

*Journée IMDR-SELF, « Conception des systèmes de travail et maîtrise des risques »,
30 janvier 2007, Paris*

Invariants internes et Invariants externes

*Contributions de l'ergonomie et de l'ingénierie à l'analyse des
situations dynamiques et à la définition d'aides à l'adaptation*

Application en aéronautique militaire

Xavier Chalandon

Objectifs et plan de la présentation

Exemple d'intégration des concepts et des analyses de la psychologie ergonomique et de l'ingénierie

Plan de la présentation :

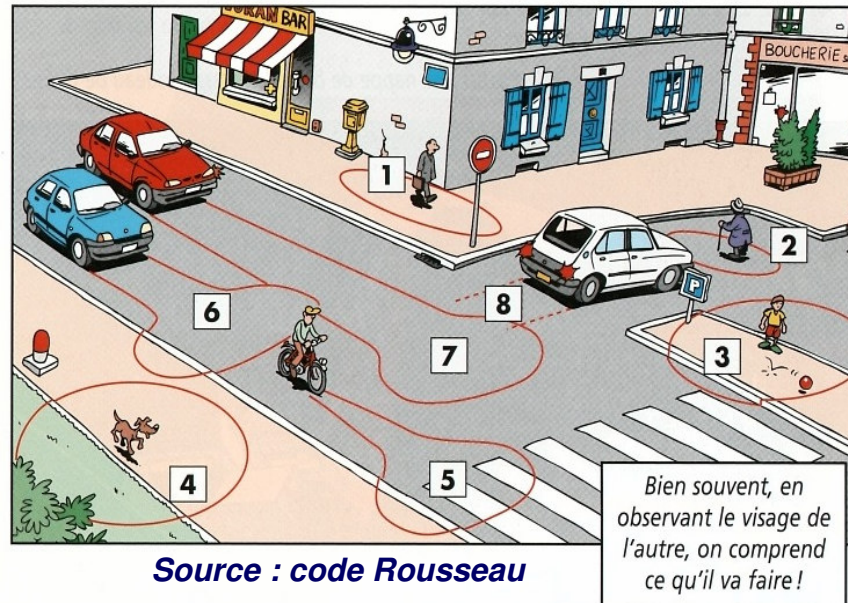
- Environnements dynamiques et « Conscience de la situation » :
 - Point de vue de la psychologie cognitive
 - Point de vue de l'ingénierie (cognitive)
- Application en aéronautique militaire
- Synthèse et Conclusion

ENVIRONNEMENTS DYNAMIQUES

Facteurs de complexité externe :

- Multiples variables dynamiques en interaction
- Non « déterminisme »
- Relative autonomie de la situation (contrôle partiel)
- Risques (énergie)
- ...

Dans une seconde, où seront le piéton, le cycliste, la voiture, ou bien le chien ?
Et dans 2 secondes ? Dans 3 secondes ? 4 secondes ?

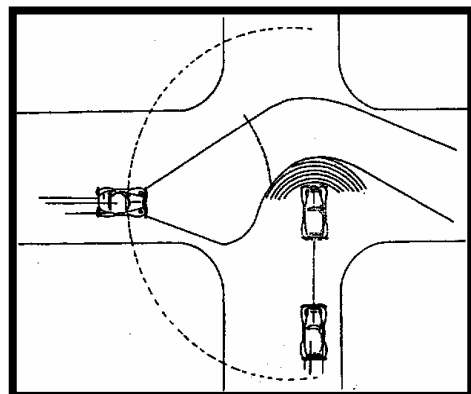


Source : code Rousseau

Facteurs de complexité interne :

- Ambiguïté et conflictualité des informations et des objectifs
- Vitesse d'interaction et temps disponible
 - Risques (débordement)
 - ...

Structuration du domaine d'action

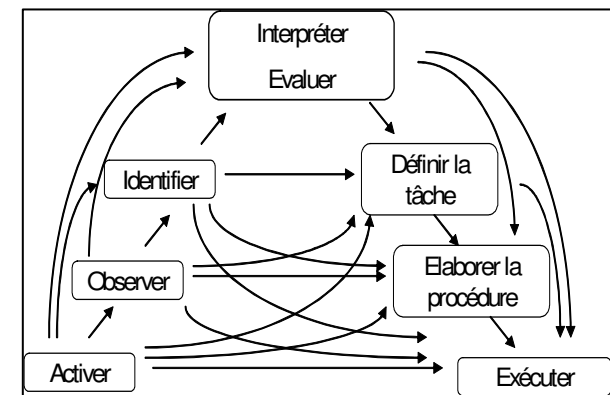


Gibson & Crooks, 1938

ERGONOMIE

Comment aider le « sujet » dans son adaptation à la dynamique ?

Structuration du sujet cognitif



Hollnagel, 1993

Conscience de la Situation (« *Situation Awareness* »)

Points de vue du « terrain » :

"*Savoir ce qui se passe pour savoir quoi faire*" --> Finalisation

"*Être devant l'avion*" (... la voiture, le bateau, ...) --> Anticipation

Généralités théoriques :

Donner cohérence aux événements externes, créer des attentes et orienter la prise d'information, permettre l'anticipation des évolutions de la situation et des effets d'actions, etc.

