

# Séquencement d'actions en environnement virtuel collaboratif

Guillaume CLAUDE

Bruno ARNALDI (Directeur)

Valérie GOURANTON (Co-encadrante)

# Contexte et cas d'étude :

## Formation aux procédures chirurgicales en RV

Former le personnel avant le bloc opératoire

### Difficultés :

#### ■ Collaboration

- Jusqu'à 12 intervenants
- Co-manipulation
- Synchronisation

#### ■ Variabilité

- Pathologie
  - Patient
  - Procédure
- Matériel
  - Disponibilité
- Humain
  - Expertise
  - Equipe
- Evènements imprévus



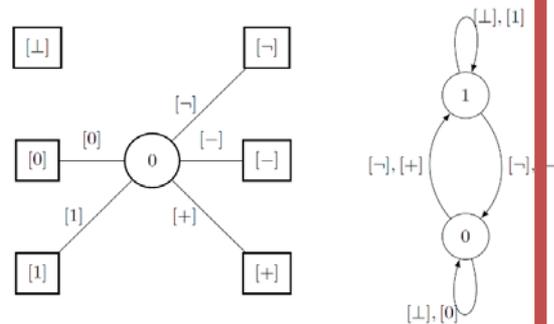
# Projet S3PM : Synthesis and Simulation of Surgical Process Models

CominLabs 

Modélisation et acquisition de données d'observations

Synthèse et généralisation des observations

Séquencement d'actions et interaction en environnement virtuel



HYCOMES



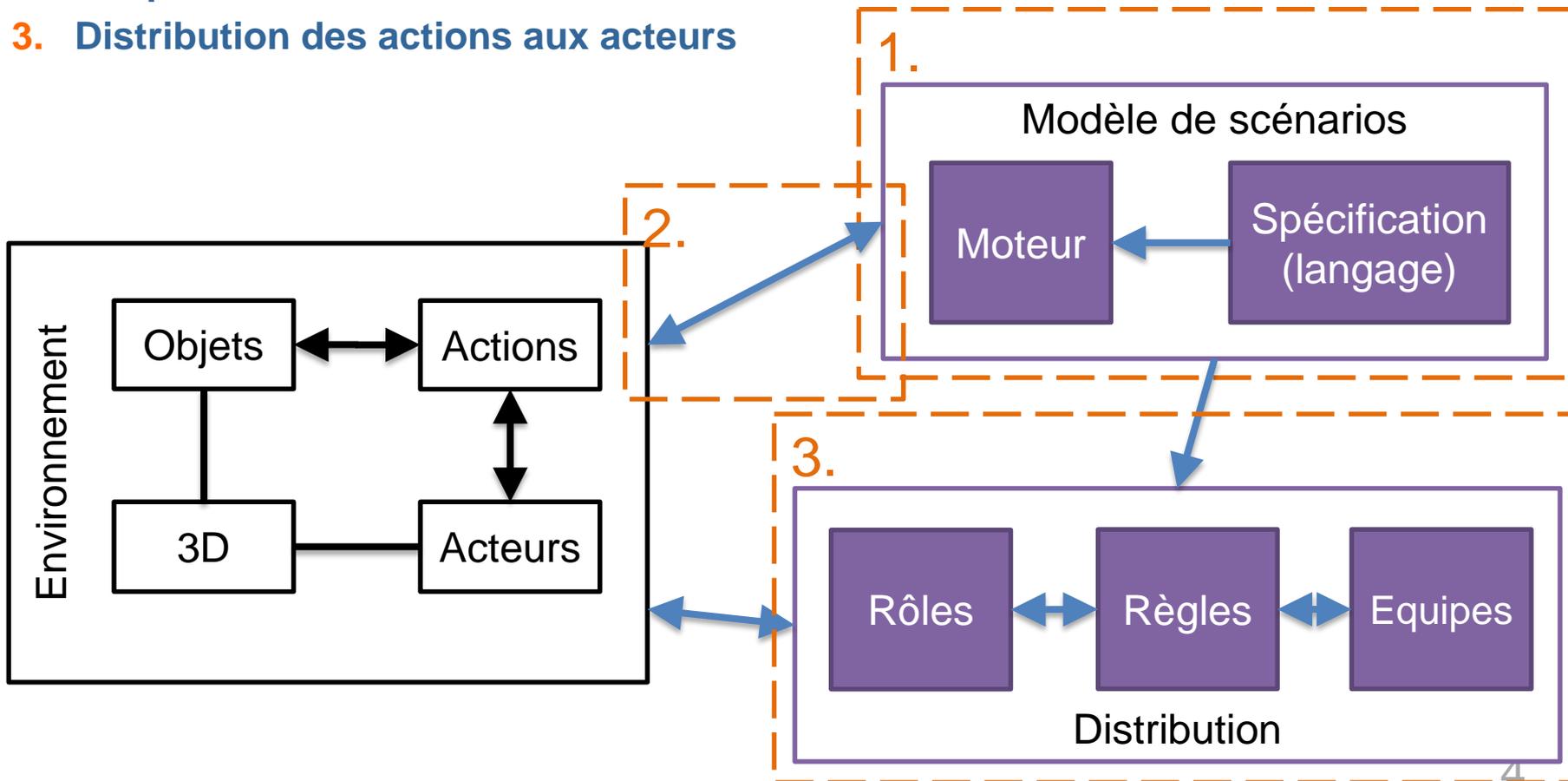
Hybrid



# Objectifs de la thèse

Un modèle générique de scénarios pour environnement virtuel collaboratif :

1. Séquencements d'actions complexes
2. Adaptation à l'environnement
3. Distribution des actions aux acteurs

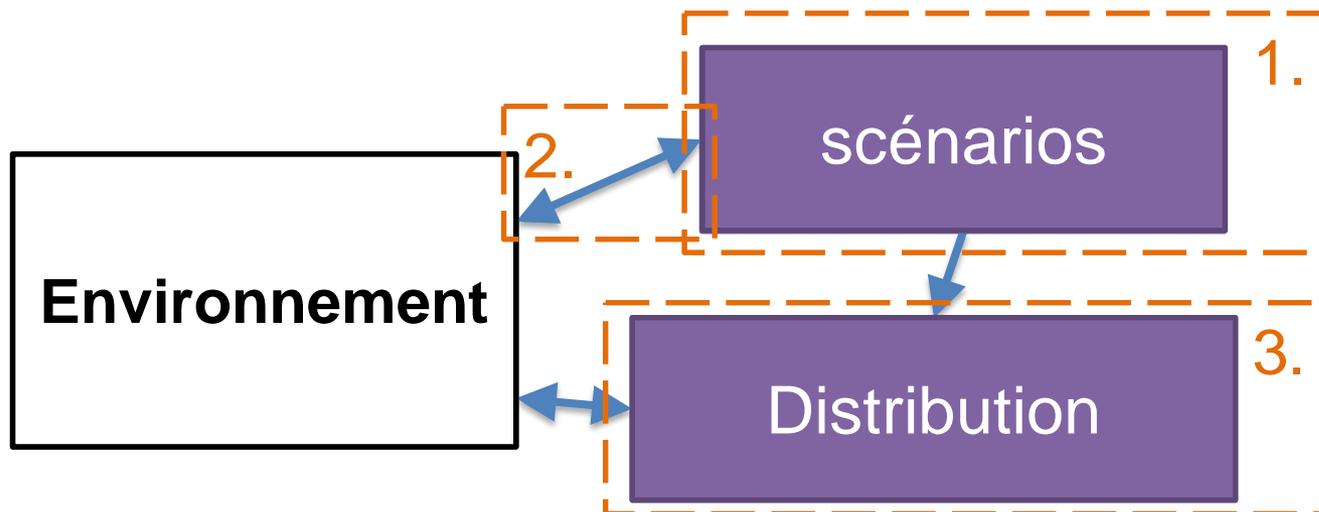


# Objectifs de la thèse : Compromis

- **Expressivité :**
  - Concepts complexes, large couverture
- **Généricité :**
  - Indépendant du domaine
- **Facilité d'appréhension et de compréhension:**
  - Experts métier : non-informaticiens

# PLAN

1. Séquencement d'actions
2. Adaptation à l'environnement
3. Distribution des actions aux acteurs
4. Conclusion et perspectives



# Modèle de scénarios pour environnements virtuels

## ■ Scénario, définition

[Gerbaud, 2008] [Barot, 2014] [Brom and Abonyi, 2006] [Cavazza et al., 2008]

**«Agencement temporel et causal des actions dans l'environnement virtuel lors d'une session d'utilisation»**

## ■ Modèle de scénarios

- **Langage et mécanismes (moteur)**
- Séquencements complexes d'actions
  - Synchronisation
  - Collaboration
  - Gestion des ressources (Manuscrit)
- Formation d'un ou plusieurs utilisateurs
  - Aucune hypothèse sur le nombre ou la nature des acteurs (utilisateurs ou humains virtuels)
- Scénarisation des aléas
  - Actions indépendantes du comportement des acteurs
- Simplicité d'appréhension et de compréhension
  - Représentation graphique
  - Concepts simples, peu nombreux

