

# Génération de scénarios adaptés dans un jeu d'apprentissage selon une approche dirigée par les modèles

Pierre Laforcade, Youness Laghouaouta  
Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans, (LIUM)  
Equipe Ingénierie des EIAH (IEIAH)

# Plan

**Contexte de recherche** : le projet *Escape It!*

**Proposition** : une approche IDM pour la conception de générateurs  
de scénarios adaptés

**Application** au jeu d'apprentissage *Escape It!*

**Bilan et perspectives**

# Plan

**Contexte de recherche** : le projet *Escape It!*

**Proposition** : une approche IDM pour la conception de générateurs  
de scénarios adaptés

**Application** au jeu d'apprentissage *Escape It!*

**Bilan et perspectives**

# Le projet *Escape it!*

- Initié en 2017, partenaires LIUM + association **Cocci'Blue** (pour l'inclusion des enfants autistes)
- Constat :
  - Temps + ressources pour permettre la généralisation des apprentissages
- Objectif
  - Concevoir et développer un **jeu d'apprentissage** pour renforcer et **généraliser** l'apprentissage des **compétences visuelles** (association, tri, catégorisation, sériation...) pour des enfants autistes
  - Mécaniques empruntées aux jeux de type "escape-room"



**scénario** de jeu =  
Séquence ordonnée de **scènes**

**scène** =  
Description des composants /  
positions / autres infos requises par  
le moteur du jeu pour initialiser la  
**scène jouable**

<https://projets-lium.univ-lemans.fr/escapeit/>

# Anatomie d'une scène de jeu



# Anatomie d'une scène de jeu



# Problématique

1

Chaque nouvelle session de jeu doit être **adaptée** au **profil de l'enfant**

## Variables du modèle d'apprenant

- *compétences à considérer*
- *niveau de difficulté actuelle pour chaque compétence*
- ...

2

Le jeu doit proposer plusieurs **possibilités de configuration des scènes** pour permettre la **généralisation** des compétences

## Variables d'une scène

- *décors additionnels*
- *cachettes*
- *emplacements pour objets mobiles*
- *objets de différentes catégories*
- ...

Verrou technique

**Coût** de la conception et de l'implémentation de toutes les combinaisons possibles

Objet de recherche

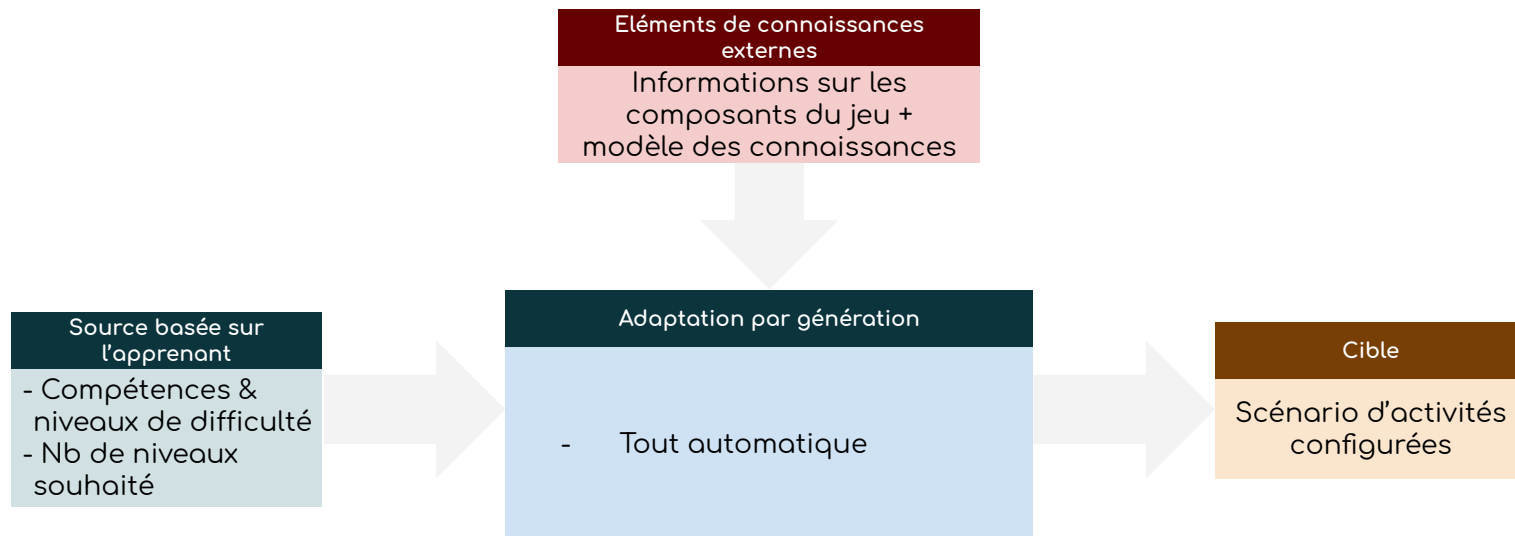
L'adaptation dynamique de scénarios de jeu selon le profil de l'apprenant et les composants du jeu disponibles

Problématique de recherche

Comment aider la conception d'un générateur de scénarios adaptés aux profils des apprenants tout en considérant les connaissances disponibles sur les composants du jeu ?

# Caractérisation de l'adaptation

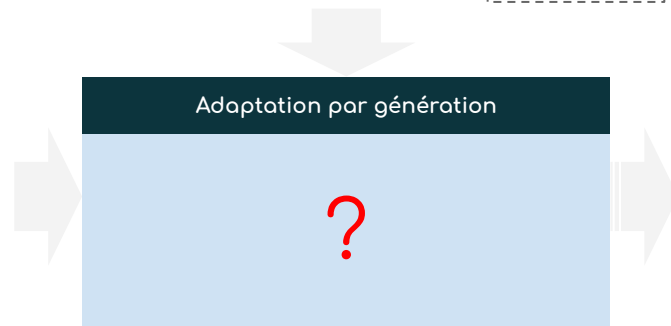
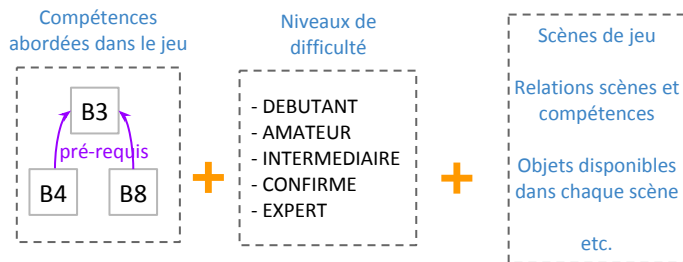
(dans le contexte d'application Escape It!)



