

De l'évolution des croyances  
à l'évolution des obligations  
dans le Calcul des Situations

Robert Demolombe  
ONERA Toulouse  
France

1. Introduction
2. Rappels sur le Calcul des Situations
3. Evolution des obligations
4. Conclusion

## 1. Introduction

Les interactions entre agents sont contraintes par les obligations.

Les obligations peuvent évoluer.

Exemple:

ordre de changer d'altitude

permission de décoller

pénétrer dans une zone  $\Rightarrow$  obligation de voler à un certain niveau.

**But** : formalisation de l'évolution des obligations.

Résoudre le "frame problem".

Approche : adapter une solution pour l'évolution des croyances à l'évolution des obligations.

Formalisme : Calcul des Situations.

## 2. Rappels sur le Calcul des Situations.

Logique du premier (presque) ordre.

situations : états du monde, termes.

propriétés qui évoluent : fluents.

$alt(x, s)$  : dans la situation  $s$  l'altitude de l'avion est  $x$ .

actions : termes,  $up$ ,  $down$ .

$do(up, s)$  : situation dans laquelle on est après avoir réalisé  $up$  à partir de  $s$ .

$do(down, do(up, S_0))$

### Axiomes de changement d'état.

Pour chaque fluents.

$$(1) \quad \forall s \forall a \forall x ((a = up \wedge alt(x - 1, s) \vee a = down \wedge alt(x + 1, s)) \rightarrow alt(x, do(a, s)))$$

$$(2) \quad \forall s \forall a \forall x ((a = up \vee a = down) \wedge alt(x, s) \rightarrow \neg alt(x, do(a, s)))$$

Forme :

$$(1') \quad \forall s \forall a \forall x (\Gamma_{alt}^+(x, a, s) \rightarrow alt(x, do(a, s)))$$

$$(2') \quad \forall s \forall a \forall x (\Gamma_{alt}^-(x, a, s) \rightarrow \neg alt(x, do(a, s)))$$

Si  $\Gamma_{alt}^+$  et  $\Gamma_{alt}^-$  représentent **toutes** les conditions :

$$(3) \quad \forall s \forall a \forall x (alt(x, do(a, s)) \leftrightarrow \Gamma_{alt}^+(x, a, s) \vee alt(x, s) \wedge \neg \Gamma_{alt}^-(x, a, s))$$

$$(S_p) \quad \forall s \forall a \forall \vec{x} (p(\vec{x}, do(a, s)) \leftrightarrow \Gamma_p^+(\vec{x}, a, s) \vee p(\vec{x}, s) \wedge \neg \Gamma_p^-(\vec{x}, a, s))$$

### **Evolution des croyances.**

Représentation explicite des relations d'accessibilité.

$K(s', s)$  :  $s'$  est compatible avec ce qu'on croit dans la situation  $s$ .

$$Bel(\phi, s) \stackrel{\text{def}}{=} \forall s'(K(s', s) \rightarrow \phi[s'])$$

Formaliser l'évolution des croyances :

- nouvel ensemble de situations accessibles
- nouvelles valeurs de vérité des fluents.

Deux types d'actions :

- observations
- actions physiques.

### Actions d'observation.

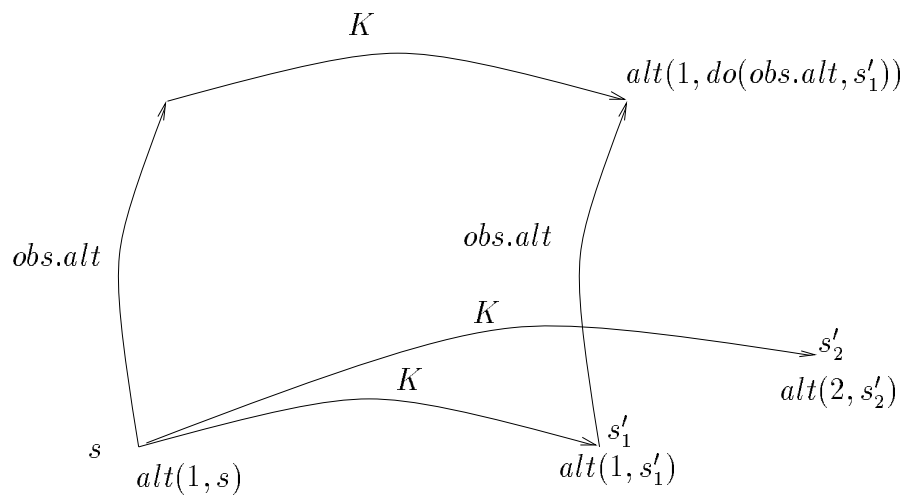


Figure 1: Evolution des croyances après une observation.

$obs.alt$  élimine toutes les situations  $s'$  où l'altitude n'est pas l'altitude de  $s$  (l'altitude "réelle").

Si toutes les situations sont éliminées : contradiction.