# Etat de l'art : Modèles de scénarios

## Classification

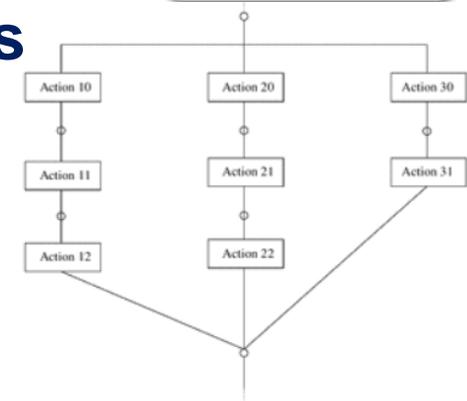
- Modèles de scénarios prédéfinis
- Modèles de scénarios émergents

# Etat de l'art : Modèles de scénarios prédéfinis

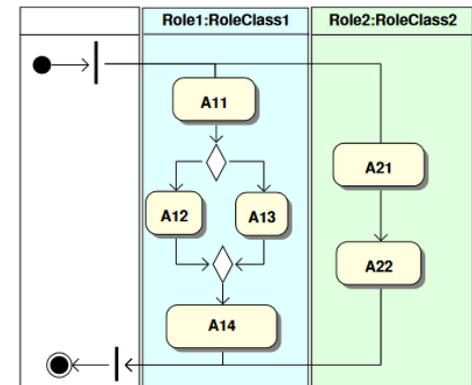
## Description explicite de l'ensemble des scénarios possibles

[Brom et al., 06] [Chevaillier et al., 12] [Lamarche, 02]  
 [Gerbaud et al., 07] ...

- **Basés sur des familles d'automates**
  - Agencements complexes maîtrisés
  - Représentation graphique possible
  
- **Sans contraintes sur la nature et du nombre des acteurs**  
 [Brom et al., 06] [Chevaillier et al., 12] [Gerbaud et al., 07]
  
- **Suivi des actions**
  - Supervision [Gerbaud et al., 07]
    - Pas d'actions directes dans l'environnement
  - Médiation (Filtrage) [Brom et al., 06]
    - Moteur seul à agir dans l'environnement



LORA (GVT),  
 [Gerbaud et al., 07]



HAVE (MASCARET),  
 [Chevaillier et al., 12]

# Etat de l'art : Modèles de scénarios émergents

## Système de règles/contraintes sur les comportements des acteurs

[Shawver, 97] [Paiva et al., 01] [Cavazza, 07]  
[Carpentier et al., 13]...

- Comportements prédéfinis [Shawver, 97]
- Objectifs [Paiva et al., 01]
- **Forte dépendance aux acteurs**
  - Nature et nombre constraints [Cavazza, 07] [Carpentier et al., 13]
  - Acteurs seuls à pouvoir réaliser des actions [Shawver, 97] [Paiva et al., 01]
  
- **Non adapté à une représentation graphique (agencements possibles et vue d'ensemble )**  
[Shawver, 97] [Paiva et al., 01]



THEATRIX, [Paiva et al., 01]



SIMADVF, [Carpentier et al., 13]

# Etat de l'art : Synthèse

<b>Modèles de Scénarios Prédéfinis</b>					
<b>Solution</b>	<b>Agencement</b>	<b>Ressources</b>	<b>Actions hors act.</b>	<b>Collaboration</b>	<b>Graphique</b>
<b>HCSM</b>	Séquentiel, Parallèle, Concurrent	Si prévu dans les scripts	Si prévu dans les scripts	Si prévu dans les scripts	Oui
<b>HPTS++</b>	Séquentiel, Parallèle, Concurrent	Ressources Symboliques intégrées (Sémaphores)	Si prévu dans les scripts	Si prévu dans les scripts	Oui
<b>Story Nets</b>	Séquence, Concurrent	Non	Pendant les Transitions	Un Utilisateur et plusieurs Agents	Partiellement Possible
<b>LORA++</b>	Séquentiel, Parallèle, Concurrent	Oui	Via un role "Environnement"	Utilisateurs et Agents Virtuels	Oui
<b>HAVE</b>	Séquentiel, Parallèle, Concurrent	Oui	Via un acteur "Environnement"	Utilisateurs et Agents Virtuels	Oui
<b>ABL</b>	Séquentiel, Concurrent	Non	Non	Un Utilisateur et plusieurs Agents	Partiellement Possible
<b>IVE</b>	Séquentiel, Parallèle, Concurrent	Indirectement par les données des jetons	Obligatoire	Utilisateurs et Agents Virtuels	Oui
<b>Modèles de Scénarios Émergents</b>					
<b>Solution</b>	<b>Agencement</b>	<b>Ressources</b>	<b>Actions hors act.</b>	<b>Collaboration</b>	<b>Graphique</b>
<b>Theatrix</b>	Non Contrôlé	Inventaire d'objet acquis par l'acteur	Non	Utilisateurs. et Agents Virtuels	Non, mode éditeur
<b>IDTension</b>	Non Contrôlé	État des acteurs, connaissances	Non	Un Utilisateur et plusieurs Agents	Non
<b>EmoEmma</b>	Non Contrôlé	État des acteurs	Non	Un Utilisateur et plusieurs Agents	Non
<b>VRaptor</b>	Non Contrôlé	Environnement	Non	Au moins un Utilisateur et plusieurs Agents	Non
<b>SELDON</b>	Tâches partiellement ordonnées, liées par contraintes sur l'env.	Oui	Oui, Non contrôlé	Au moins un Utilisateur et plusieurs Agents	Partiellement Possible

# Contribution : #SEVEN, modèle de scénarios

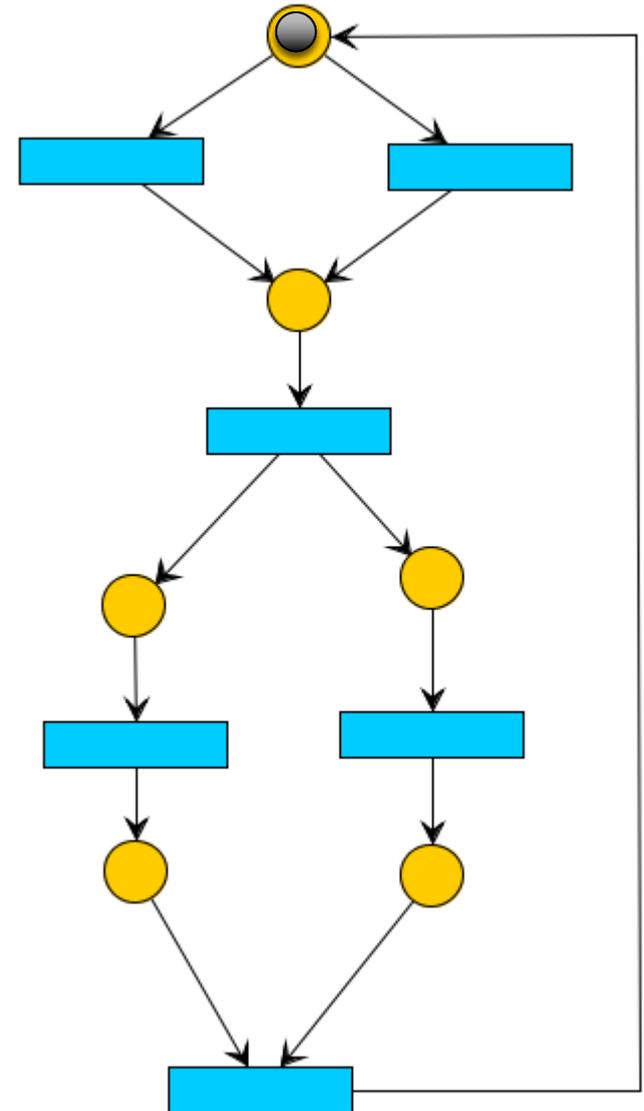
- **Expressivité**
  - Séquencements complexes d'actions
- **Actions réalisées par**
  - Acteurs réels (utilisateurs) et/ou virtuels
  - Système
- **Simplicité d'utilisation**
  - Economie de concepts
  - Economie de spécification
  - Représentation Graphique
- **Compatibilité avec le modèle de procédure du projet S3PM**
  - Réseaux Test and Flip [Caillaud, 15]

Travaux publiés dans :

Claude et al., #SEVEN, a Sensor Effector Based Scenarios Model for Driving CVE, EGVE 2014 12