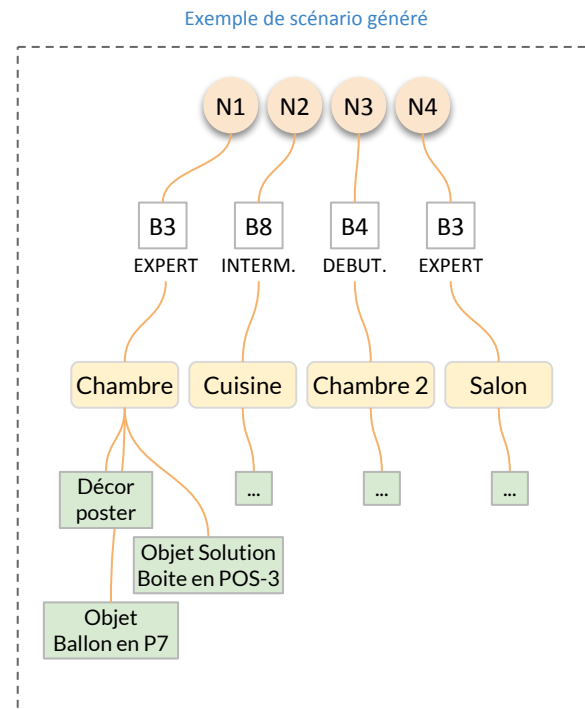


# Caractérisation de l'adaptation : exemple

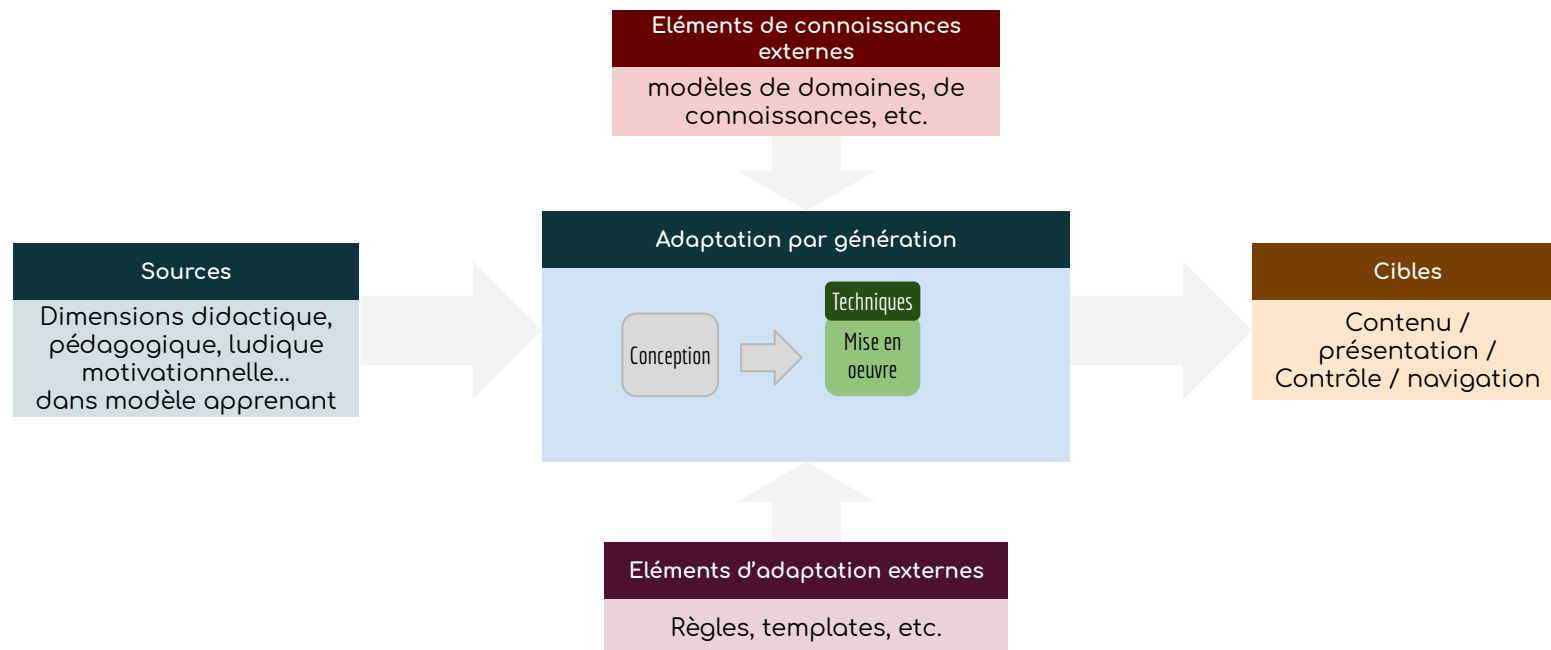
(dans le contexte d'application Escape It!)



comment concevoir une telle adaptation ?

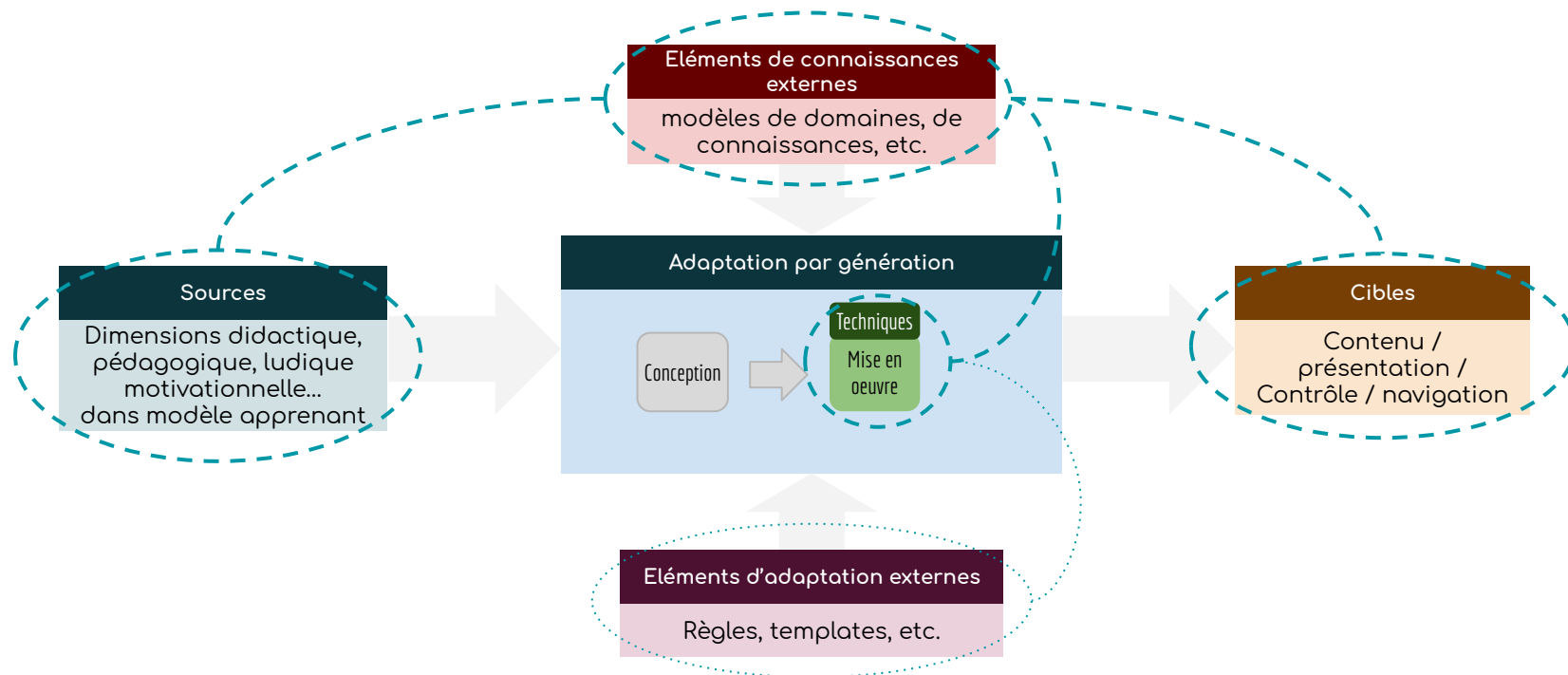


# Bilan état de l'art

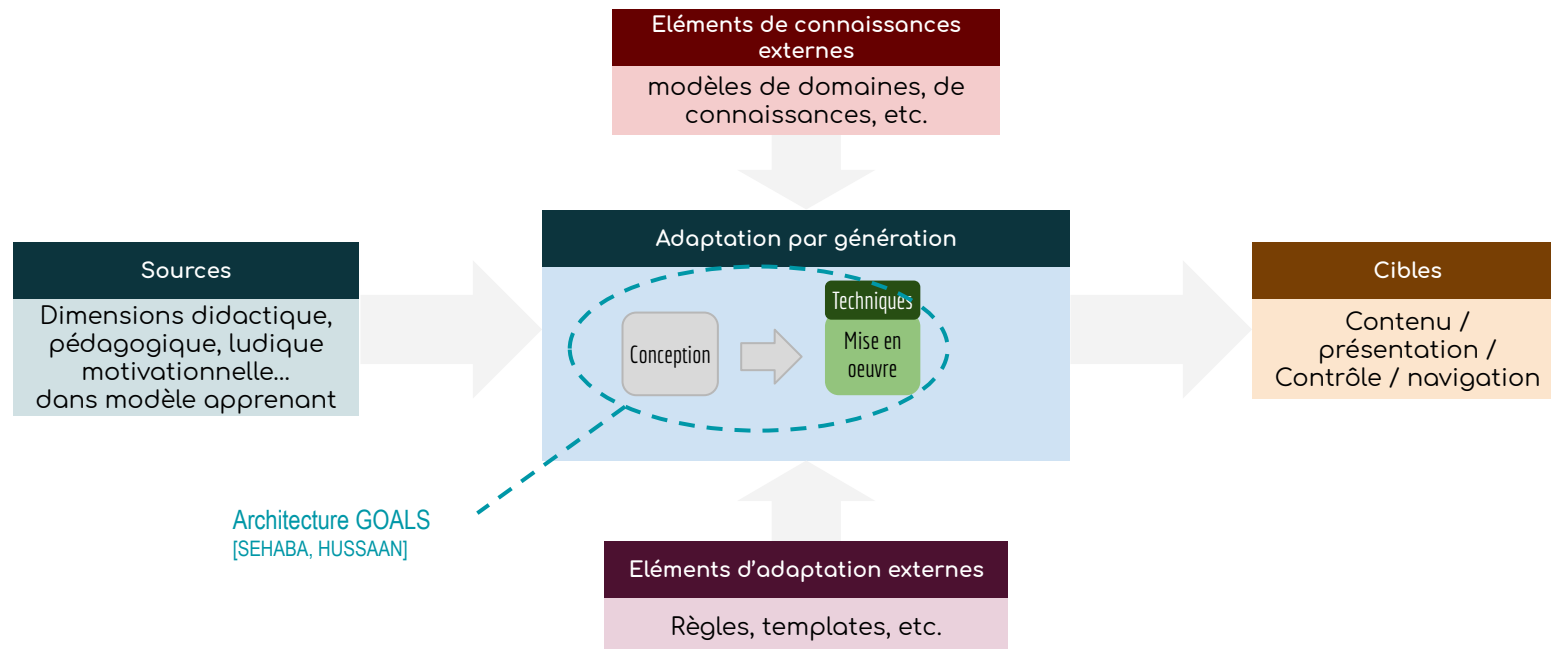


# Bilan état de l'art

Souvent approches *ad hoc*



# Bilan état de l'art



Architecture GOALS  
[SEHABA, HUSSAAN]

# Plan

**Contexte de recherche** : le projet *Escape It!*

**Proposition** : une **approche IDM** pour la **conception** de **générateurs**  
de **scénarios adaptés**

**Application** au jeu d'apprentissage *Escape It!*

**Bilan et perspectives**

# Positionnement et objectif

- Une approche IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles)...