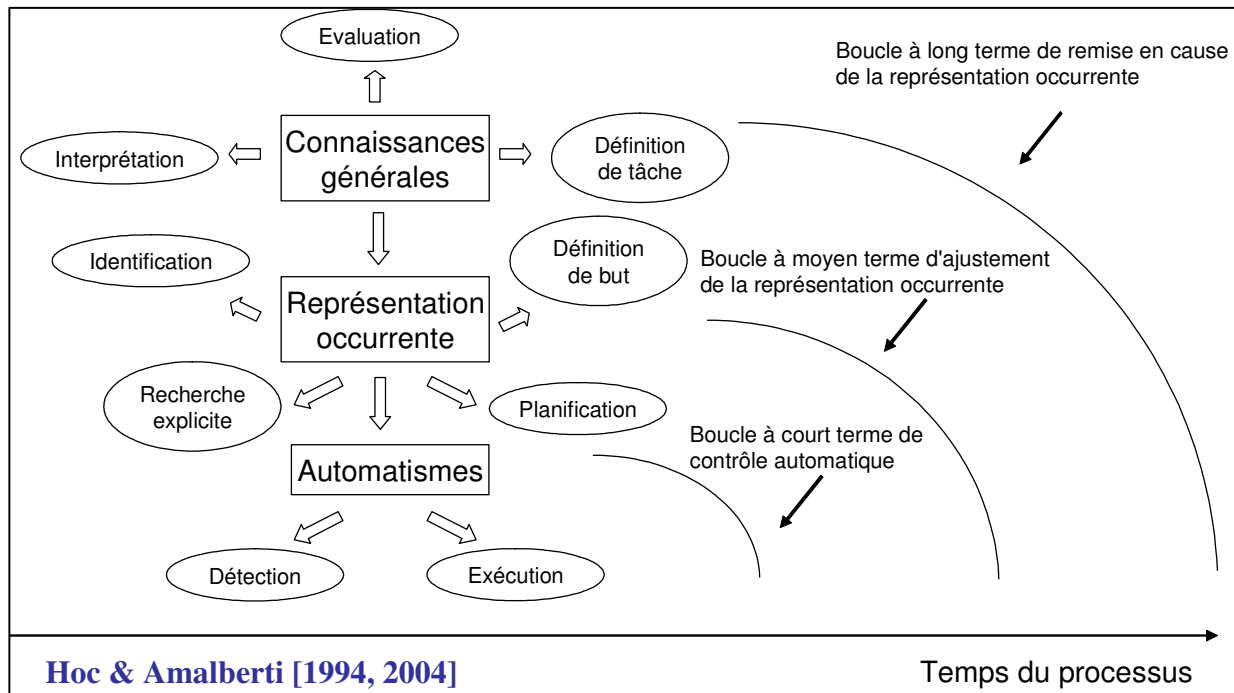
Familles de modèles de la *Conscience de la Situation* (Chalandon [2003]) :

- Vue du sujet (modèle linéaire, décisionnel, de la régulation)
- Vue de l'environnement (approche centrée sur les contraintes d'interaction)

Vue du sujet - L'approche de la régulation

Structuration du sujet psychologique

"Accès à une représentation cohérente et explicative de la situation continuellement renouvelée en accord avec les résultats des évaluations récurrentes" (Sarter & Woods, 1991)



Modèles multi-niveaux

La conduite « en cours » est guidée par la partie de la représentation jugée cohérente et les ajustements ou recompositions s'effectuent en parallèle à des niveaux plus élevés d'abstraction

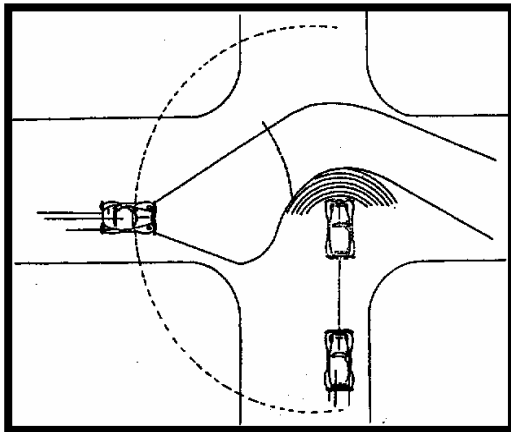
Focus : connaissances, mécanismes de régulation (méta-), équilibre "Réussir et Comprendre"
(approche explicative)

Vue de l'environnement - L'approche des contraintes

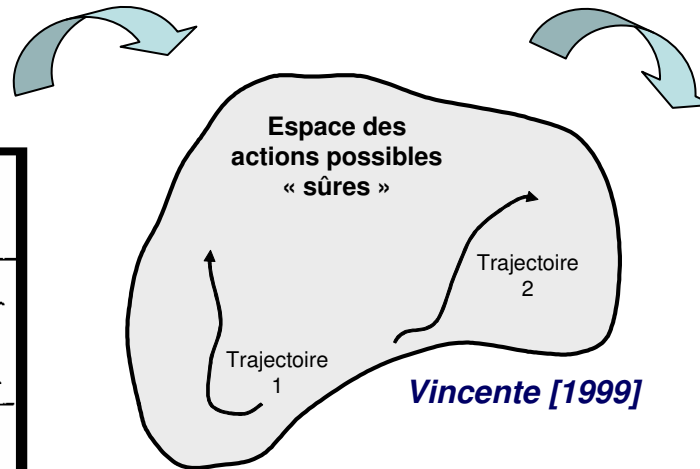
Structuration du domaine d'action

“Conscience adaptative dirigée vers l'externe” (Smith & Hancock, 1995)