# Séquencements : Les réseaux de Petri saufs

- Issus de [Petri, 62]
- **Simple d'accès**
  - Peu de types d'éléments : Places (jetons) + transitions
  - Représentation graphique
- **Séquencements complexes**
- **Compatibles avec le modèle de procédure généralisé S3PM [Caillaud, 15]**
- **Equivalents aux machines à états parallèles [Murata, 89]**
- **Bien formalisés**
- **Quel lien avec l'environnement ?**
  - Condition de déclenchement des transitions
  - Déclenchement d'actions



# Contribution : senseurs

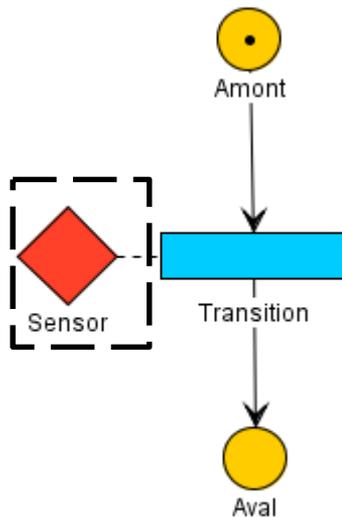
- **Condition dans l'environnement**

- Actions réalisées
- Etat cible de l'environnement

- **Déclenchement de la transition**

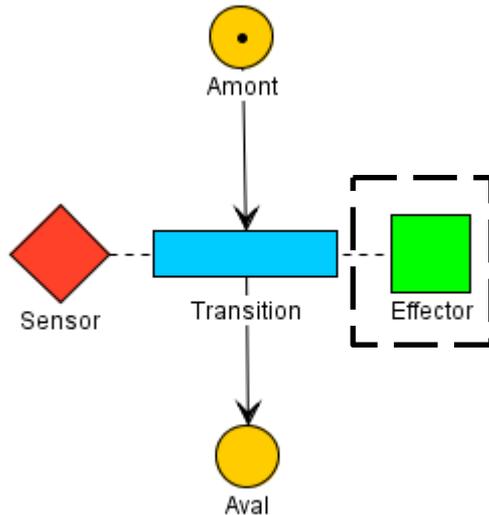
- **Exemples :**

- Les constantes du patient dépassent un seuil
- Un acteur réalise l'action de poser la cupule sur le microscope



# Contribution : effecteur

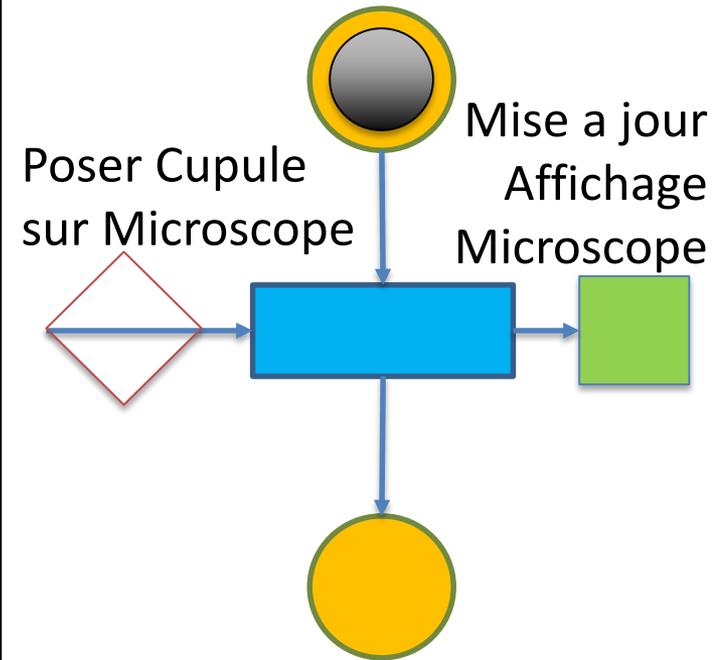
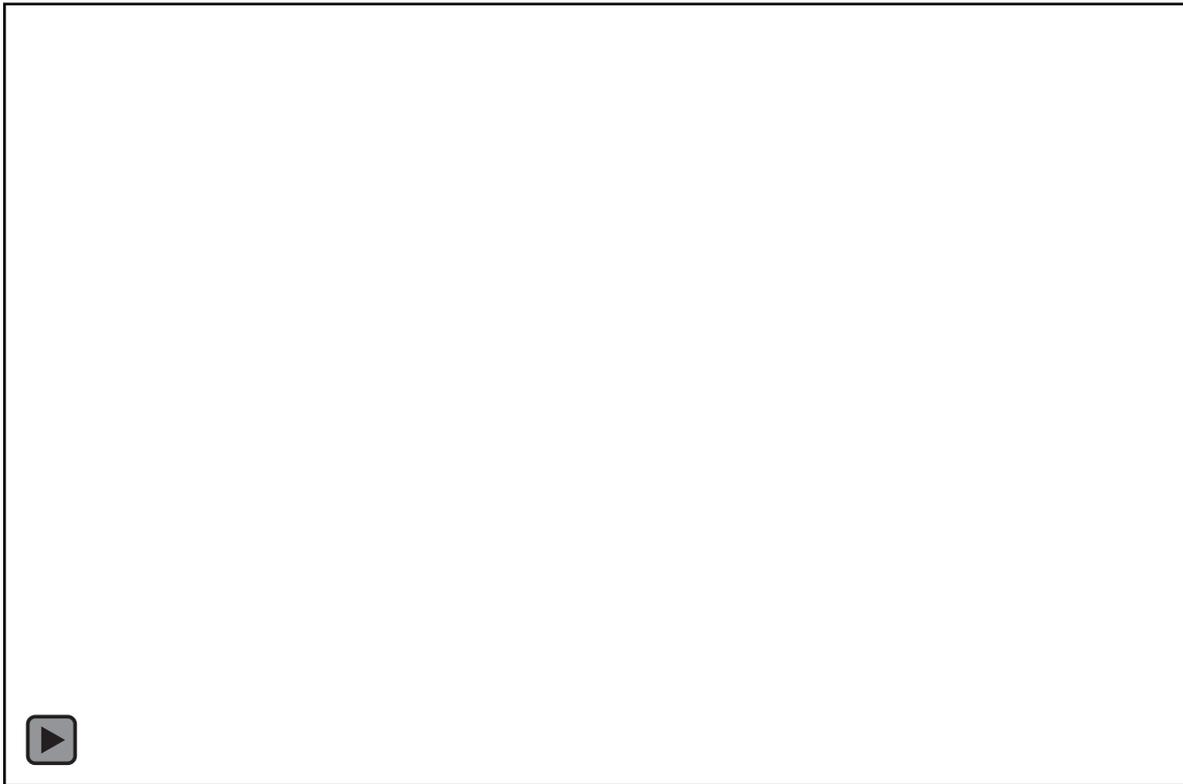
- Permet de déclencher une action dans l'environnement
- A l'activation de la transition associée



## Exemples

- Mettre en route/couper une alarme
- Mettre a jour l'affichage du microscope

# Senseurs et effecteurs : exemple



# Spécification et appréhension de réseaux complexes

## Réseaux de Petri complexes : difficiles à lire/maintenir

- Explosion en taille
- Nombreux embranchements

## Dû à :

- Réseaux peu compacts
- Répétitions

## Solutions :

- Structures de contrôle
- Sous-réseaux

# Contribution : Structures de contrôle

## ■ Ensembles de variables

- structures de données
- Accessibles
  - Aux senseurs et aux effecteurs
  - En lecture/écriture
- Définis à la spécification
- Modifiés à l'exécution

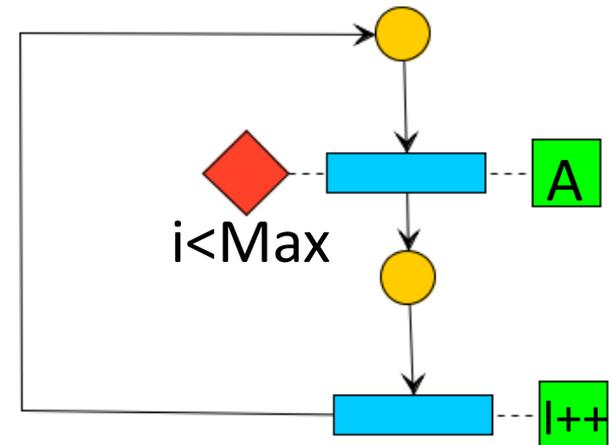
## ■ Ensembles existants

- Contexte de scénario
  - Portée globale
- Contextes locaux
  - contenu dans les jetons
  - Portée : transitions directement en aval de la place