... pour guider la conception de génération de scénarios adaptés

- spécification ET implémentation

... en exploitant le caractère

- formel des modèles (et leur méta-modèle) pour la spécification des sources/cibles
- interprétable des modèles, par la machine, pour diriger et faciliter l'implémentation informatique

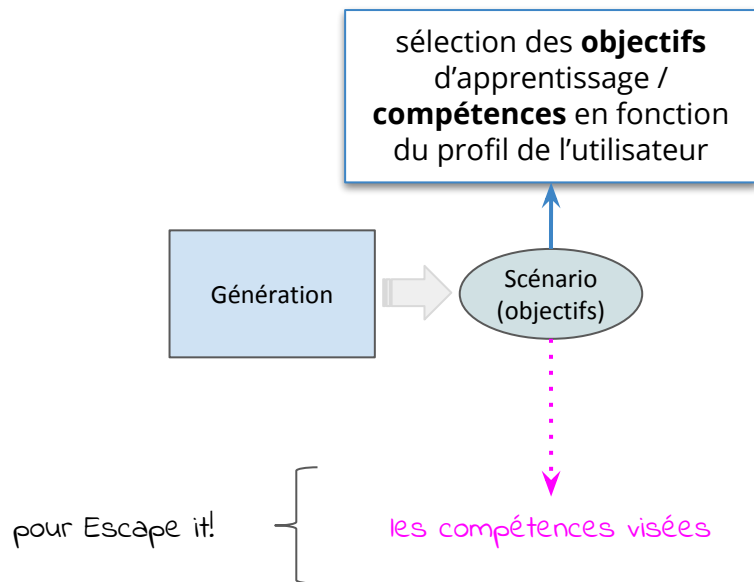
# Propositions pour guider la conception

- Une **approche** de conception du générateur
  - 3 **perspectives incrémentales** pour le scénario à produire (adapté de [SEHABA et HUSSAAN, 14])
    - **objectifs** du scénario : sélection des objectifs d'apprentissage en fonction du profil de l'utilisateur
    - **structure** du scénario : sélection des exercices d'apprentissage ou des composants du jeu
    - **fonctionnalités** du scénario : sélection des ressources internes
  - 3 **dimensions** de spécifications d'éléments
    - à générer (**cible**), contextuels (**sources**), de description du jeu d'app. (**connaissances**)
  - 2 **niveau d'abstraction**
    - modèles et méta-modèles
- Un **processus** impliquant experts métier et experts informaticiens
  - précise qui fait quoi et quand **pour appliquer l'approche**
  - support de prototypage rapide du générateur

[ECTEL'18]

# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

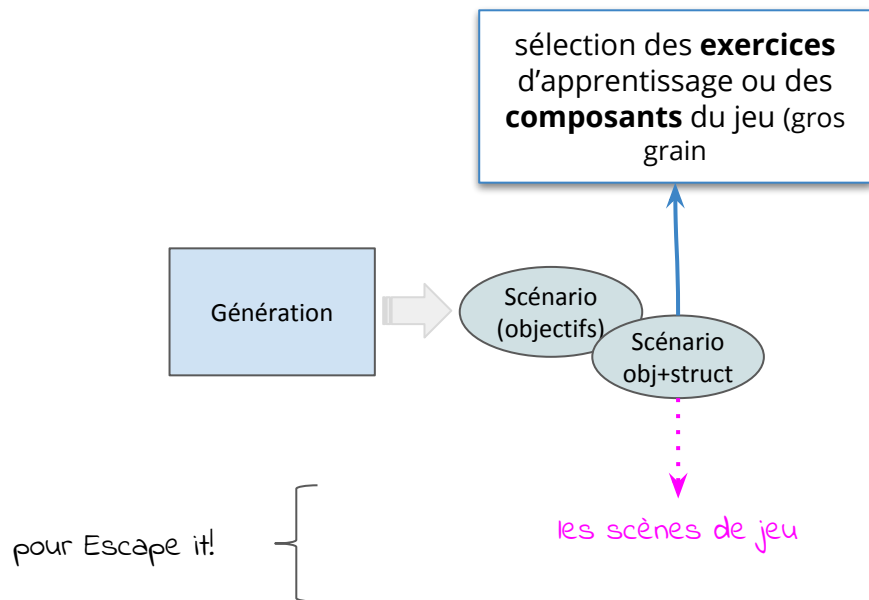
3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer





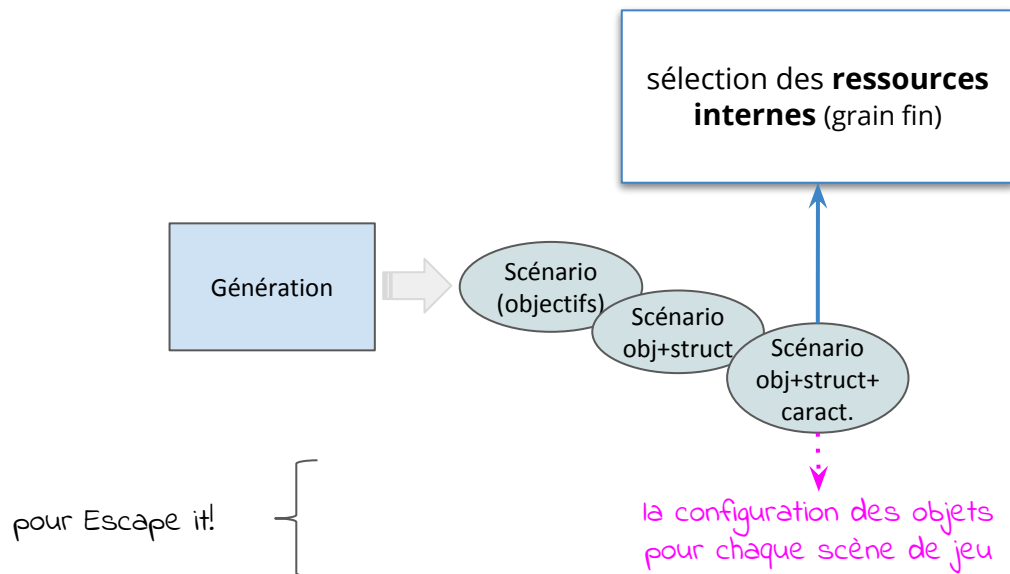
# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer



# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

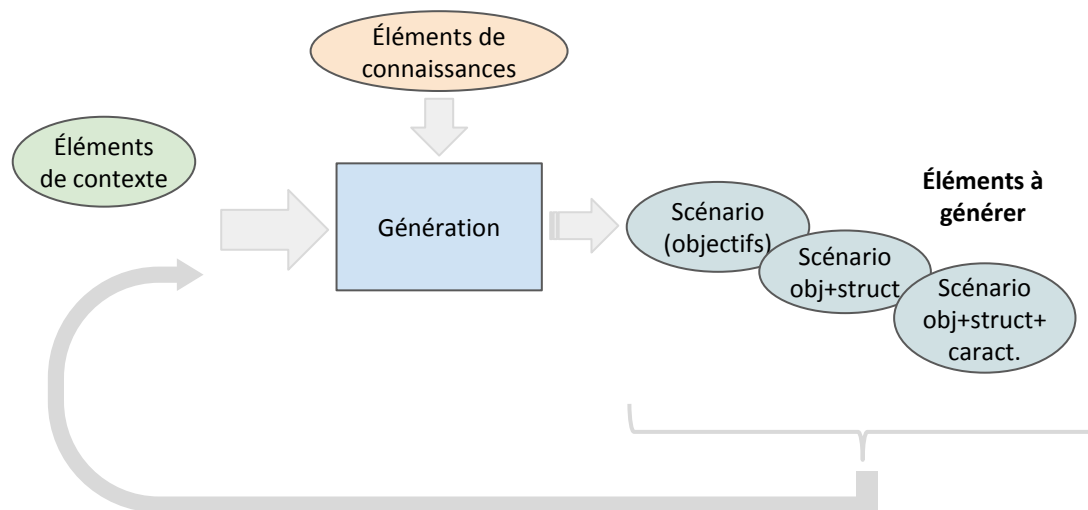
3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer



# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

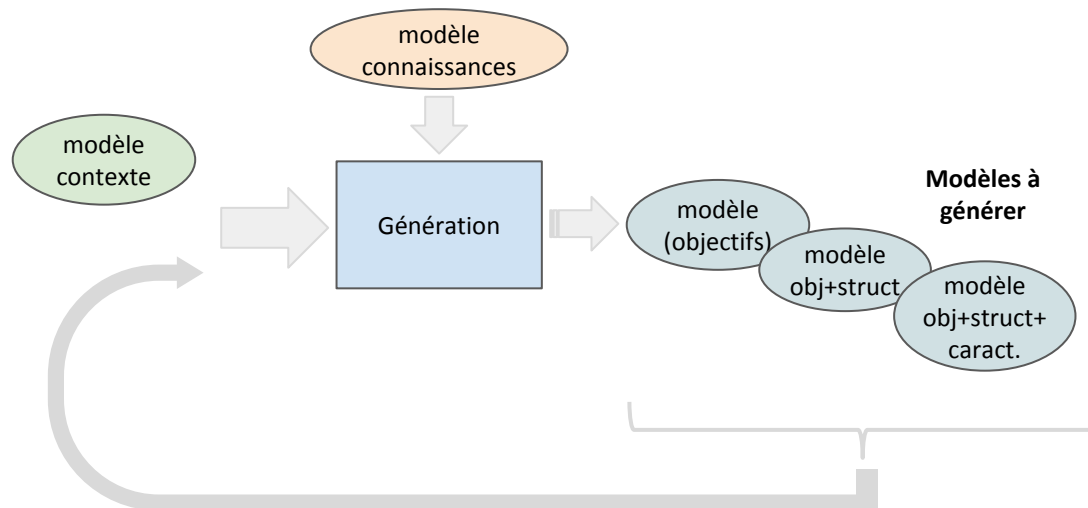
3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer

+ 3 dimensions pour chaque perspective



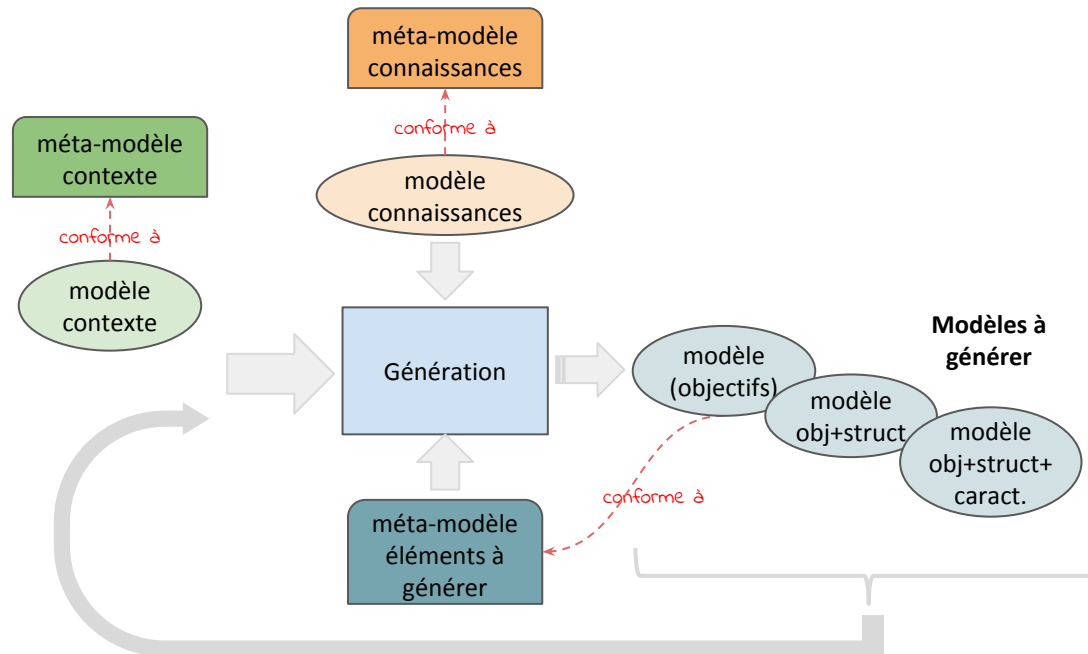
# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

- 3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer
- + 3 dimensions pour chaque perspective
- + 2 niveaux d'abstraction : les modèles



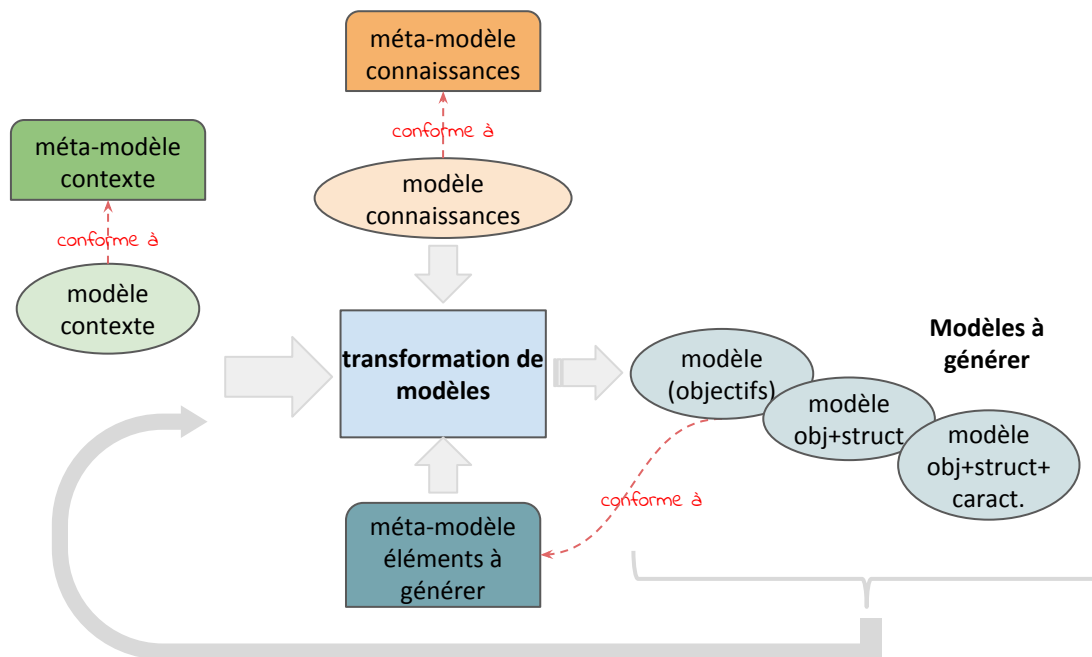
# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

- 3 perspectives incrémentales sur le scénario à générer
- + 3 dimensions pour chaque perspective
- + 2 niveaux d'abstraction : les modèles et les méta-modèles



# Premiers résultats - l'approche (en schéma)

la génération est traitée comme une **transformation de modèle** au sens IDM



# Plan

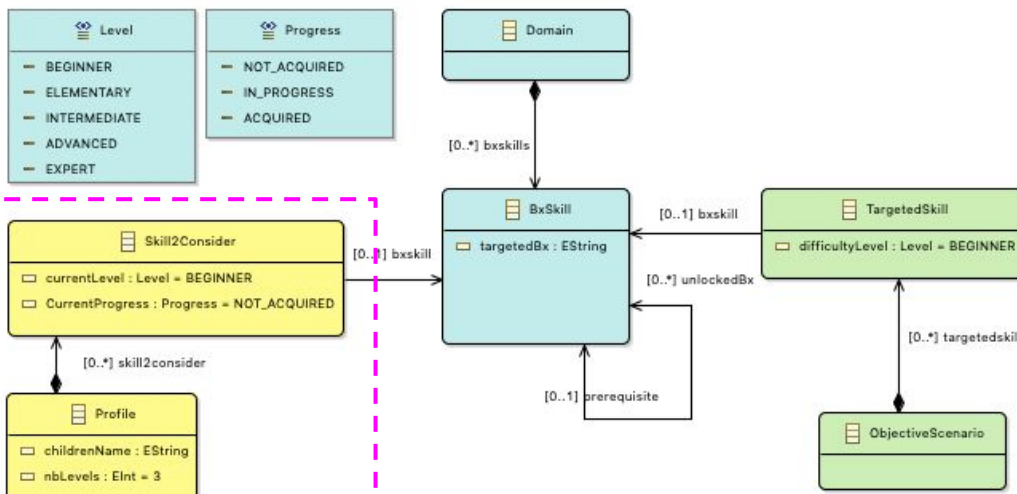
**Contexte de recherche** : le projet *Escape It!*