« Safe Field of Travel »

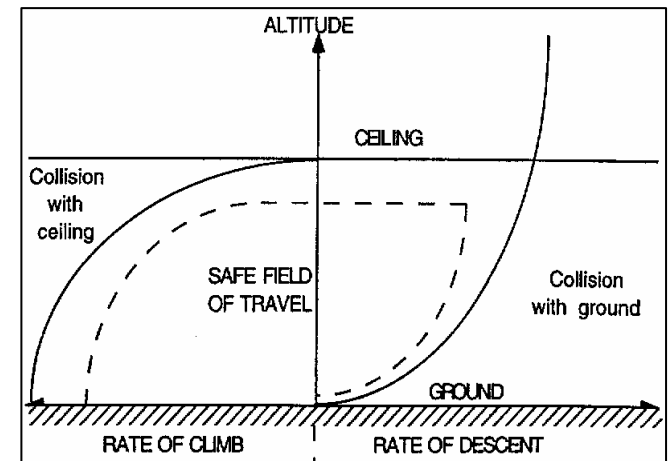


Gibson & Crooks, 1938



Conditions nécessaires à l'efficacité de l'action en termes de performance et sécurité

Représentation fonctionnelle des lois de la physique



Flach & Rasmussen [2000]

Focus : formalisation des contraintes externes significatives pour l'action (approche "formatrice")

Cohérence et Correspondance

Invariants externes

Propriétés fondamentales
d'une situation qui
conditionnent et délimitent
les interactions potentielles
(Affordances)