## ■ Spécification des scénarios

- Plus compacte
- Plus facilement lisible/modifiable

Contexte de scénario initial  
 $i=0$   
 $Max=50$



# Contribution : réutilisation de réseaux

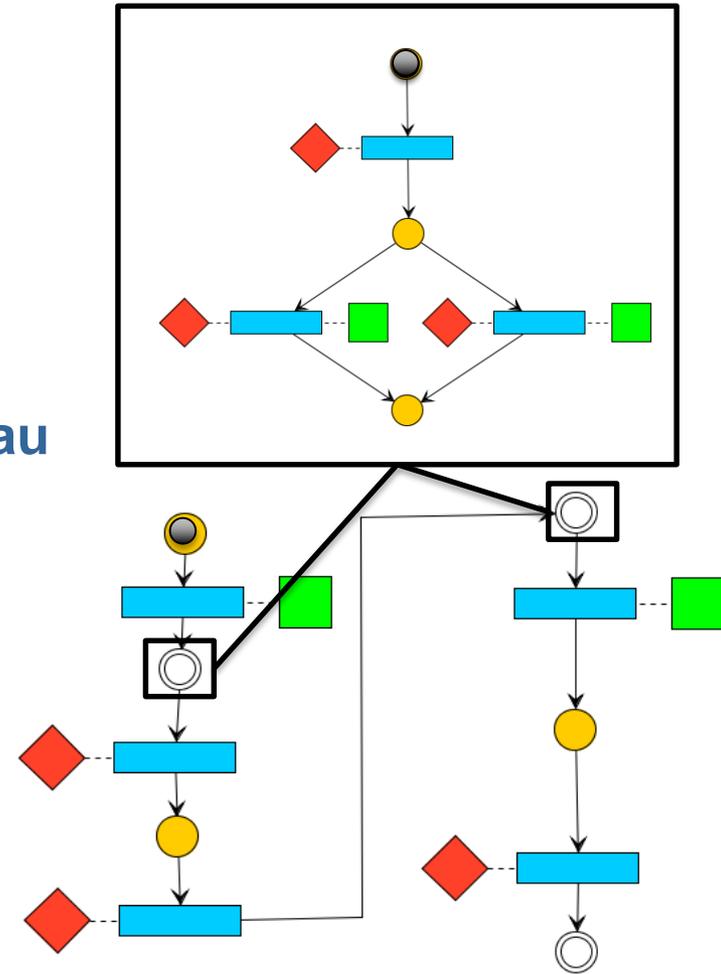
## Problèmes :

- Structures complexes
- Répétition
- Exemple : cautérisation

## Solution :

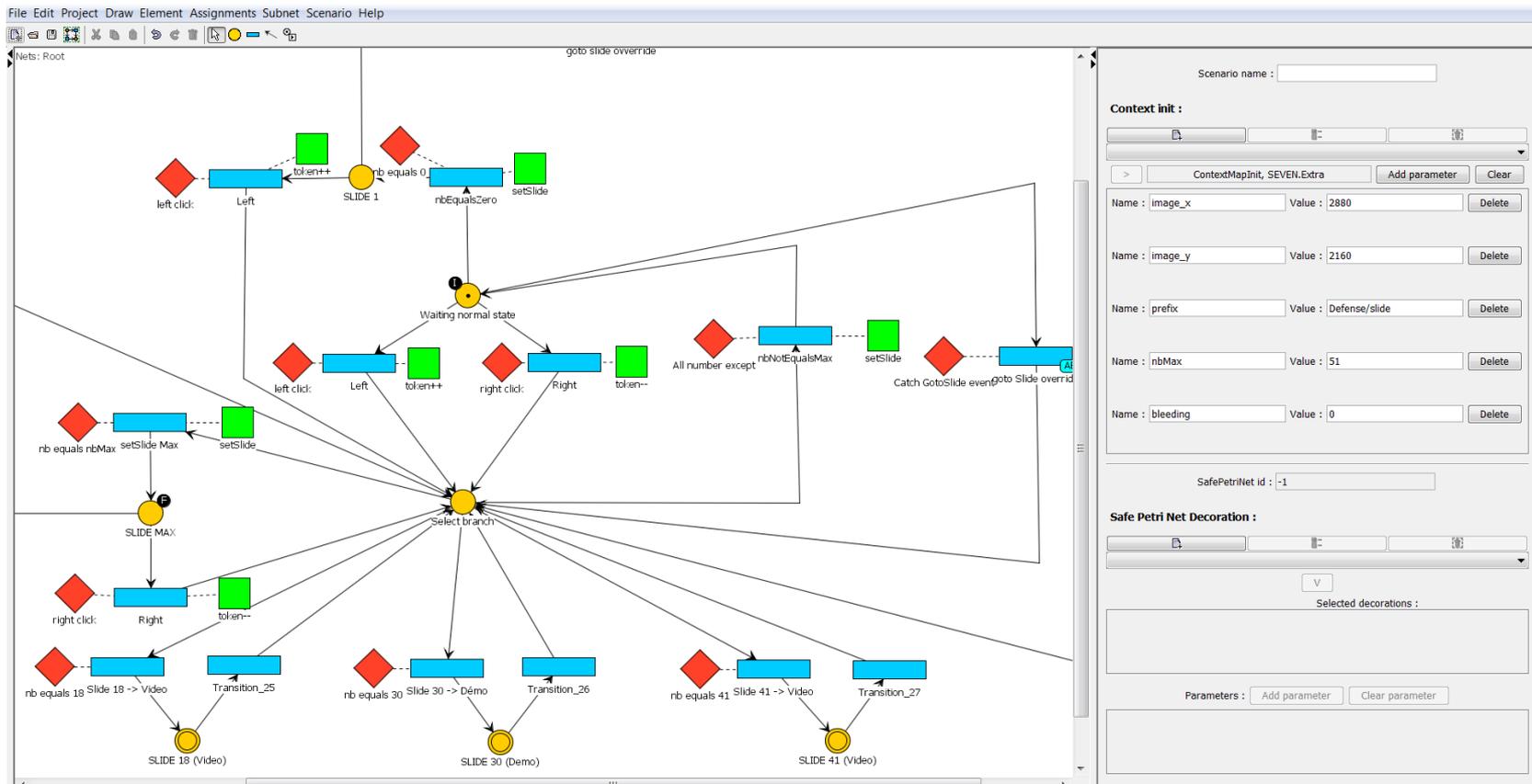
Place, Référence vers la définition d'un réseau (équivalent appel de fonction)

- Lecture et modification simplifiée
  - Découpage
  - Réutilisation
- Etend l'expressivité grâce aux jetons
  - Passage de paramètres
  - Récupération d'un résultat
  - Référence aux réseaux paramétrables
  - Récursivité



# #SEVEN Editor : Outil auteur

- Représentation graphique
- Spécification de réseaux/sous-réseaux
- Assistance à la saisie
  - Contexte de scénario, données des jetons, paramétrage (Partie 2)



# #SEVEN Editor : Outil de contrôle

- Supervision de l'état d'un réseau en cours d'exécution
- Déclenchement manuel des transitions
  - Contrôle de l'état de l'environnement

## Formateur



## Apprenant

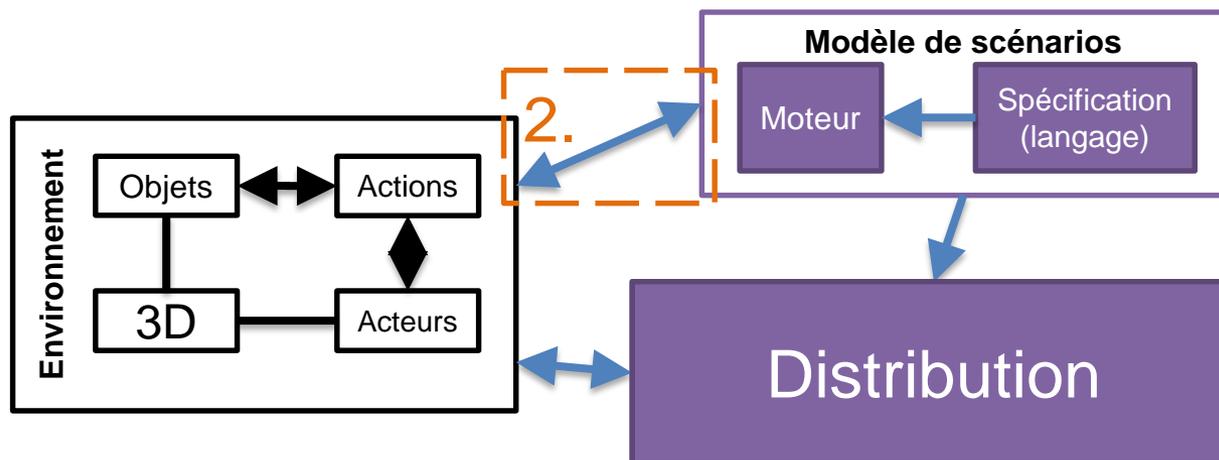


# Synthèse : Le modèle #SEVEN

- **Séquencements d'actions**
  - Acteurs réels et humains virtuels
  - Système
- **Expressif**
  - Séquencements complexes d'actions
- **Générique**
  - Pas de dépendance au domaine
- **Facile d'accès**
  - Concepts simples et peu nombreux
- **Compatible avec le modèle de procédure du projet S3PM**
  - Classes de réseaux équivalentes

