: soigné, social et sportif



5. Résultats – émotions

- aimer/détester satisfaire une motivation
- influencent subtilement de la prise de décision
- modulent la personnalité de l'humain virtuel



5. Résultats

Notre modèle de sélection de l'action est :

- réactif et flexible
- proactif et cohérent
- subjectif
- générique
 - chien
 - supermarché



```
Python Console
File Edit Control Format
[ ] _run.py [ ] _sim14.py [ ] loopsim.py

first = 0
for i in range(len(param.multi[0][3])):
    secondaction.append(param.multi[0][3][i].Activity())
    if param.multi[0][3][i].Activity() >= self.chosenaction and param
    if param.multi[0][3][i].Activity() == self.chosenaction:
        conflict.append(i)
    else:
        self.chosenaction = param.multi[0][3][i].Activity()
        conflict = []
        conflict.append(i)
```

ALE SIMULATOR

Essential Variables

Motivations

Actions

Location: MULTIMEDIA_DEPARTEMENT
Action: BUY MULTIMEDIA PRODUCTS
Goal: MULTIMEDIA_DEPARTEMENT

View: Global view VH view

Speed: 0
Variations: 0
Peceptions: 50

Press space bar to START

Plan

1. Introduction
2. Inspirations
3. Modèle de sélection de l'action
4. Scénario de test
5. Résultats
6. Conclusion

6. Conclusion

- prise de décision rapide et consistante
- sélection de l'action complexe donc peu prévisible
- les humains virtuels ont une grande autonomie
- possibilité de définir une personnalité

Notre modèle est suffisamment flexible et cohérent pour simuler des humains virtuels autonomes dans des mondes persistants en temps réel.

6. Conclusion – contributions

- augmentation progressive de la complexité
- grande autonomie
- prise de décision continue en temps réel
- fonctionnalités nécessaires pour simuler des humains virtuels autonomes et motivés
- architecture entièrement paramétrable
- approche générique

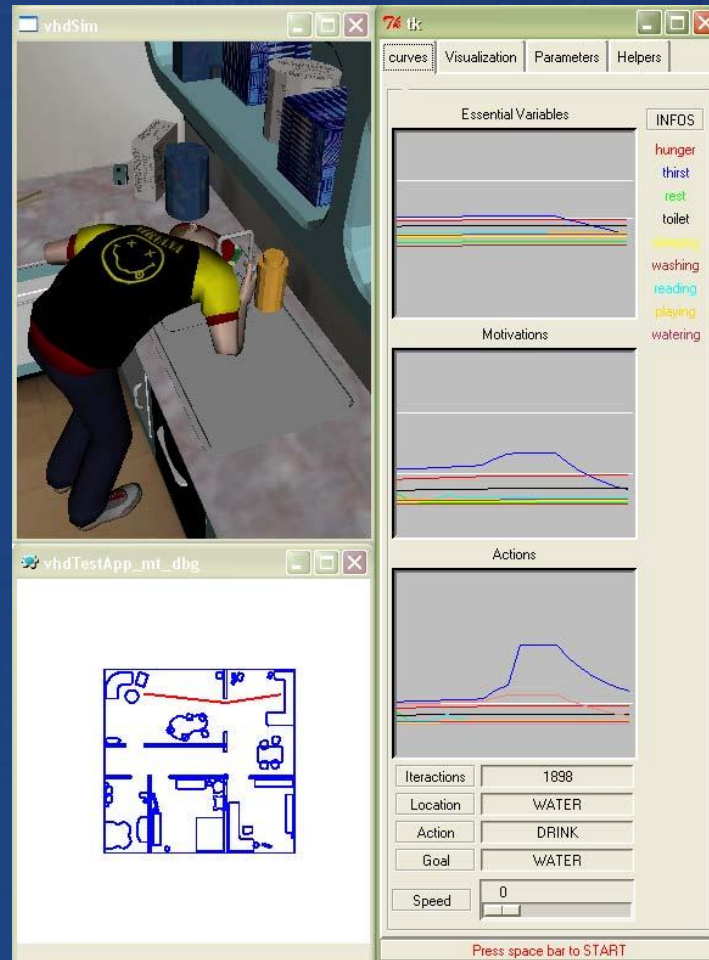
6. Conclusion – applications

- Caractères non-joueurs des jeux vidéo
 - indépendants de l'utilisateur
 - plus réalistes et intéressants
- Personnages dans les films en 3D
- Leaders dans la simulation de foules
- Dans les applications thérapeutiques
- Robots