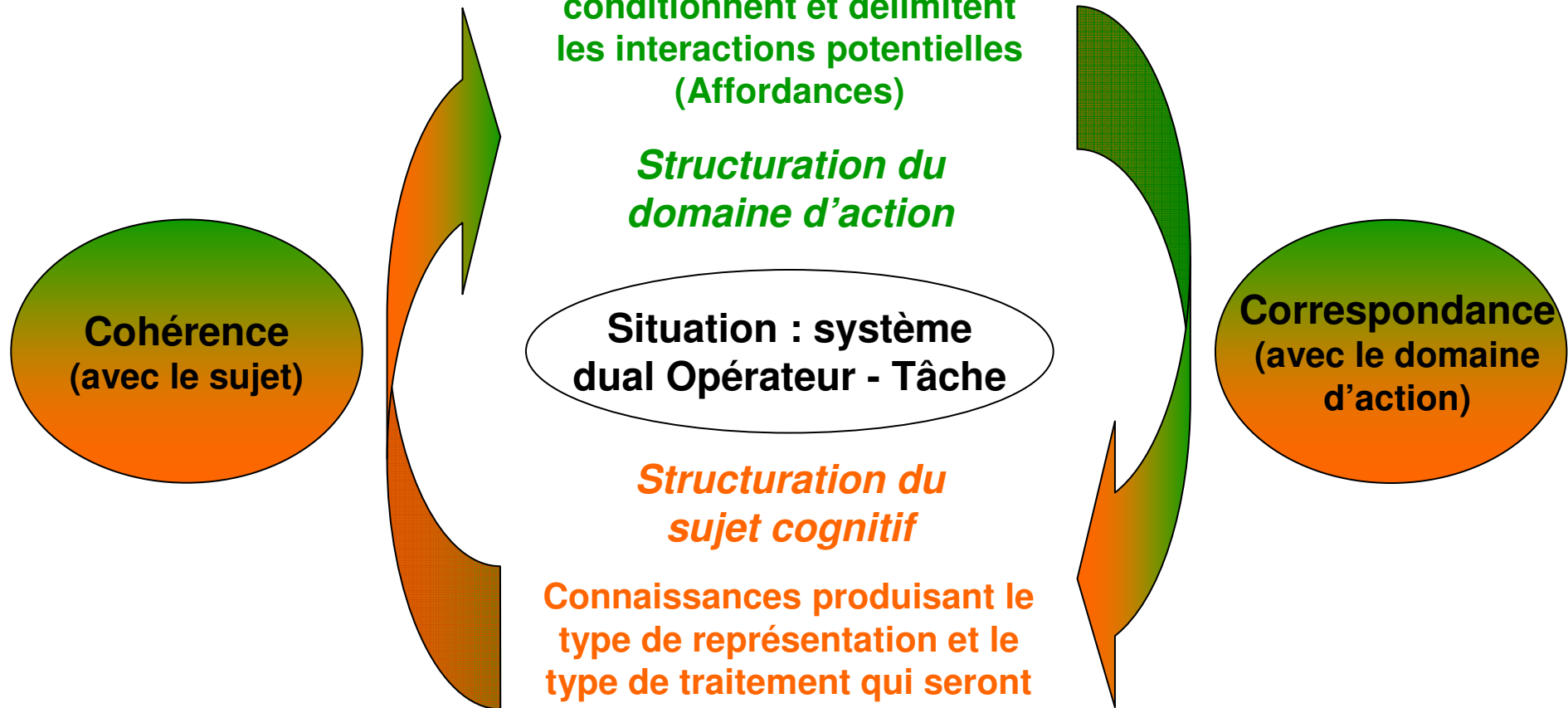
*Structuration du
domaine d'action*

Situation : système
dual Opérateur - Tâche

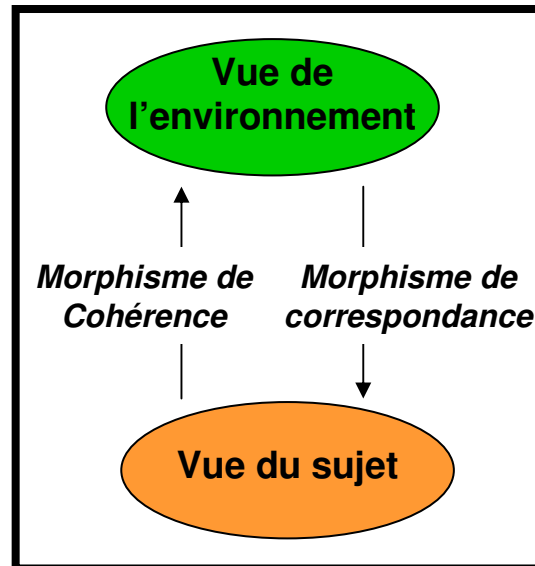
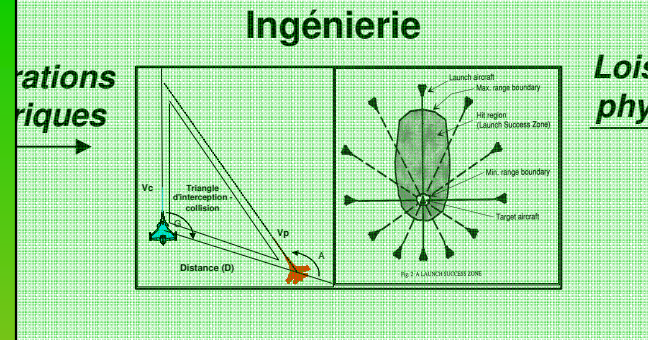
*Structuration du
sujet cognitif*

Connaissances produisant le
type de représentation et le
type de traitement qui seront
appliqués en situation
(Schèmes)