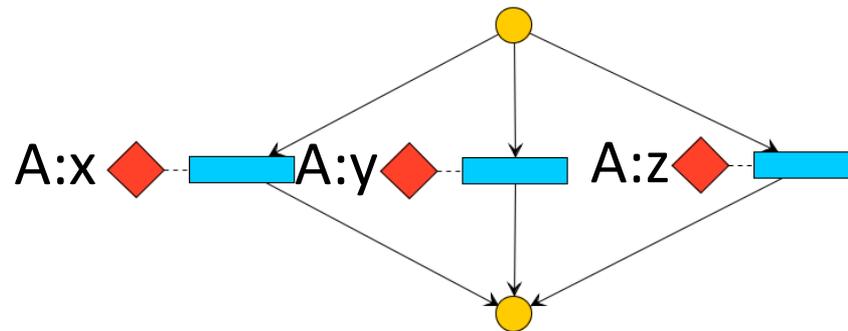
# PLAN

1. Séquencement d'actions
- 2. Adaptation à l'environnement**
3. Distribution des actions aux acteurs
4. Conclusion et perspectives



# Problématiques : limitations de #SEVEN

- **Limité par les senseurs/effecteurs**
  - Développements spécifiques (environnement, cas d'utilisation)
  - Non-réutilisables
- **Exemple : Un environnement Virtuel**
  - Trois acteurs : x, y, z
  - Scénario : Une action A qui doit être réalisée par un des trois acteurs



- **Profiter des propriétés de #SEVEN**
- **Augmenter sa généricité**

## Solution

- **Apporter le même niveau d'abstraction aux senseurs/effecteurs**
- **Profiter des propriétés de l'environnement**

# Etat de l'art :

## Composants des environnements virtuels collaboratifs

- Quelles entités/types manipulés ?
- Quelles possibilités de collaboration ?
- Quelles propriétés supplémentaires ?

# Etat de l'art :

## Modèles d'environnement virtuels existants

- **Modèles de comportements génériques**  
[Cremer et al, 95] [Lamarche et Donikian, 02]
  - Scénarios et Comportements
  - Basés sur des modèles d'automates
  - Collaboration non prévue dans le modèle
  - Concepts manipulés : Fonctions et ressources
- **Objets synoptiques**  
[Kallmann etThalman, 99][Badawi et Donikian, 04]
  - Actions rattachées à des objets/parties d'objets, liées à la géométrie
  - Collaboration possible mais limitée
  - Concepts manipulés : Objets et comportements d'objets
- **Modèles Objets-Relations**  
[Lanquepin et al., 13][Chevaillier et al, 12][Berthelot et al., 15]
  - Actions et objets modélisés indépendamment
  - Collaboration : co-manipulation
  - Requêtes haut-niveau (relations entre objets)
  - Concepts manipulés : Relations (actions) et Objets

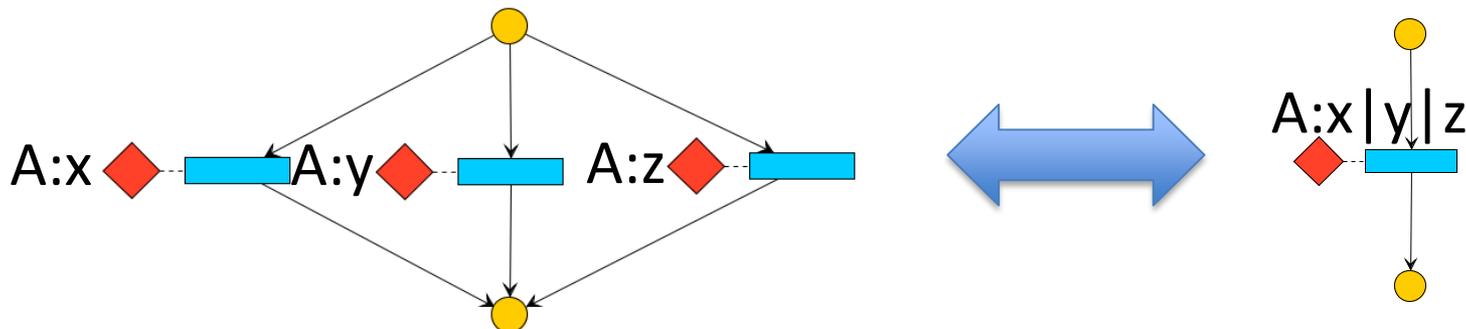
# Etat de l'art : #FIVE, modèle objets-relations

[Berthelot et al., 15],

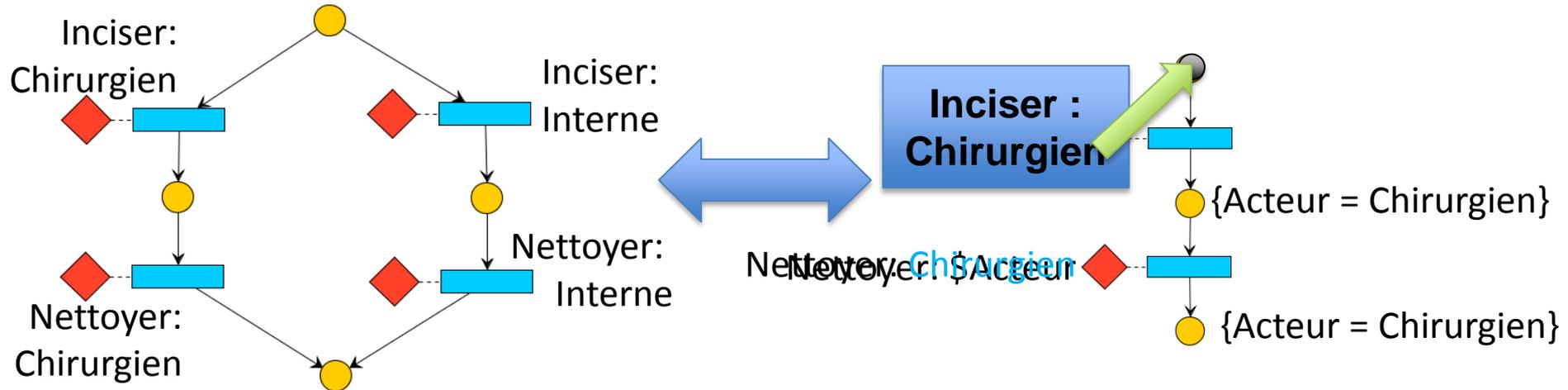
- **Représentation d'actions collaboratives :  
Co-manipulation d'objets**
  
- **Requêtes Haut niveau : moteur de relations**
  - Quels objets pour une action donnée
  - Quelles actions possibles avec un ensemble donné d'objets
  
- **Compatible avec modèle d'acquisition de données S3PM :  
OntoSPM [Gibaud et al., 2014]**
  - Exemple : Objet « Scalpel » utilisé dans
    - l'action « Couper » réalisée par
      - un « chirurgien »
      - un « interne »

# Contribution : types de senseurs et d'effecteurs

- En amont de la spécification des scénarios
- Fonctionnements haut niveau et généralisations
  - Schéma de comportement
  - Spécification plus générique des scénarios
  - Adaptés aux changements dans l'environnement
  - Utilisation de fonctionnalités
- Ensemble de paramètres
  - Renseignés à la spécification des scénarios
  - Valeurs fixes ou références aux variables des contextes (scénario, locaux) ou environnement
- Exemple :
  - Senseur de relations #FIVE : ensembles d'actions possibles (généralisation sur les objets et acteurs)



# Contribution : passage d'informations par le réseau



## Retour à la validation d'un senseur

- **Structure de données : contexte évènementiel**
  - Dépend du type du senseur
- **Conditions de validations**
  - Objets, valeurs, entités
- **Passé au reste du réseau**
  - Modifier le contexte local (jeton) ou de scénario
  - Paramétrer les senseurs/effecteurs/sous-réseaux suivants

# Synthèse

## Economie de spécification maximisée

- Senseurs/effecteurs simples à utiliser (types, paramètres)
- Réseaux plus compacts (types, paramètres, contexte évènementiel)