**Proposition** : une approche IDM pour la conception de générateurs  
de scénarios adaptés

**Application** au jeu d'apprentissage *Escape It!*

**Bilan et perspectives**

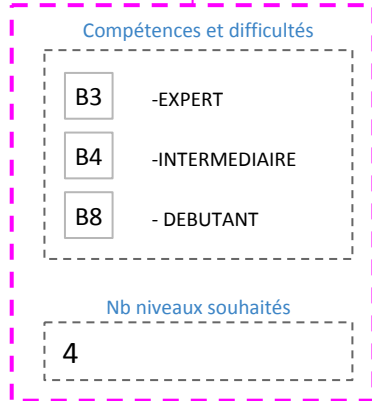
# Perspective Objectif



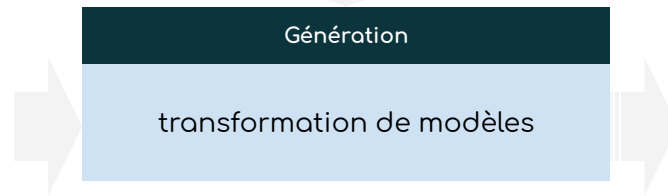
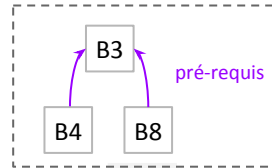
méta-modèle  
contexte

conforme à

modèle  
contexte

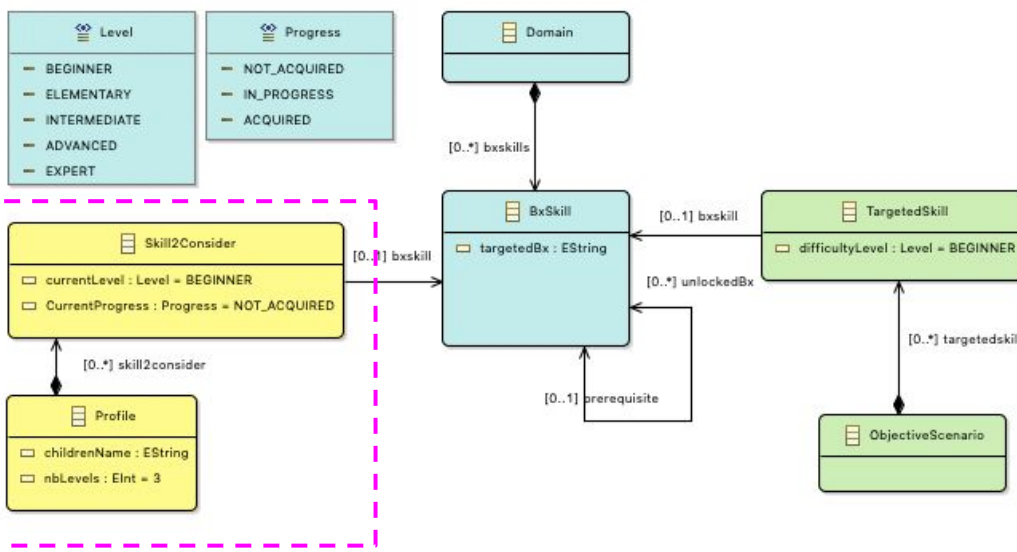


Compétences abordées dans le jeu





# Perspective Objectif



méta-modèle  
contexte

conforme à

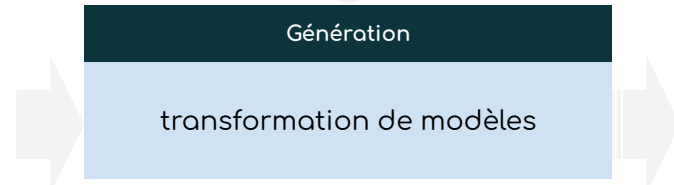
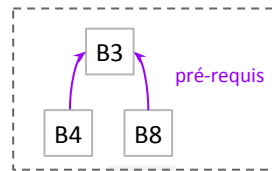
modèle  
contexte

▼ Profile Tom

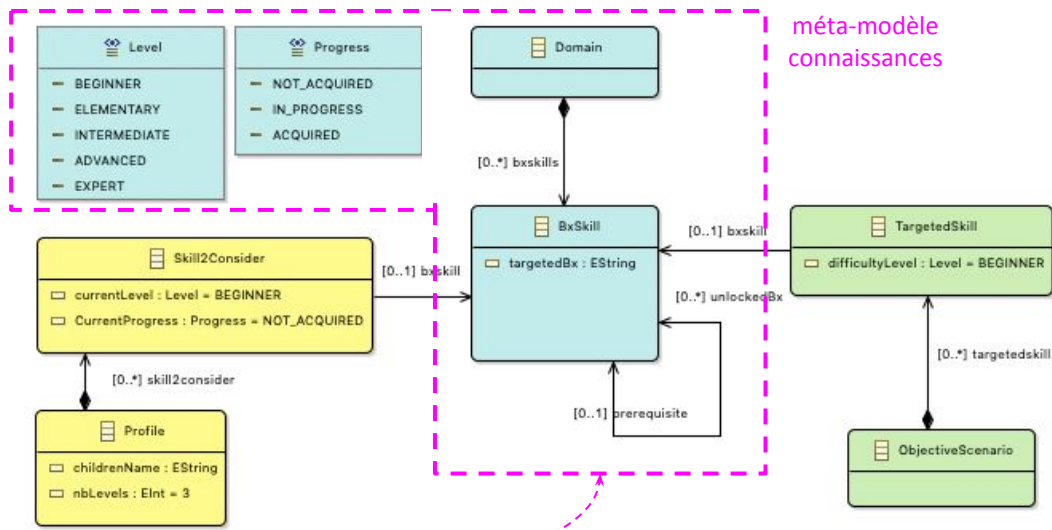
- Skill2 Consider EXPERT
- Skill2 Consider INTERMEDIATE**
- Skill2 Consider ELEMENTARY
- Skill2 Consider BEGINNER
- Skill2 Consider BEGINNER
- Skill2 Consider BEGINNER
- Skill2 Consider BEGINNER

Property	Value
Bxskill	◆ Bx Skill B4
Current Level	📄 INTERMEDIATE
Current Progress	📄 IN_PROGRESS

Compétences abordées dans le jeu

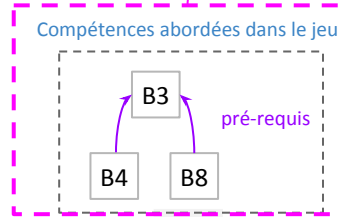


# Perspective Objectif

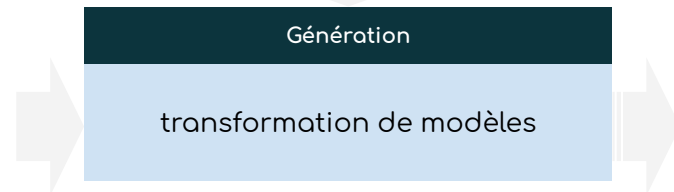
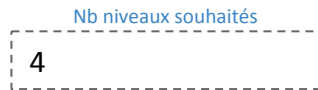
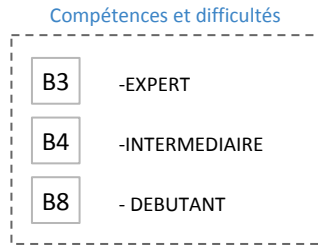