Solution : degrés de plausibilité  $pl(s)$ .

Les croyances sont les propositions vraies dans toutes dans toutes les situations les plus plausibles.

$$K_{max}(s', s) \stackrel{\text{def}}{=} K(s', s) \wedge \forall s''(K(s'', s) \rightarrow pl(s') \leq pl(s''))$$

$$Bel(\phi, s) \stackrel{\text{def}}{=} \forall s'(K_{max}(s', s) \rightarrow \phi[s'])$$

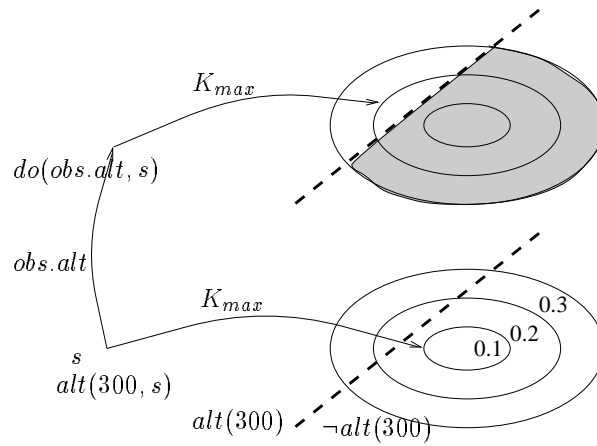


Figure 2: Evolution des croyances avec des degrés de plausibilité.

### Actions physiques.

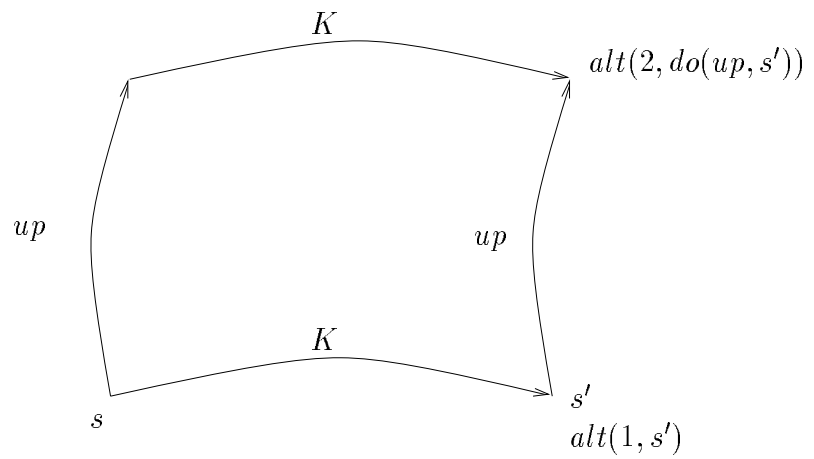


Figure 3: Evolution des croyances après une action physique.

Les croyances évoluent de façon analogue à la “réalité”.



### Synthèse.

$\alpha_1, \dots, \alpha_n$  : actions d'observation.

$\phi_1, \dots, \phi_n$  : propriétés observées.

$$(S_K) \quad \forall s \forall s'' \forall a (K(s'', do(a, s)) \leftrightarrow \exists s' (K_i(s', s) \wedge s'' = do(a, s') \wedge ($$
$$\quad (\neg(a = \alpha_1) \wedge \dots \wedge \neg(a = \alpha_n))$$
$$\quad \vee a = \alpha_1 \wedge (\phi_1(s) \leftrightarrow \phi_1(s'))$$
$$\quad \dots$$
$$\quad \vee a = \alpha_n \wedge (\phi_n(s) \leftrightarrow \phi_n(s')))))$$

### **3. Evolution des obligations.**

Logique Déontique Standard (mêmes propriétés que pour les croyances (KD)).

On ne considère que l'évolution des obligations (pas les obligations sur l'évolution).

Trois types d'actions :

1. les actions qui ne changent pas les obligations,
2. les actions physiques qui ont pour effet de changer les obligations,  
et
3. les actions qui ne sont pas des actions physiques et qui ont pour effet de changer les obligations.

type 2 : sortir les volets.

type 3 : ordre de voler au niveau 320.

Analogie avec les croyances :  
situations idéales, à la place de  
situations compatibles avec les croyances.

$O(s', s)$  : ce qui est vrai en  $s'$  est idéal pour la situation  $s$ .

$id(s)$  : degré d'idéalité de  $s$ .

$$O_{max}(s', s) \stackrel{\text{def}}{=} O(s', s) \wedge \forall s'' (O(s'', s) \rightarrow id(s') \leq id(s''))$$

$$Obg(\phi, s) \stackrel{\text{def}}{=} \forall s' (O_{max}(s', s) \rightarrow \phi[s'])$$

$$Perm(\phi, s) \stackrel{\text{def}}{=} \neg Obg(\neg\phi, s)$$

$$Forb(\phi, s) \stackrel{\text{def}}{=} Obg(\neg\phi, s)$$

Une transposition directe est erronée.