## Simplification des réseaux

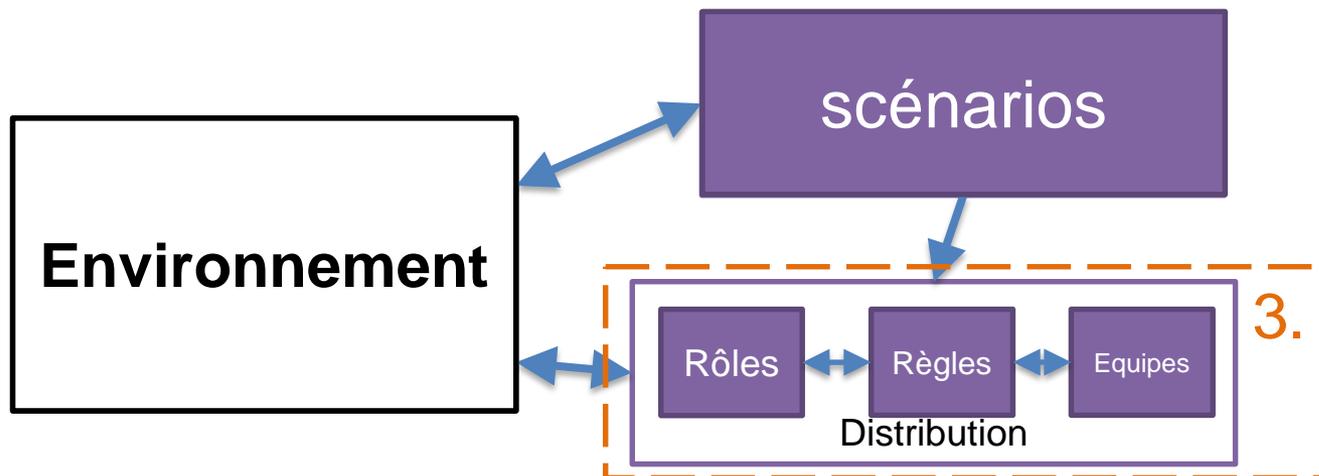
- Concepts
  - Plus haut niveau
  - Plus généraux

## Plus générique

- Spécification des scénarios moins dépendante des instances de l'environnement
  - Exemple : procédure sans imposer d'acteurs

# PLAN

1. Séquencement d'actions
2. Adaptation à l'environnement
- 3. Distribution des actions aux acteurs**
4. Conclusion et perspectives



# Problématique : distribution des actions

Procédure identique, distributions différentes des actions

- Exemple chirurgie : Cautérisation
  - plusieurs organisations possibles

Qui réalisent les actions ?

**1. Indiqué scénario :**

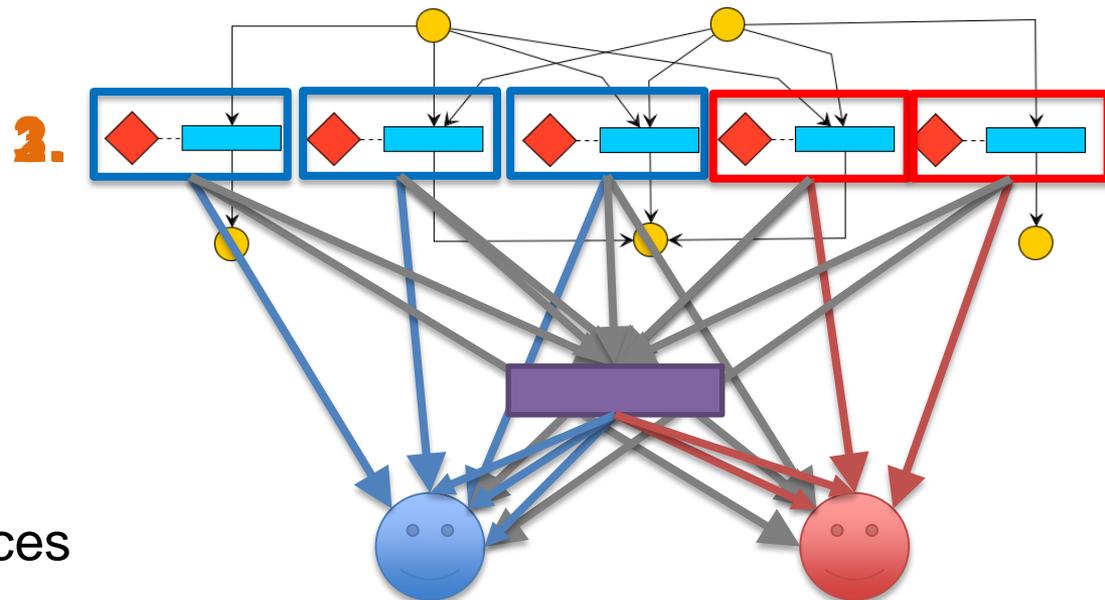
- Statique
- Cohérent

**2. Pas indiqué :**

- Générique
- Trop général : incohérences

**3. Intermédiaire**

- Générique et cohérent ?



# Etat de l'art : Rôles

## Théorie des rôles (sciences humaines)

### ■ Définition :

*« Ensemble de concepts pris en compte [par quelqu'un] au sujet du comportement d'une personne [ou d'une position sociale], pouvant évoluer au cours du temps en fonction de l'environnement physique ou social. »*

[Biddle et Thomas, 1966]

## En réalité virtuelle

### ■ Modélisation du rôle

- Quels concepts liés à l'acteur
- Evolution en fonction de l'environnement (physique ou social)

### ■ Utilisation

- Réutilisation de composants
- Dépendances aux autres modèles

# Etat de l'art : Modèles de Rôle

Solution	Mécanique d'Évolution	Concepts liés au rôle	Réutilisation	Dépendance
LORA++	Statique	Actions	Identifiants des rôles	Scénario
MASCARET	Modèles d'équipe	Actions	Équipes	Scénario
IMS-LD	Pilotée par les Actions	Actions	Identifiants des rôles	Scénario
ABL	Pilotée par le Scénario	Actions	Rien	Scénario
TEATRIX	Statique	Objectifs	Objectifs	Aucune
EmoEmma	Pilotée par les Actions	Etat Émotionnel de l'acteur	Définition d'état mental	Actions
IDTension	Pilotée par les Actions	Connaissances et Caractère	Caractère des acteurs	Aucune
CASIOPEIA	Modèle d'équipe	Actions	Modèle d'équipe	Aucune
ALAADIN	Modèle d'équipe	Actions	Modèle d'équipe	-
MOISE	Groupes/sociétés	Actions/Objectifs	Structures groupes, Rôles	Actions
IODA	Pré/Post conditions	Données de l'acteur, Actions	Actions	Actions

- **Prise en compte limitée des informations liées à l'acteur**  
IDTension [Szilas, 03], EmoEmma [Cavazza et al, 07]
- **Evolution : modèles d'équipes (env. physique et/ou social)**  
CASIOPEIA [Collinot et Drogoul, 98] MASCARET [Chevaillier et al., 12]
- **Dépendances**
  - Modèle de scénarios - LORA++ [Gerbaud et al., 07], IMS-LD [Koper et Oliver, 03]
  - Aux actions - EmoEmma [Cavazza et al, 07]
- **Difficilement réutilisables :**
  - rôle = ensemble d'actions (orig. scénarios ou environnement)  
LORA++ [Gerbaud et al., 07], IMS-LD [Koper et Oliver, 03]

## Contribution : Modèle de rôles

- **Rôle : ensemble de données associées à l'acteur**
- **Ensemble d'actions, spécialisé pour chaque acteur**
  - Actions possibles, autorisées, interdites, préférées... (Manuscrit)
- **Evolution des rôles**
  - Règles basées sur l'environnement
- **Réutilisation des composants**
  - Indépendant des autres modèles
  - Composants du modèle de rôle réutilisables

Travaux publiés dans :

Claude et al., *Roles for Collaborative Virtual Environments for Training*, EGVE 2015

# Contribution : représentation du rôle des acteurs

## Ensemble d'informations au sujet d'un acteur

- **Systeme clef/valeur**
- **Données Associées à l'acteur**
  - Informations personnelles
  - Liées à l'environnement (ex : position dans la scène)
- **Défini hors ligne**
- **Modifiable en ligne**
  - Par des actions
  - Par d'autres composants (ex : système de règles )