Invariants internes

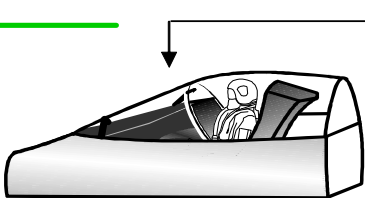




Aéronautique militaire – Démarche de l'étude



**Système d'aide
à la gestion du
combat aérien ?**

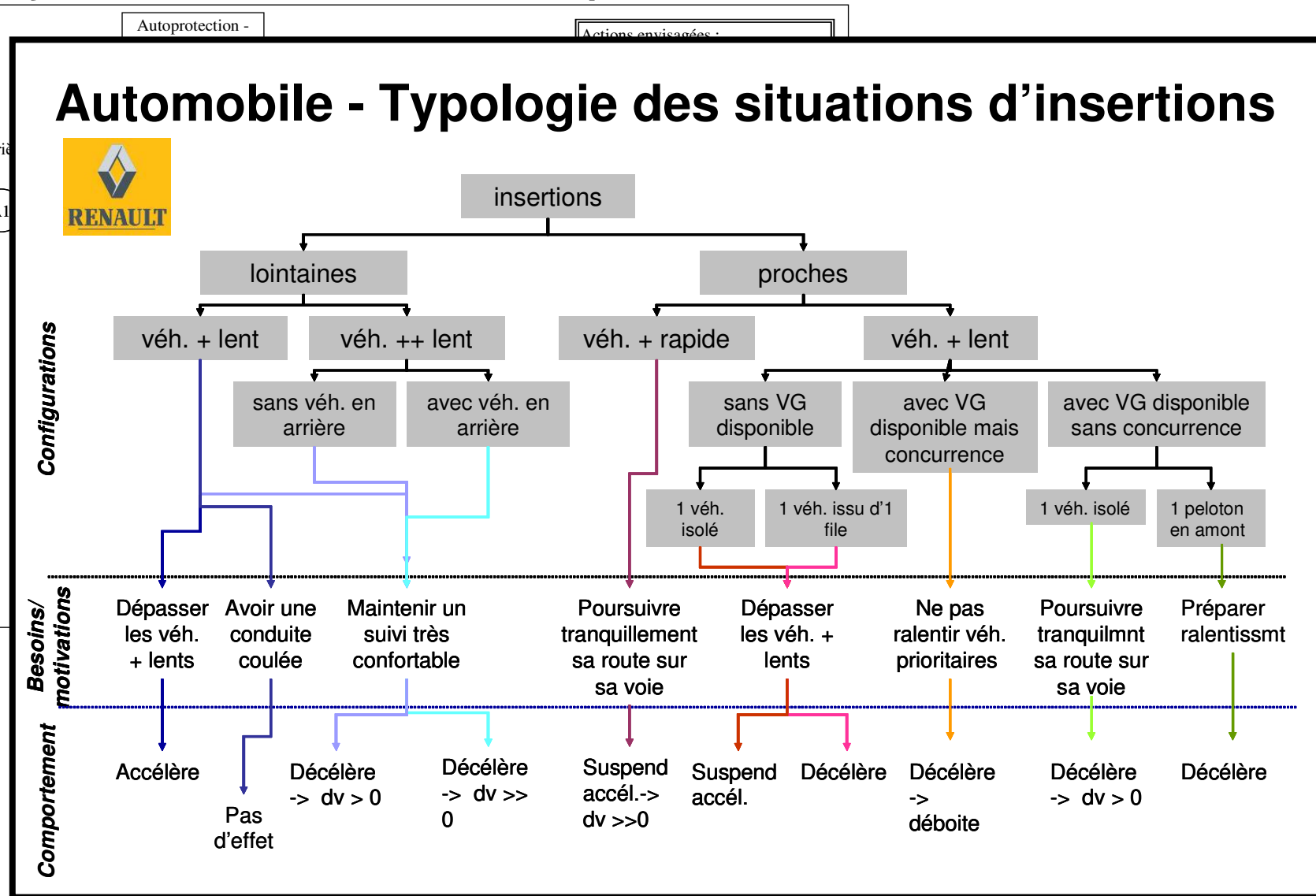
« Cohérence » – Protocole expérimental

<p>Etude centrée sur les stratégies de régulation d'une situation tactique</p>	<p>PREPARATION DE MISSION (1h30)</p> <p>Information à la demande</p> <p>Plan(s) de vol, stratégies préparés de gestion "imprévus"</p>	 
	<p>REALISATION DE MISSION (40')</p> <p>Observation - enregistrement</p> <p>Protocoles verbaux</p>	 
	<p>DEBRIEFING (2h00)</p> <p>Entretien d'autoconfrontation</p> <p>Analyse des écarts aux plans et stratégies prévus</p>	 <p>Enregistrement / Rejeu</p> 
	<p>ANALYSE DES DONNEES</p> <p>RESTITUTION</p>	 <p>Modèle explicatif</p> <p>Entrées pour la conception</p>

Analyse qualitative des comportements et des verbalisations

« Cohérence » – Résultats

« Système de Traitement » et Comportement



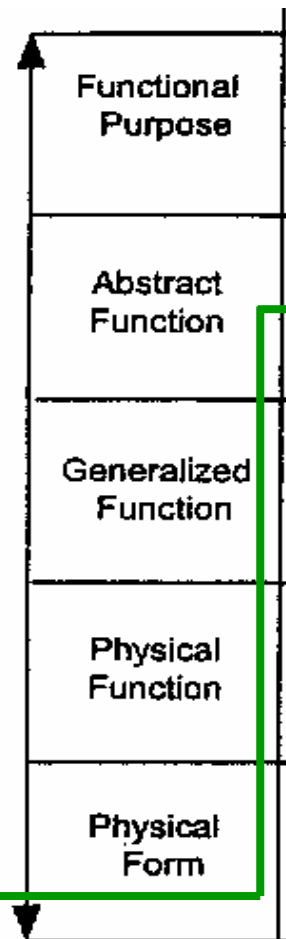
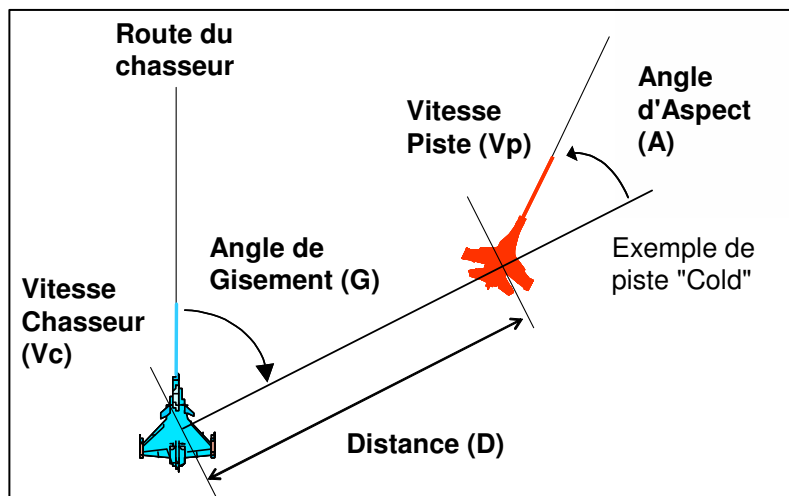
Distance (D)

« Correspondance » - Structuration du domaine d'action

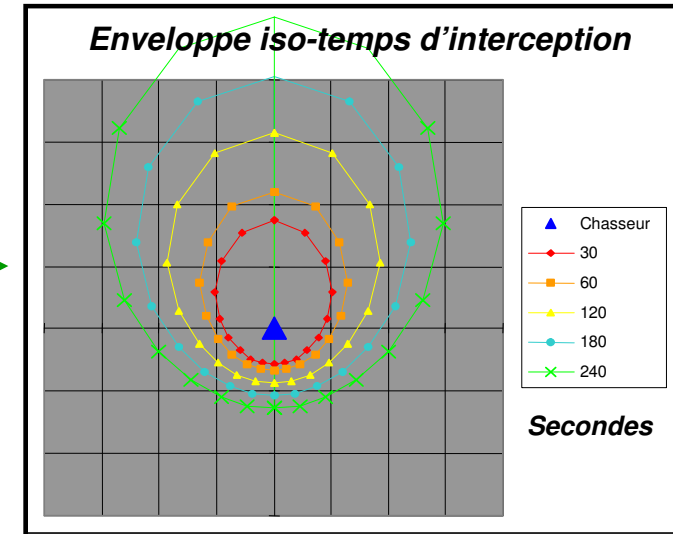
Systemique :
échelle de niveaux
d'abstraction de description
d'un système (structuration)
(Rasmussen, 1986)