- Les situations idéales n'évoluent pas de façon analogue aux situations réelles.
- Les nouvelles situations idéales ne sont pas des successeurs des situations idéales précédentes.
- On doit distinguer l'évolution des permissions et des obligations.

### Actions non physiques qui créent des permissions.

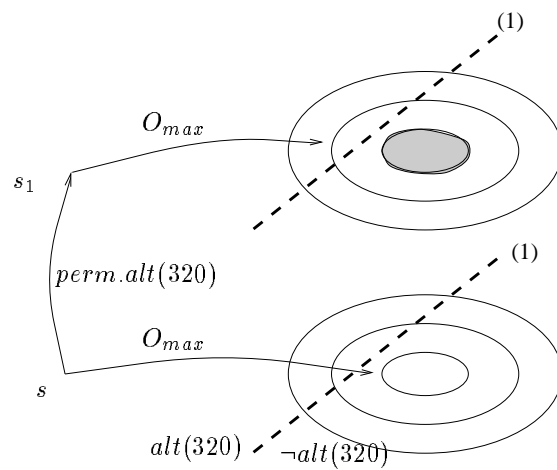


Figure 4: Evolution des obligations après  $perm.alt(320)$ .

On doit éliminer les situations accessibles qui sont la cause qu'on a  $Obg(\neg alt(320), s)$ , et uniquement celles-ci.

**Action non physiques qui créent des obligations.**

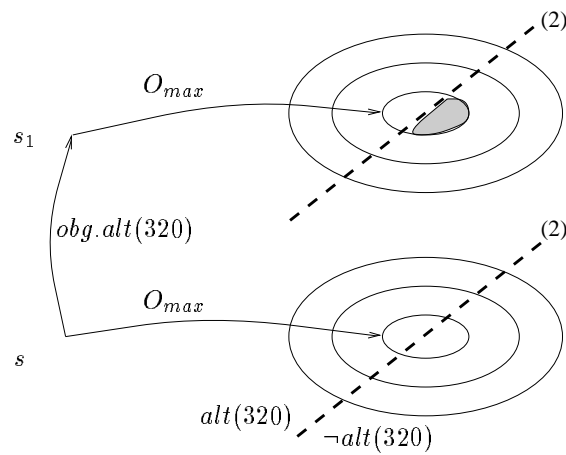


Figure 5: Evolution des obligations après  $obg.alt(320)$ .

On doit éliminer les situations qui sont la cause qu'on a  $Perm(\neg alt(320), s)$ , et uniquement celles-ci.

## Synthèse.

$\alpha_{i,1}, \dots, \alpha_{i,m_i}$  : actions qui entraînent que  $p_i$  est permis.

$\beta_{i,1}, \dots, \beta_{i,p_i}$  : actions qui entraînent que  $p_i$  est obligatoire.

$normative(a) \stackrel{\text{def}}{=} a = \alpha_{1,1} \vee \dots \vee a = \alpha_{n,m} \vee a = \beta_{1,1} \vee \dots \vee a = \beta_{n,p} \vee a = perm.p_1 \vee \dots \vee a = perm.p_n \vee a = obg.p_1 \vee \dots \vee a = obg.p_n$

$(S_O) \quad \forall s \forall s' \forall a (O(s', do(a, s)) \leftrightarrow O(s', s) \wedge (\neg normative(a) \vee (a = \alpha_{1,1} \vee \dots \vee a = \alpha_{1,m_1} \vee a = perm.p_1) \wedge (p_1(s') \vee \exists s'_1 (O(s'_1, s) \wedge (id(s'_1) \leq id(s')) \wedge p_1(s'_1)))) \vee$

$(a = \beta_{1,1} \vee \dots \vee a = \beta_{1,p_1} \vee a = obg.p_1) \wedge (p_1(s') \vee \exists s'_1 (O(s'_1, s) \wedge (id(s'_1) < id(s')) \wedge p_1(s'_1)))) \vee$

...

$(a = \alpha_{n,1} \vee \dots \vee a = \alpha_{n,m} \vee a = perm.p_n) \wedge (p_n(s') \vee \exists s'_1 (O(s'_1, s) \wedge (id(s'_1) \leq id(s')) \wedge p_n(s'_1))) \vee$

$(a = \beta_{n,1} \vee \dots \vee a = \beta_{n,p} \vee a = obg.p_n) \wedge (p_n(s') \vee \exists s'_1 (O(s'_1, s) \wedge (id(s'_1) < id(s')) \wedge p_n(s'_1))))))$

#### **4. Conclusion.**

Formalisation de l'évolution des obligations dans le Calcul des Situations.

L'évolution des obligations ne peut pas être adapté trivialement de l'évolution des croyances.

Formalisme qui intègre évolution des croyances et des obligations.

Futur : obligations portant sur l'évolution du monde.