6. Conclusion – perspectives

- A court terme:
 - augmenter le nombre de motivations et d'interactions
 - rendre l'environnement plus dynamique et imprévisible
 - continuer d'explorer le niveau émotionnel pour avoir:
 - des personnalités plus riches
 - des interactions sociales
- A long terme
 - intégrer un planificateur de comportements collaboratifs
 - créer des histoires avec un scénario
 - tester sur des robots

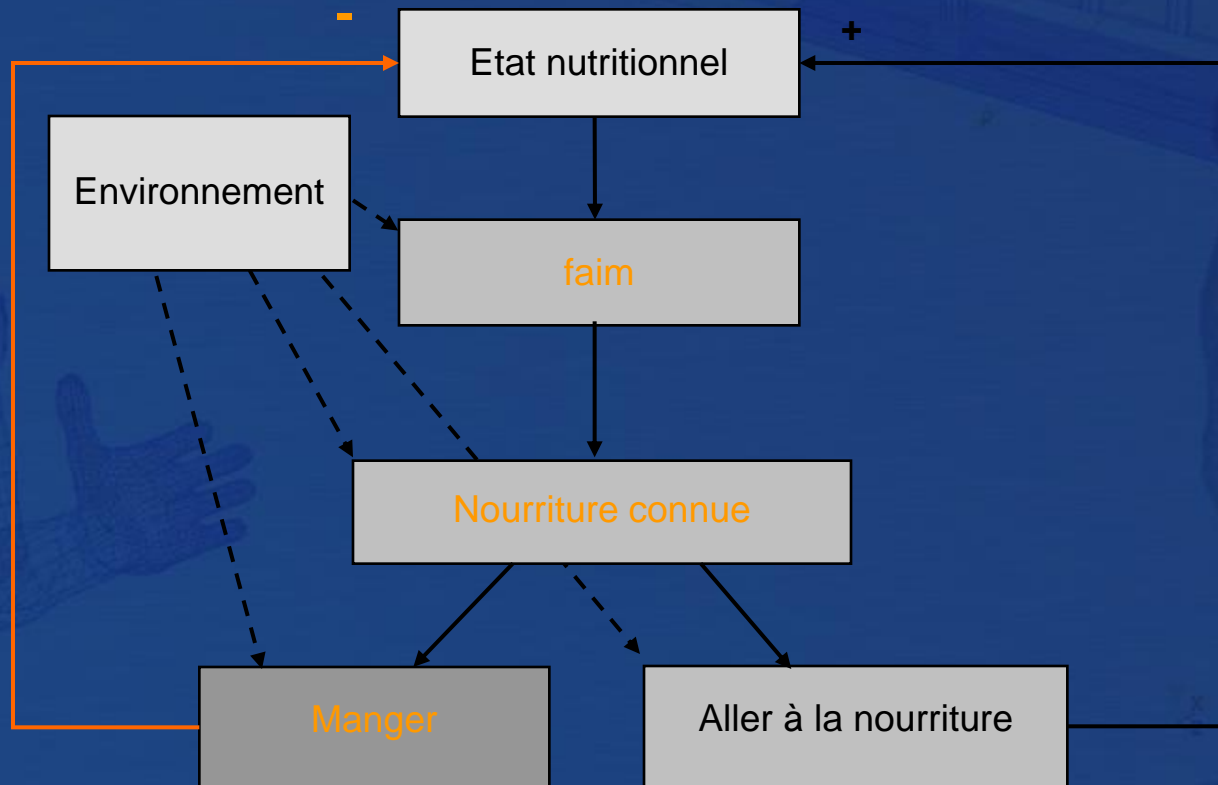
Vidéo



Questions ?