Physical -
Functional

Configuration géométrique



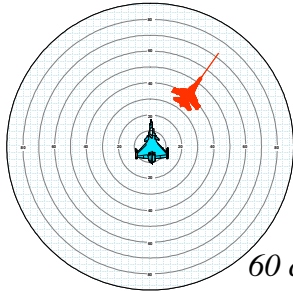

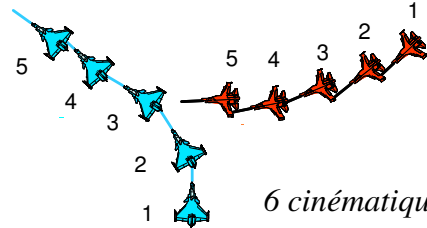
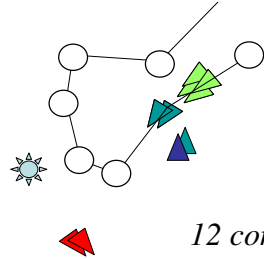

Temps d'interception



Ingénierie :

Formalisation de l'invariant
« temps d'interception » à
partir des lois de la physique
(cinématique et domaine de tir)

« Correspondance » – Protocole expérimental

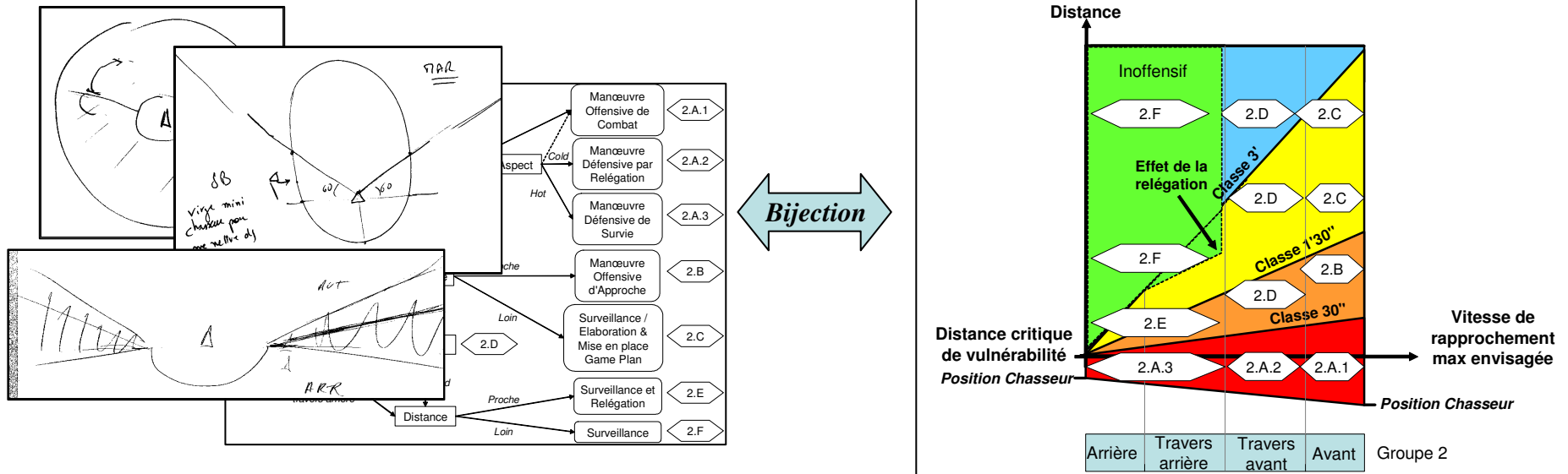
<p>Étude centrée sur les évaluations subjectives de risque et les stratégies associées</p>	<p>« Statique ; Hors contexte » (1h00)</p> <p>Jugement risque tactique</p> <p>Verbalisations semi-dirigées</p>	 <p>60 configurations</p>	
	<p>« Dynamique ; Hors contexte » (30')</p> <p>Jugement risque tactique</p> <p>Verbalisations semi-dirigées</p>	 <p>6 cinématiques</p>	
	<p>« Statique ; En contexte » (30')</p> <p>Jugement risque tactique</p> <p>Verbalisations semi-dirigées</p>	 <p>12 contextes</p>	
<p>Étude « à froid », 6 pilotes ,</p>	<p>ANALYSE DES DONNEES</p> <p>RESTITUTION</p>		<p>Modèle explicatif</p> <p>Entrées pour la conception</p>

Analyse quantitative et qualitative des jugements et des verbalisations

« Correspondance » – Résultats (1/2)

« Statique ; Hors contexte »

- Isomorphisme entre les Systèmes de Représentation et de Traitement des équipages et l'espace du Temps d'Interception



Le Temps d'Interception « reflète » l'intégration de données hétérogènes (distance, altitude, vitesse, armement) réalisée par les équipages

- La structure de l'espace Temps d'interception dépend du sentiment de maîtrise de tactiques aériennes (et donc des compétences)

« Correspondance » – Résultats (2/2)

« Modulations » selon la dynamique et le contexte

**La valeur prédictive du Temps d'Interception est affirmée pour
≈ 75% des configurations testées ... mais :**

- **Influence de la dynamique :**

- Inférences d'intention
- Inférence d'évènements (tir)

**(Re)connaissance de trajectoires « prototypiques » ... mais c'est plus
l'histoire de l'interaction qui importe que l'histoire de la variable**