méta-modèle  
connaissances

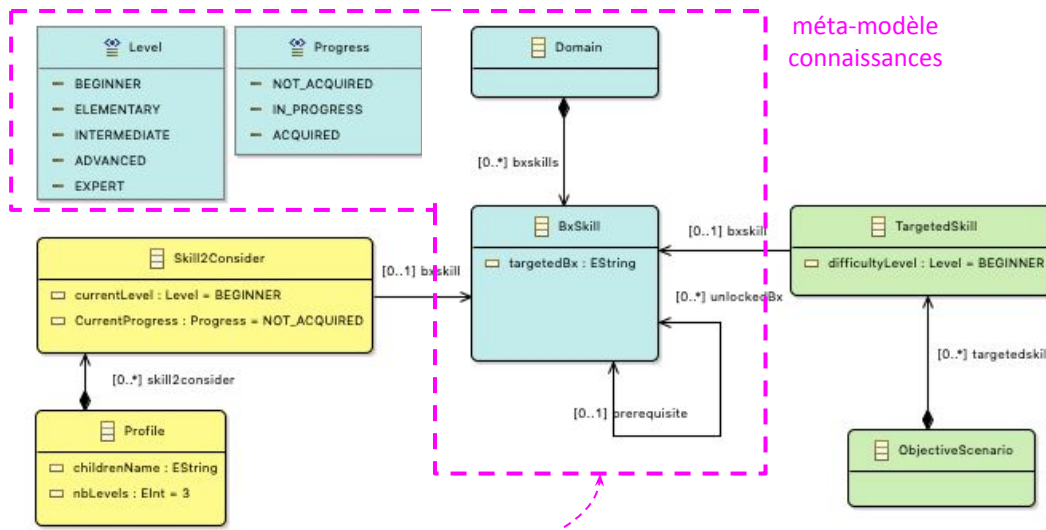
conforme à



modèle  
connaissances



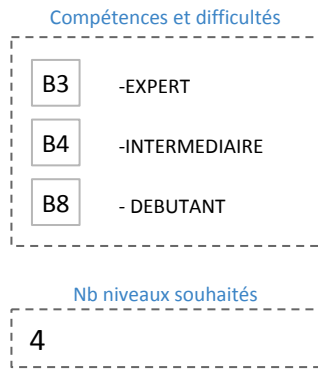
# Perspective Objectif



méta-modèle  
connaissances

conforme à

modèle  
connaissances



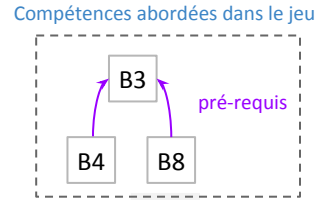
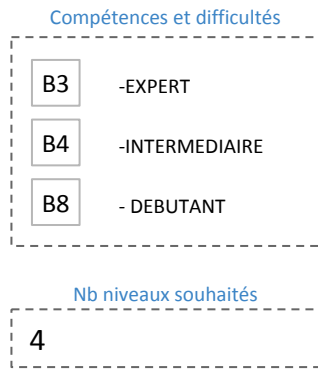
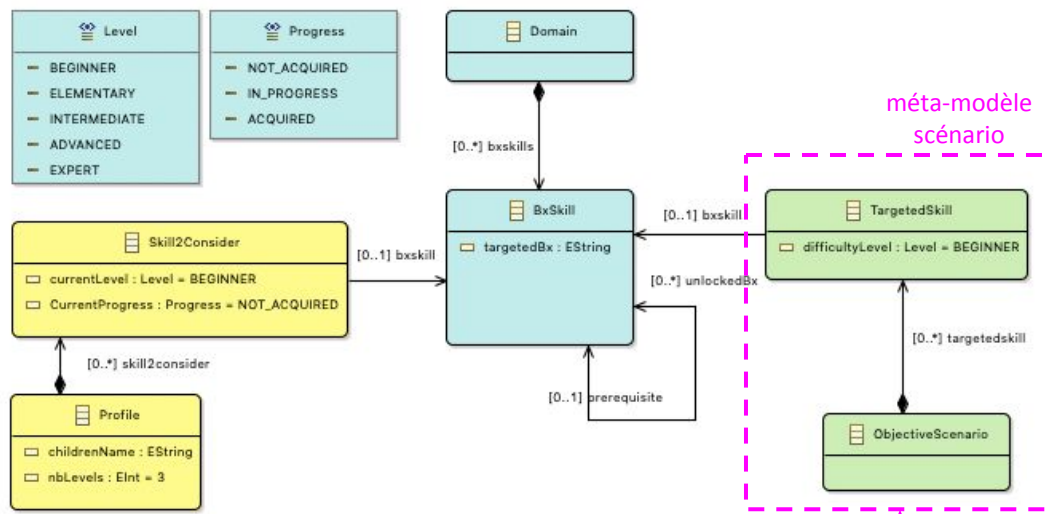
Game Description

- Domain
  - Bx Skill B3
  - Bx Skill B4
  - Bx Skill B8**
  - Bx Skill B9
  - Bx Skill B13
  - Bx Skill B19
  - Bx Skill B25

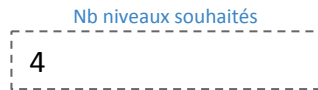
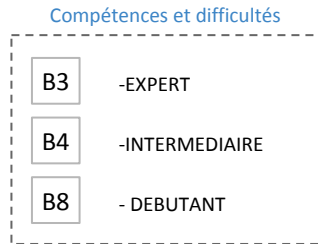
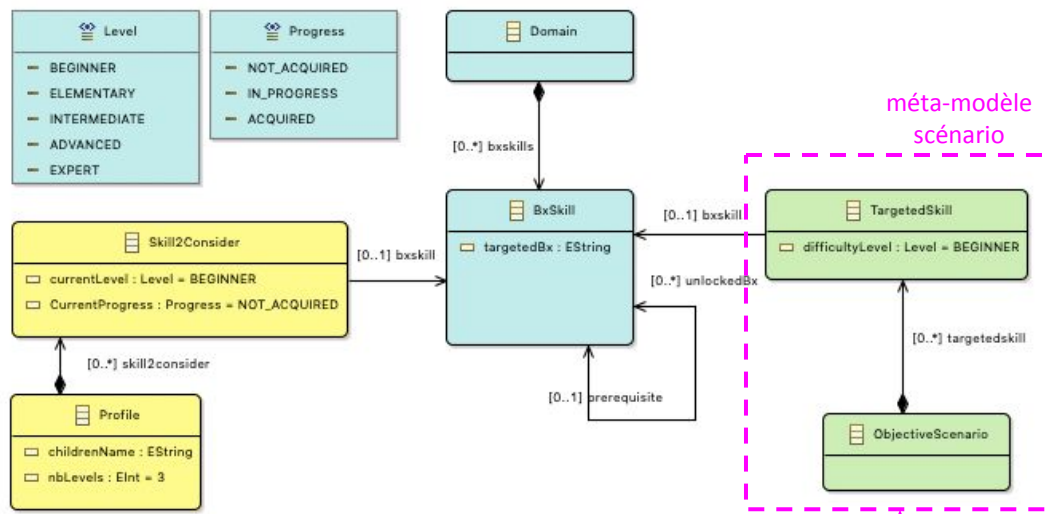
Properties

Property	Value
Prerequisite	↔ Bx Skill B3
Targeted Bx	📄 B8
Unlocked Bx	↔ Bx Skill B13

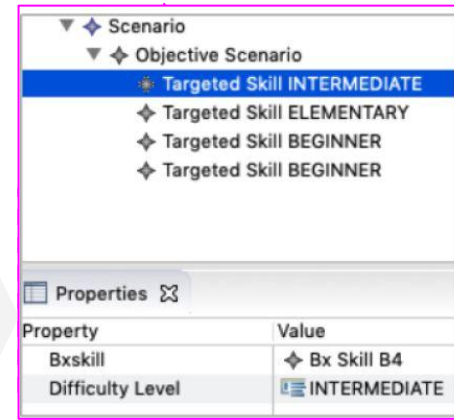
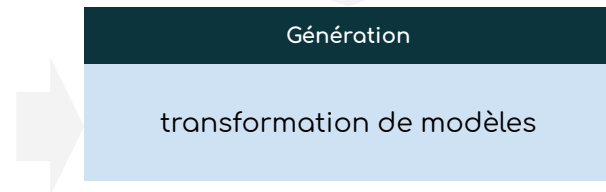
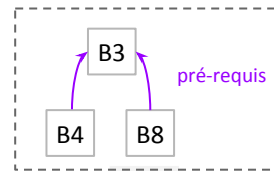
# Perspective Objectif



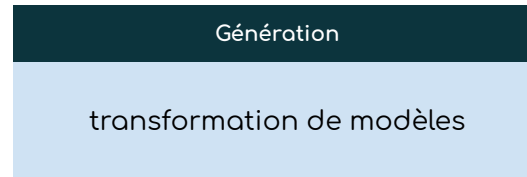
# Perspective Objectif



Compétences abordées dans le jeu



# Perspective *Objectif*



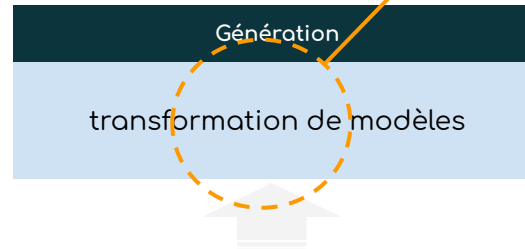
## Règles d'adaptation

- le scénario doit avoir autant de compétences visées que le nb de niveaux souhaité par l'apprenant
- chaque compétence visée doit correspondre à une compétence, en cours d'acquisition, pour l'apprenant, dont les compétences de pré-requis sont au moins au niveau de difficulté intermédiaire
- si possible, les compétences visées doivent être toutes différentes