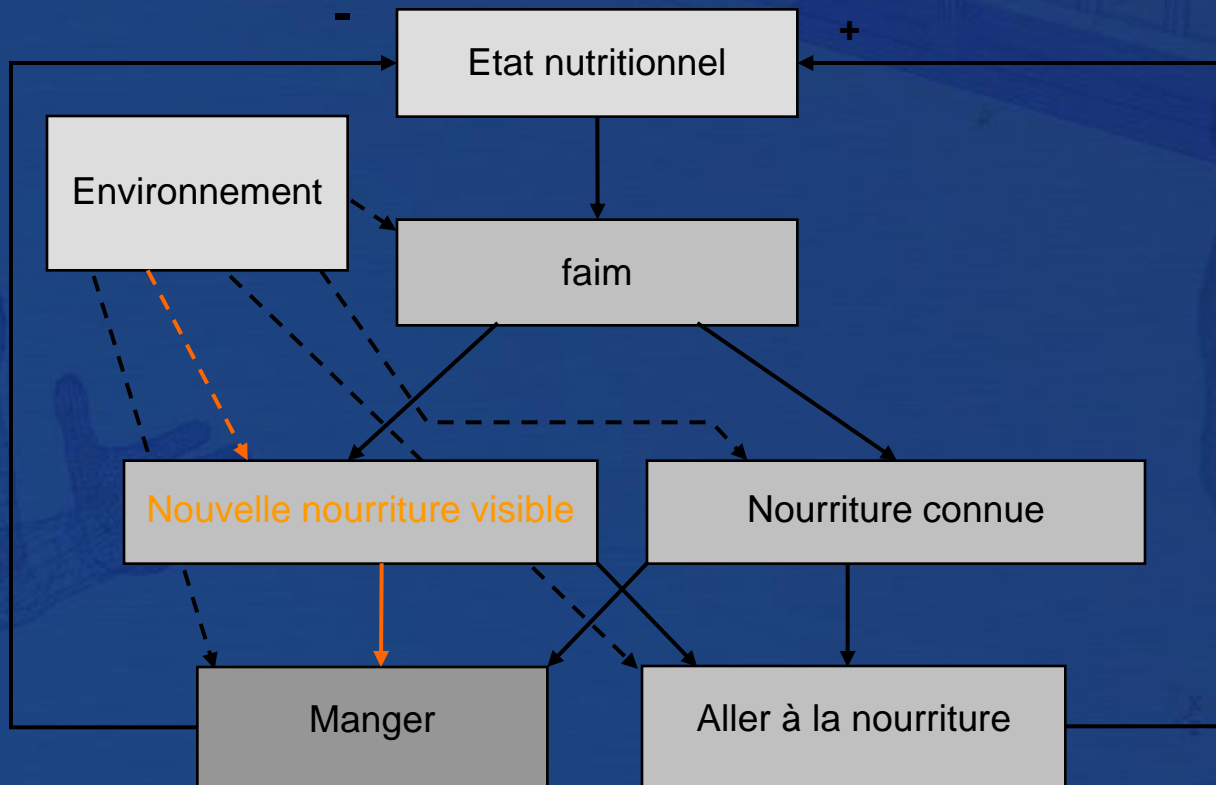
3. Modèle de sélection de l'action

Un exemple de graphe de décision hiérarchique pour **la motivation faim**



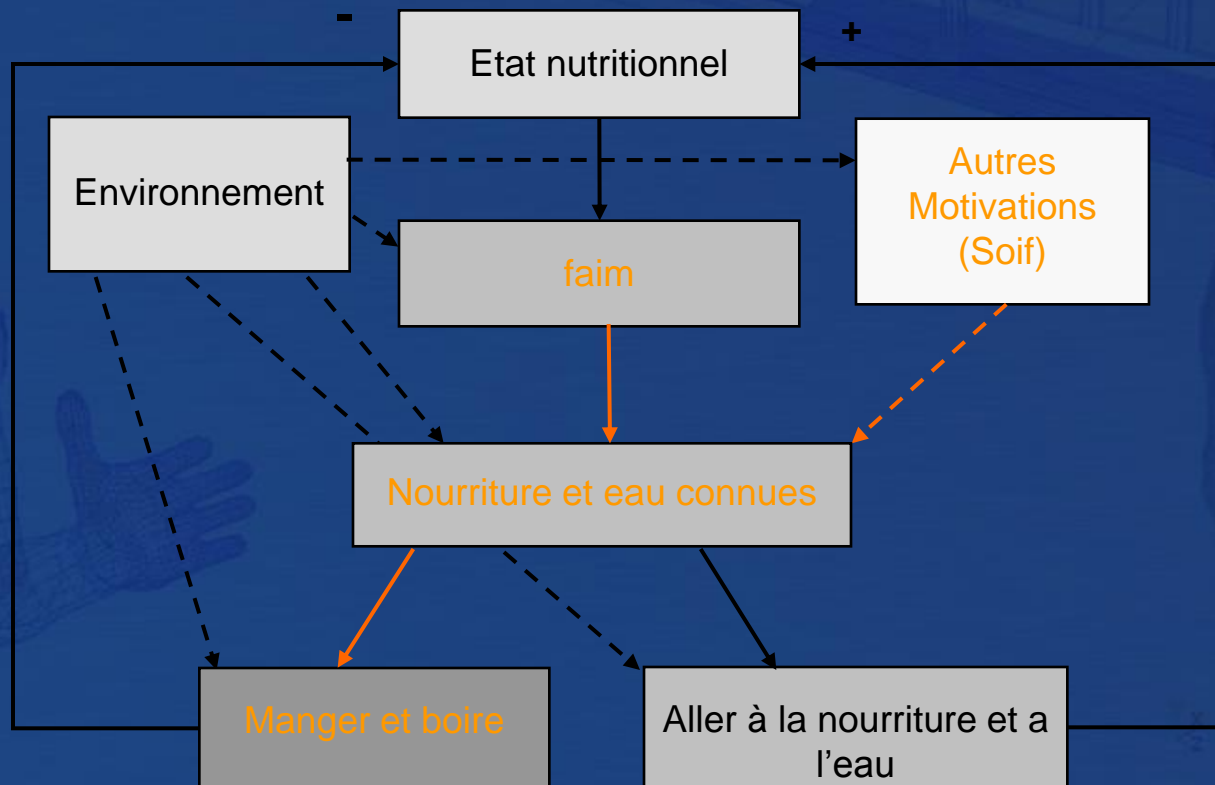