## Exemple, un chirurgien :

- Utilisation d'un scalpel : Expert
- Proc. Craniotomie : Habitué

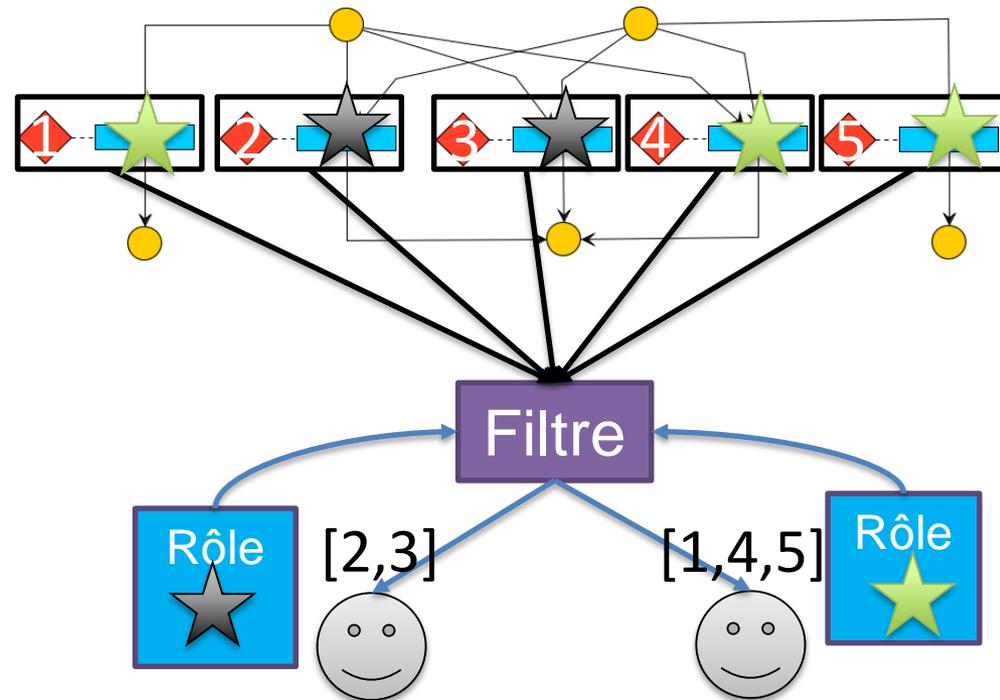
## Pas de granularité imposée:

- Adaptable au cas d'utilisation
- Ex : Chirurgie : expert

# Contribution : filtrage des actions

## Préconditions d'accès

- ex : [Cavazza et al, 07]
  - Portant sur des éléments décrivant le rôle de l'acteur
- **Attributs portés par les actions issues du scénario**
  - Définis par la spécification des scénarios



## Avantages

- **Indépendant de la spécification des actions**
- **Pas d'impact sur la structure des scénarios**
- **Facilement modifiables**

# Contribution : évolution des rôles

## Exemple :

- **Procédure : variation de la distribution des tâches**
  - Chirurgien libre : réalise la tâche
  - Chirurgien occupé : délègue
- **Deux solutions**
  - Deux spécification de scénarios différentes
  - Une définition de scénarios + adaptation dynamique

## Proposition :

- **Modélisation de l'équipe d'acteurs**
  - Pouvant modifier
    - Les rôles
    - Sa propre organisation
  - En fonction
    - De l'environnement
    - Des rôles des acteurs
    - Des règles associées

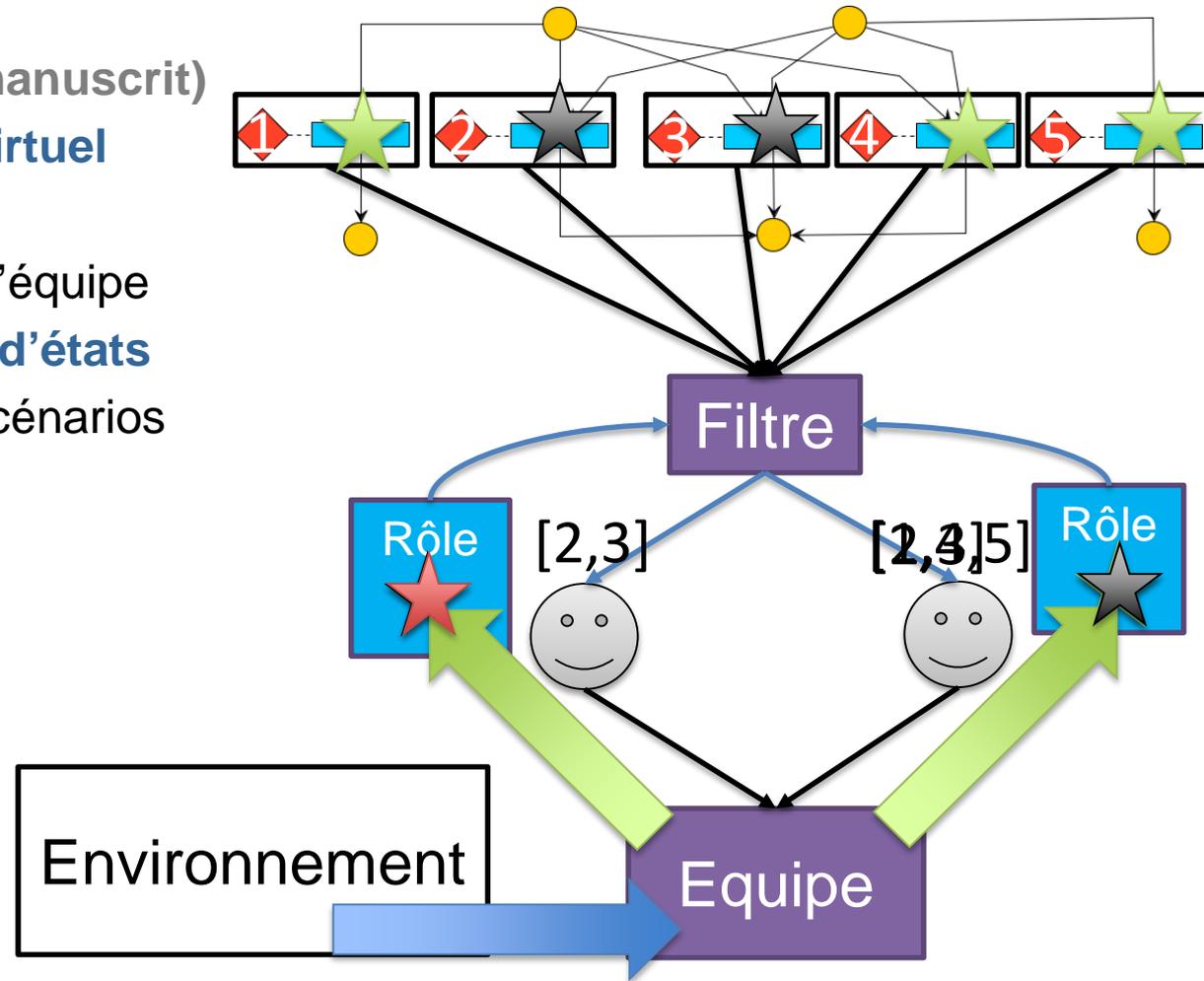
# Contribution : Les équipes, modèle d'évolution

## Ensemble d'acteurs

- Structure hiérarchique (manuscrit)

## Entité de l'environnement virtuel

- Comportement propre**
  - Règles et habitudes de l'équipe
- Réagit aux changements d'états**
  - Environnement, rôles, scénarios
- Modification**
  - Structure
  - Rôle des acteurs