# Perspective *Objectif*



Code **Java/EMF** + **ChocoSolver** (résolution de contraintes)



## Règles d'adaptation

- le scénario doit avoir autant de compétences visées que le nb de niveaux souhaité par l'apprenant
- chaque compétence visée doit correspondre à une compétence, en cours d'acquisition, pour l'apprenant, dont les compétences de pré-requis sont au moins au niveau de difficulté intermédiaire
- si possible, les compétences visées doivent être toutes différentes

# Plan

**Contexte de recherche** : le projet *Escape It!*

**Proposition** : une approche IDM pour la conception de générateurs  
de scénarios adaptés

**Application** au jeu d'apprentissage *Escape It!*

**Bilan** et **perspectives**



# Bilan des résultats de l'approche proposée

- Approche IDM pour guider la conception de générateur de scénarios adaptés
  - appliquée dans le cas du projet *Escape it!*
    - génération (transformation de modèle) réalisée en dur
    - générateur intégré au jeu via service web
  - valeur ajoutée IDM pour spécifier les modèles et diriger l'implémentation vérifiée
  - REX des sessions de conception collaborative entre experts autisme & infos experts IDM
    - les 3 perspectives favorisent la décomposition du problème de la spécification de la génération
    - encourage l'émergence / définition / suppression / ajustement de règles d'adaptation

# Problèmes et perspectives

- Approche appliquée dans le cas du projet *REVERIES* (application botanique d'inventaire citoyen)
  - seulement avec le point de vue **inventaire**
  - l'approche **ne convient pas** lorsqu'il y a plusieurs **points de vue** à concilier  
inventaire + ludique + apprentissage

# Problèmes et perspectives

- Approche appliquée dans le cas du projet *REVERIES* (application botanique d'inventaire citoyen)
  - seulement avec le point de vue **inventaire**
  - l'approche **ne convient pas** lorsqu'il y a plusieurs **points de vue** à concilier  
**inventaire** + **ludique** + **apprentissage**

**Améliorer l'approche** de génération pour prendre en compte plusieurs points de vue sur le scénario adapté à générer

Didactique + ludique pour sélection d'activités dans dans [Monterrat et al., 17]

# Problèmes et perspectives

- Approche appliquée dans le cas du projet *REVERIES* (application botanique d'inventaire citoyen)
  - seulement avec le point de vue **inventaire**
  - l'approche **ne convient pas** lorsqu'il y a plusieurs **points de vue** à concilier **inventaire** + **ludique** + **apprentissage**

**Améliorer l'approche** de génération pour prendre en compte plusieurs points de vue sur le scénario adapté à générer

Didactique + ludique pour sélection d'activités dans dans [Monterrat et al., 17]

- REX des sessions de conception collaborative entre experts autisme & experts IDM
  - il n'est **pas possible** de tester / valider une nouvelle règle d'adaptation lors d'une même **session** de conception entre experts et informaticiens à cause du temps de mise en oeuvre

# Problèmes et perspectives

- Approche appliquée dans contexte projet *REVERIES* (application botanique d'inventaire citoyen)
  - seulement avec le point de vue **inventaire**
  - l'approche **ne convient pas** lorsqu'il y a plusieurs **points de vue** à concilier **inventaire** + **ludique** + **apprentissage**

Améliorer l'approche de génération pour prendre en compte plusieurs points de vue sur le scénario adapté à générer

Didactique + ludique pour sélection d'activités dans dans [Monterrat et al., 17]

- REX des sessions de conception collaborative entre experts autisme & experts IDM
  - il n'est **pas possible** de tester / valider une nouvelle règle d'adaptation lors d'une même session de conception entre experts et informaticiens à cause du temps de mise en oeuvre

Proposer un **formalisme** pour spécifier les règles d'adaptation facile à définir / corriger pour un informaticien, sans nécessité de modifier l'implémentation informatique du générateur, qui permettrait d'impliquer les experts métiers

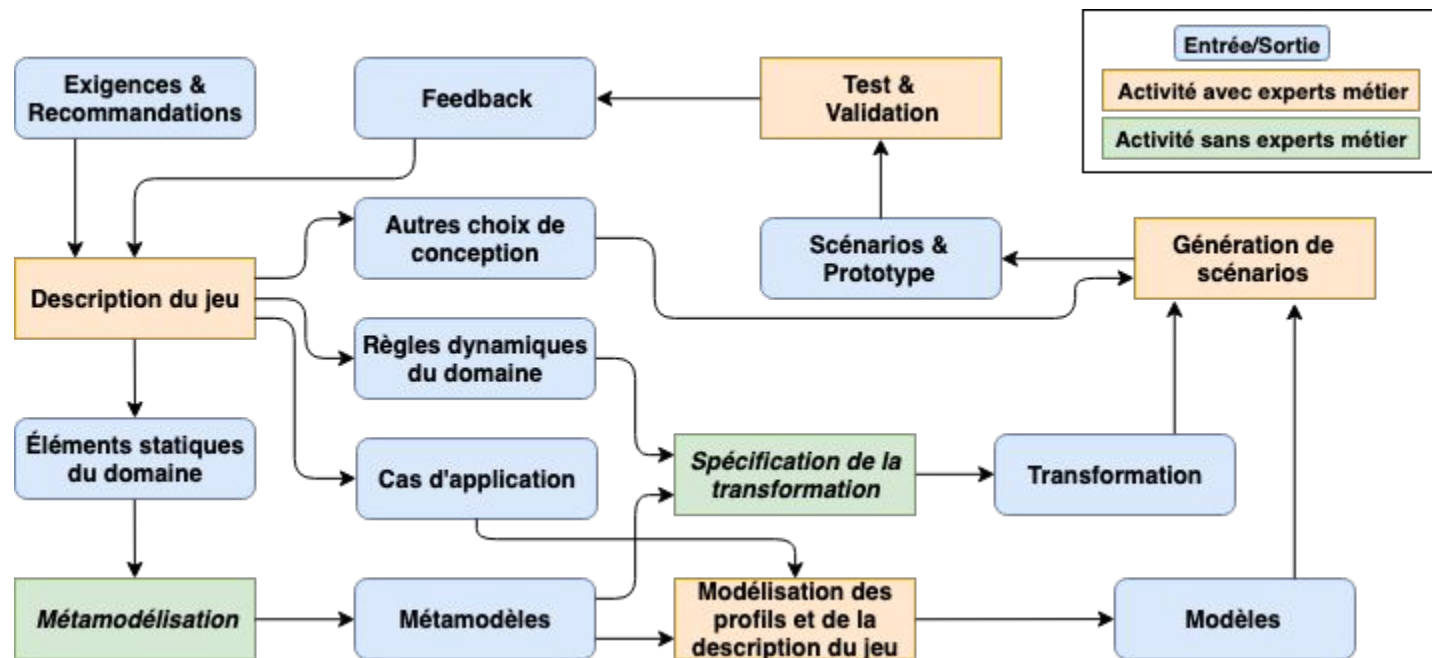
# Le futur du projet (le jeu d'apprentissage)

- **Expérimentations** du jeu d'apprentissage
  - Objectifs : collecter retours sur **utilité** et **utilisabilité** pour **amélioration du jeu** ET **révisions règles de génération**
  - Implication d'une **ergothérapeute** spécialisée autisme
- Ajout de **4 nouvelles scènes** jouables (actuellement 3 scènes)
  - Salon, salle de bain, jardin, garage
- Diffusion du jeu d'apprentissage
  - En interne de l'association Cocci'Bleue
  - Au près des associations de la fédération AFBPL et CRA PdL

# Génération de scénarios adaptés dans un jeu d'apprentissage selon une approche dirigée par les modèles

Pierre Laforcade, Youness Laghouaouta  
Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans, (LIUM)  
Equipe Ingénierie des EIAH (IEIAH)

# Processus de conception





# Justification pertinence de l'outil visé

- Sans outil
  - nécessite travail et temps avec thérapeute ou parents formés => coût
  - nécessite ressources physiques => coût
  - pas facilement accessible et disponible à l'enfant quand il le souhaite
- Avec outil
  - apprentissages réalisables n'importe où, n'importe quand
  - à l'initiative de l'enfant ou en de session de travail avec parent/thérapeute
  - peut servir à renforcer des apprentissages acquis en session de travail
  - peut servir à généraliser des apprentissages acquis en contexte