3. Modèle de sélection de l'action

Un exemple de graphe de décision hiérarchique pour **la motivation faim**



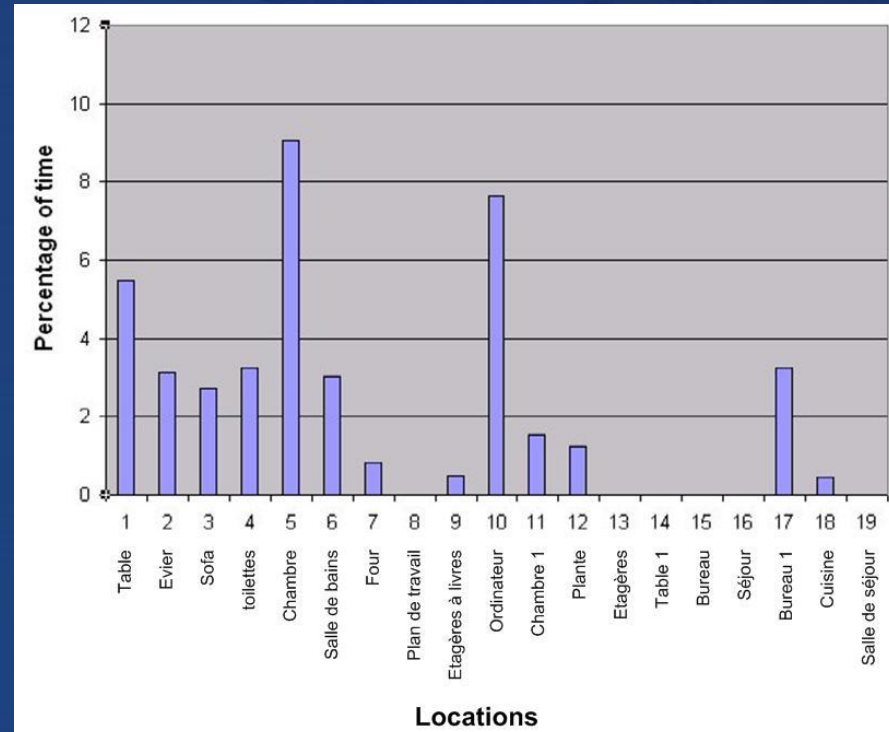
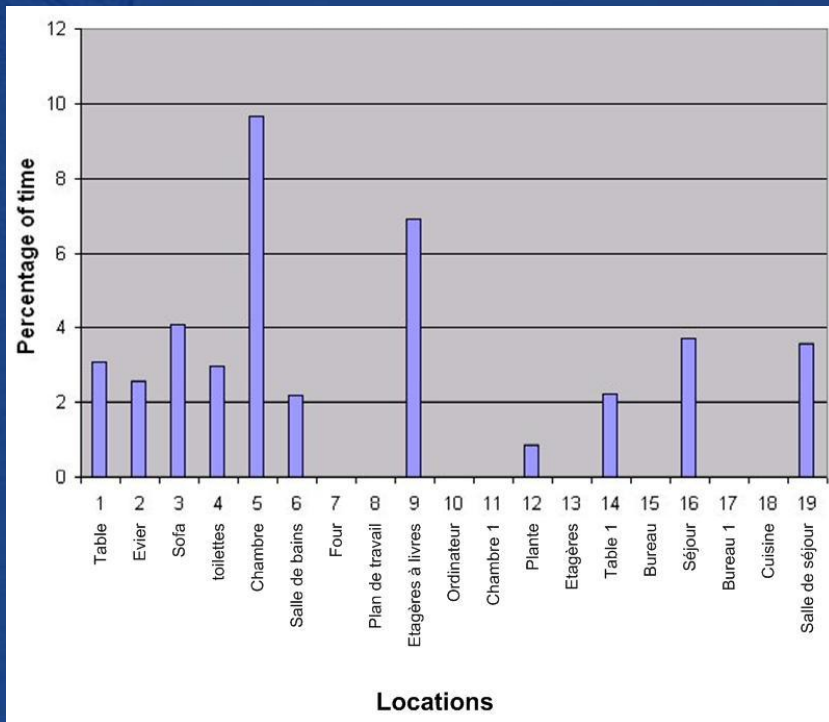
3. Modèle de sélection de l'action