# Contribution : Comportement d'une équipe (règles)

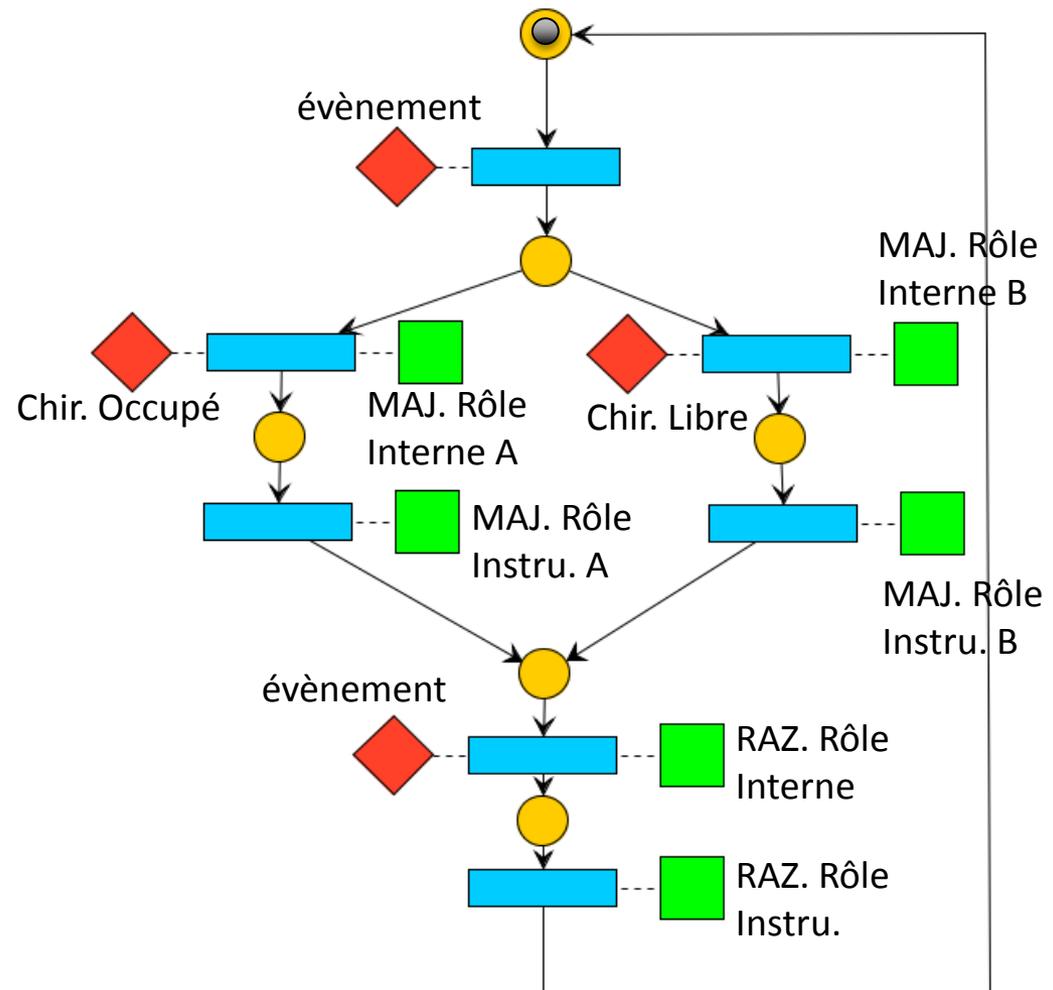
## Utilisation de #SEVEN

### Senseurs et effecteurs

- Organisation de l'équipe
- Rôles
- + Suivi de l'environnement (ex #FIVE)
- + Suivi des scénarios (ex: autre instance #SEVEN)

### Avantage :

- Connu (économie de concepts)



# Synthèse

## Modèle de rôles

- Informations liées à l'acteur
- Sous ensembles d'actions, spécialisés pour l'acteur

## Evolution des rôles

- Modèle d'équipe
- Prise en compte
  - Environnement
  - Autres acteurs
  - Règles

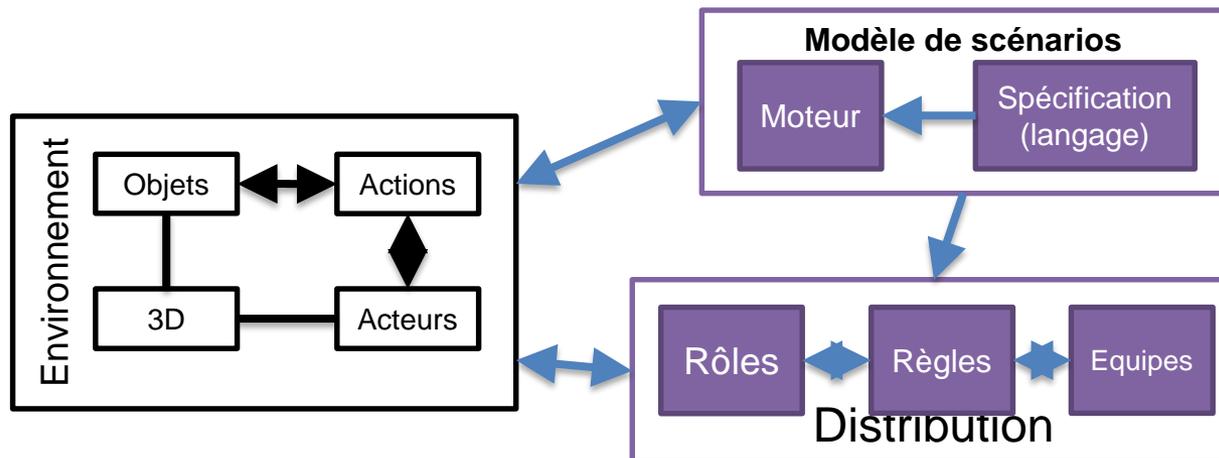
## Réutilisation de composants

- Rôles
- Structures et comportements des équipes (#SEVEN)
- Indépendant des autres modèles (environnement, scénarios...)

Guillaume CLAUDE

# PLAN

1. Séquencement d'actions
2. Relation avec l'environnement
3. Distribution des actions aux acteurs
4. Conclusion et perspectives



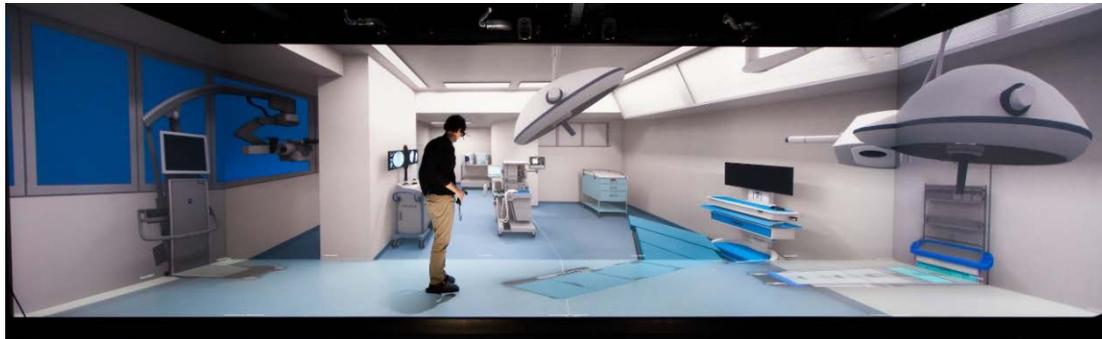
# Résultats

## ■ Cas d'utilisation

- Maintenance industrielle
- Atelier de mécanique
- Cinéma
- Rééducation
- Neurochirurgie
  - Deux versions S3PM
  - Une en cours de développement



[Bouville-Berthelot et al., 16]



[Claude et al., 16]



[Projet étudiant INSA]



[Claude et al., 14]



# Conclusion

## #SEVEN, modèle de scénarios :

- **Expressif**
  - Séquencements d'actions complexes
- **Générique**
  - S'adaptant à l'environnement
- **Simple d'appréhension**
  - Concepts simples, peu nombreux
- **Simple d'utilisation**
  - Outil auteur/suivi
- **Compatible avec le projet S3PM**
  - Classes équivalentes de réseaux

# Conclusion

## Modèle de rôle

- **Proche de la théorie des rôles**
  - Distribution des actions, adaptée aux acteurs
  - Evolution des rôles au cours du temps
- **Réutilisation**
  - Notamment grâce à #SEVEN
- **Indépendant**
  - Environnement
  - Scénarios

# Perspectives

## #SEVEN

- **Décrire les comportements d'autres types d'entités :**
  - objets, actions, pédagogie...
- **Simulations libres en utilisant une spécification de scénarios prédéfinis**
  - Grâce aux propriétés des réseaux de Petri

## S3PM

- **Expérimentations utilisateur :**
  - Acceptation
  - Qualité de formation
  - Cohérence/Crédibilité du modèle de procédure
- **SUNSET**
  - Suite directe
  - + Sciences Humaines

# Publications

- **Short Paper: #SEVEN, a Sensor Effector Based Scenarios Model for Driving Collaborative Virtual Environment**
  - G. Claude, V. Gouranton, R. Bouville Berthelot and B. Arnaldi
  - *ICAT-EGVE 2014*
- **Versatile Scenario Guidance for Collaborative Virtual Environments**
  - G. Claude, V. Gouranton and B. Arnaldi
  - *GRAPP 2015*
- **Roles for Collaborative Virtual Environments for Training**
  - G. Claude, V. Gouranton and B. Arnaldi
  - *ICAT-EGVE 2015*
- **Synthesis and Simulation of Surgical Process Models**
  - G. Claude, V. Gouranton, B. Caillaud, B. Gibaud, B. Arnaldi and P. Jannin
  - *NEXTMED/MMVR, 2016, Studies in health technology and informatics, 2016*

# Contribution : Contexte Externe

## Accès à l'environnement

- Entrées/sorties
  - Entités
  - Données
- Contexte #SEVEN
  - Senseurs/effecteurs
  - Lecture/Ecriture

## Exemple Contexte externe #FIVE

- Objets, attributs
- Relations (actions)
- Moteur de relations (requêtes)



# #SEVEN : Positionnement

## #SEVEN utilisable en tant que

- **Superviseur**
  - Attend le déclenchement d'actions
  - Décrit ce qui est attendu (peut être fait)
    - Actions
      - Filtrage des actions possibles
    - Etat cible de l'environnement
      - Pas de filtrage d'actions
- **Médiateur**
  - Déclencheur d'actions sur commande

## Pour cela :

- **Senseurs**
  - Actions
  - Commandes
- **Effecteurs**
  - Déclenchement d'actions

# #SEVEN : Ressources

- **Accès concurrents**
  - Environnement
- **Utilisation**
  - Choix d'embranchements fct disponibilité
  - Dans les actions
    - Attendues
    - Réalisées