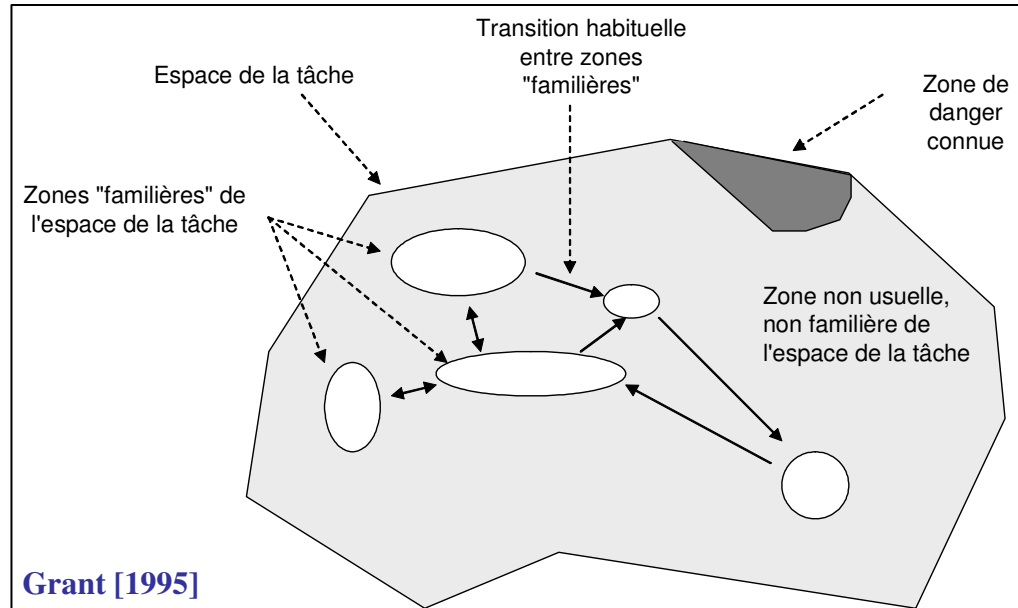
- **Influence du contexte :**

- Inférences d'intention selon l'organisation du dispositif ennemi
- Inférence de la coopération au sein du dispositif ami

**Stratégies de régulation dans les contraintes et sur les contraintes
par le biais de l'organisation**

Synthèse et Conclusion

- Nécessaire couplage Invariants externes – Invariants internes



- La signification d'un invariant externe provient de la causalité déclenchante de son évolution
- L'opérateur à un « pouvoir » de négociation des contraintes via le contrôle partiel de l'environnement et via la coopération

Les invariants sont des « trames » localement adaptées et modulées pour prendre en compte la singularité des situations

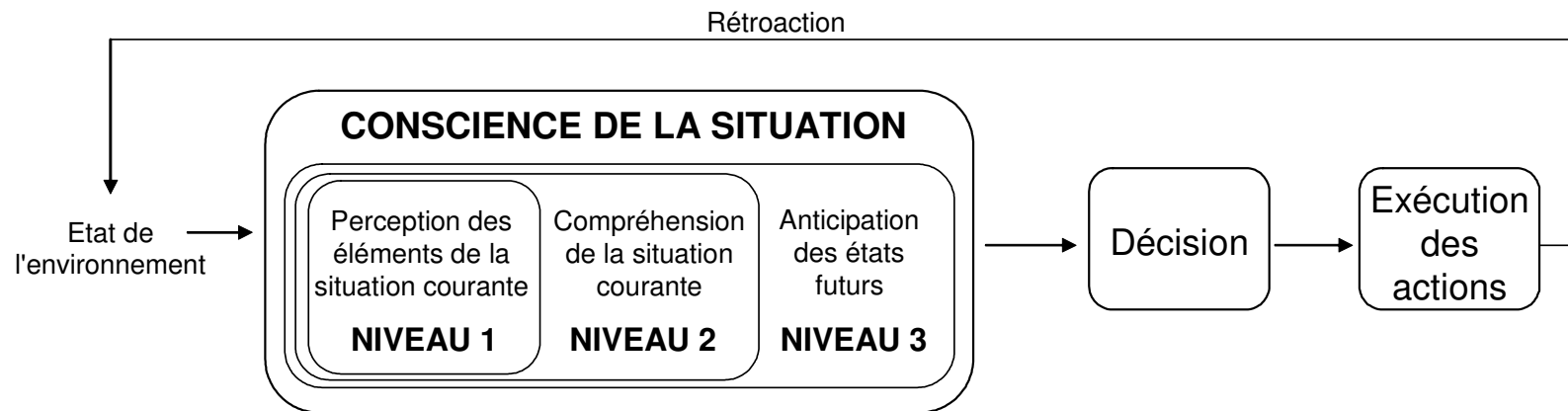
Merci !

Planches « spare »

CS vue du sujet - L'approche "linéaire"

Produit de 3 activités hiérarchiquement et temporellement organisées

« la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans le futur proche » [Endsley, 1995].