Un exemple de graphe de décision hiérarchique pour les motivation faim et soif



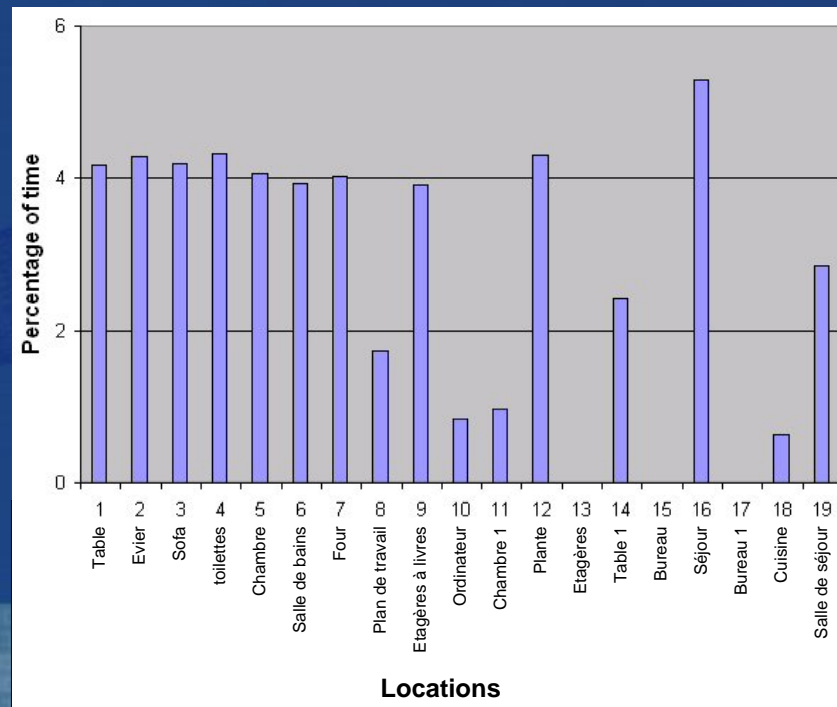
5. Résultats – répartition des lieux

dépend des compromis, de la distance et de la longueur des actions



5. Résultats – distance des buts

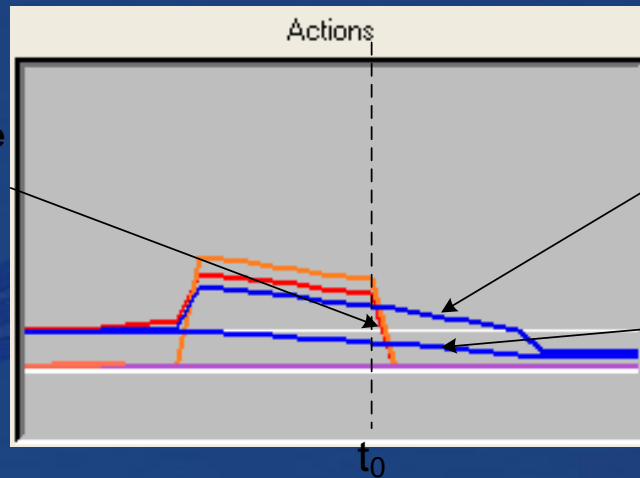
- des lieux additionnels ont été ajoutés (13 à 19)
- les lieux proches sont choisis préférentiellement (14, 16, et 19)
- les lieux éloignés sont délaissés (10, 11, 13, 15, 17, et 18)
- rien ne change pour les lieux uniques (4, 5, 6, et 12)
- identique a la simulation de référence mais répartition différente



5. Résultats – ressources dynamiques

- problèmes avec les comportements de compromis
- les autres actions impliquées doivent continuer

Le comportement de compromis est stoppé par manque de nourriture



Seule l'action boire continue

2ème action boire à un autre lieu