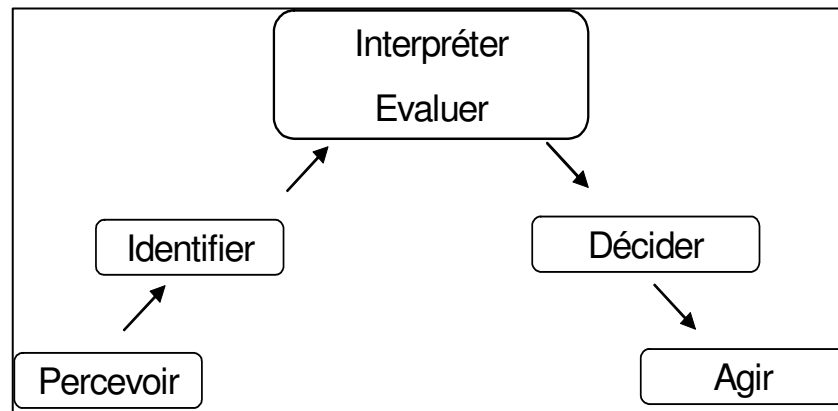
Représentations instantanées non finalisées, précédant la décision et l'action
focus : compréhension exhaustive, isomorphique (*approche normative*)

Complexité de la cognition

Cybernétique → Loi de la variété requise (Ashby) :

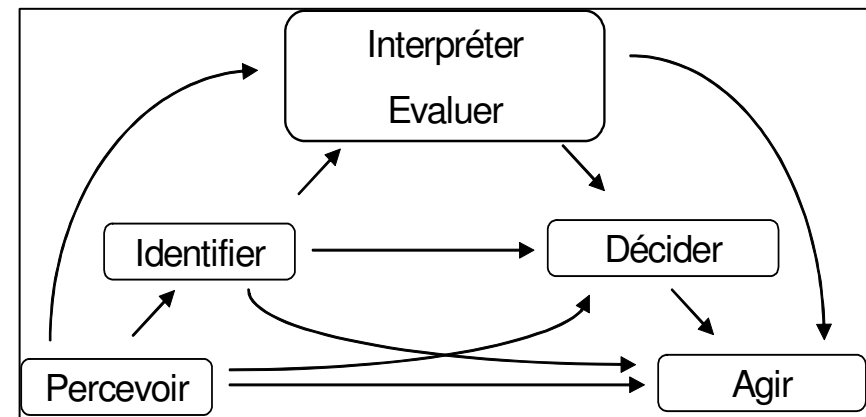
« Pour qu'un système A puisse contrôler un système B, il faut que la variété de A soit supérieure ou égale à celle de B »

L'Homme « rationnel »



Complexité du contexte
et des tâches

L'Homme « réel »

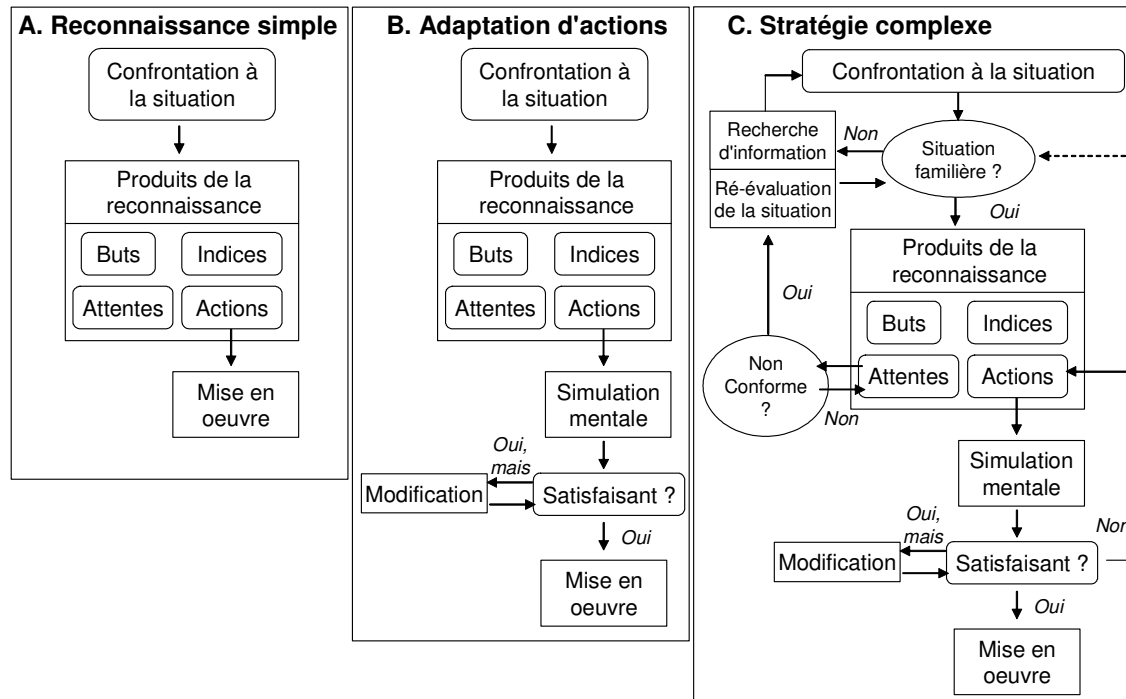


Complexité de la
Cognition en Situation

CS vue du sujet - L'approche "décisionniste"

Naturalistic Decision Making

CS = Produit d'une "Reconnaissance" de la situation
[attentes, "filtres", buts, schémas d'actions]



Situation Assessment → **Situation Awareness**

CS = représentations instantanées opératives, liées aux résistances du réel
focus : pattern recognition / détection de problème (*approche descriptive*)