# Etat de l'art

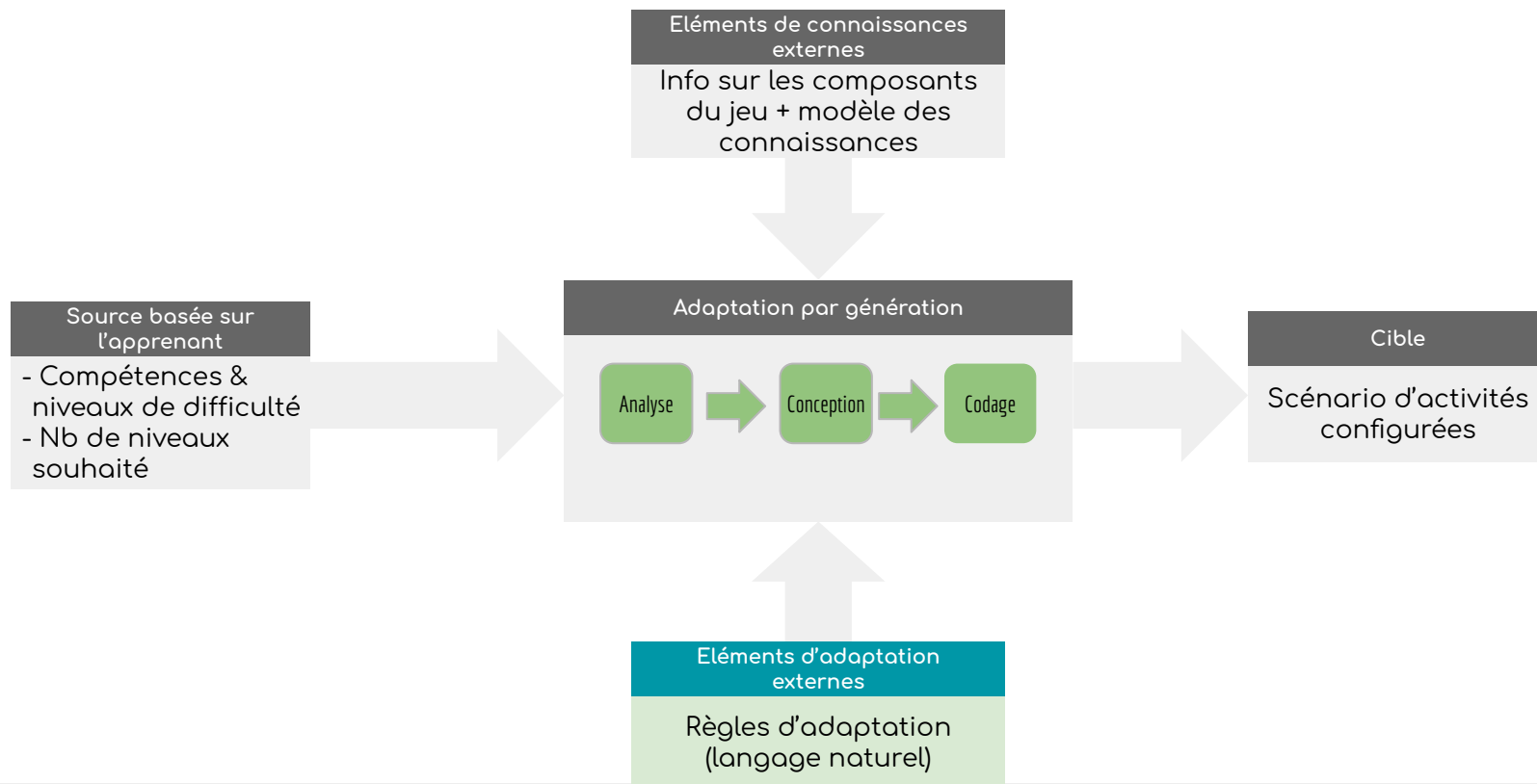
- Les jeux sérieux adaptatifs ont généralement des approches de conception *ad hoc* spécialisées dans lesquelles les composants du jeu sont ajustés pour favoriser l'apprentissage d'une compétence spécifique
  - **Absence d'un cadre de conception générique ou réutilisable**
- Les résultats de la recherche sur l'adaptation dépendent de
  - Les **cibles** : mécanique du jeu, IA, narration, contenu, etc.
  - Les **méthodes** : réseaux bayésiens, ontologies, réseaux de neurones, systèmes à base de règles, algorithmes procéduraux...

# Etat de l'art (2)

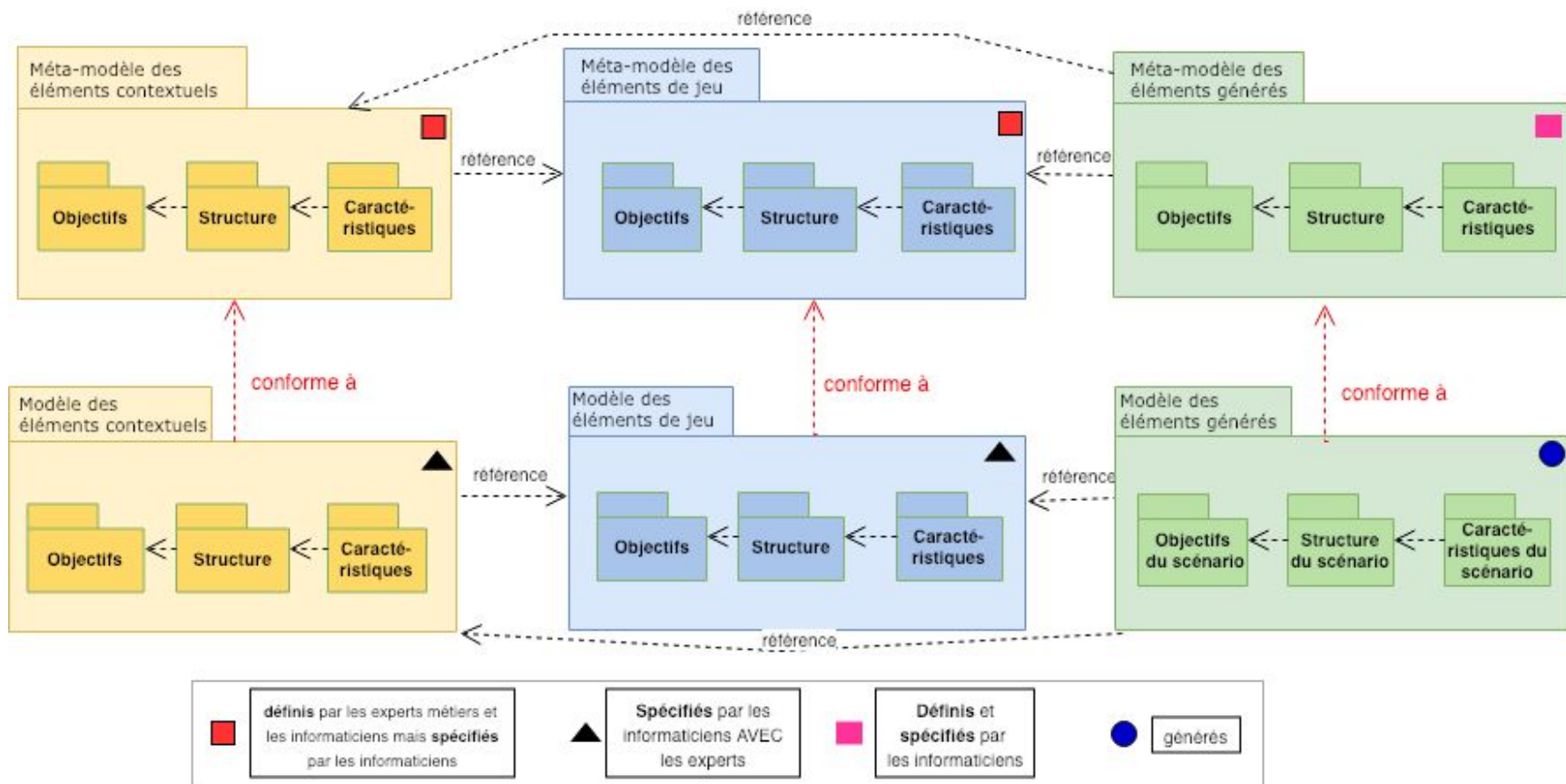
- Travaux de recherche similaires dans le projet CLES [Sehaba & Hussan, 13]
  - Une architecture générique (GOALS) pour la personnalisation d'un scénario de jeu sérieux en fonction des compétences de l'apprenant et des traces d'interaction
    - Architecture à 3 niveaux & processus de génération de 3 scénarios successifs : conceptuel, pédagogique et jeu sérieux
  - Focalisation sur les techniques d'adaptation du modèle d'apprenant basées sur les traces d'interaction [Hussaan and Sehaba, 2016]
    - Ne considère pas la définition des composants du jeu, les règles de génération, ...
  - Implication des experts dans l'expression des exigences et la validation des scénarios générés
    - Pas d'implication dans la phase de conception

# Caractérisation de l'adaptation

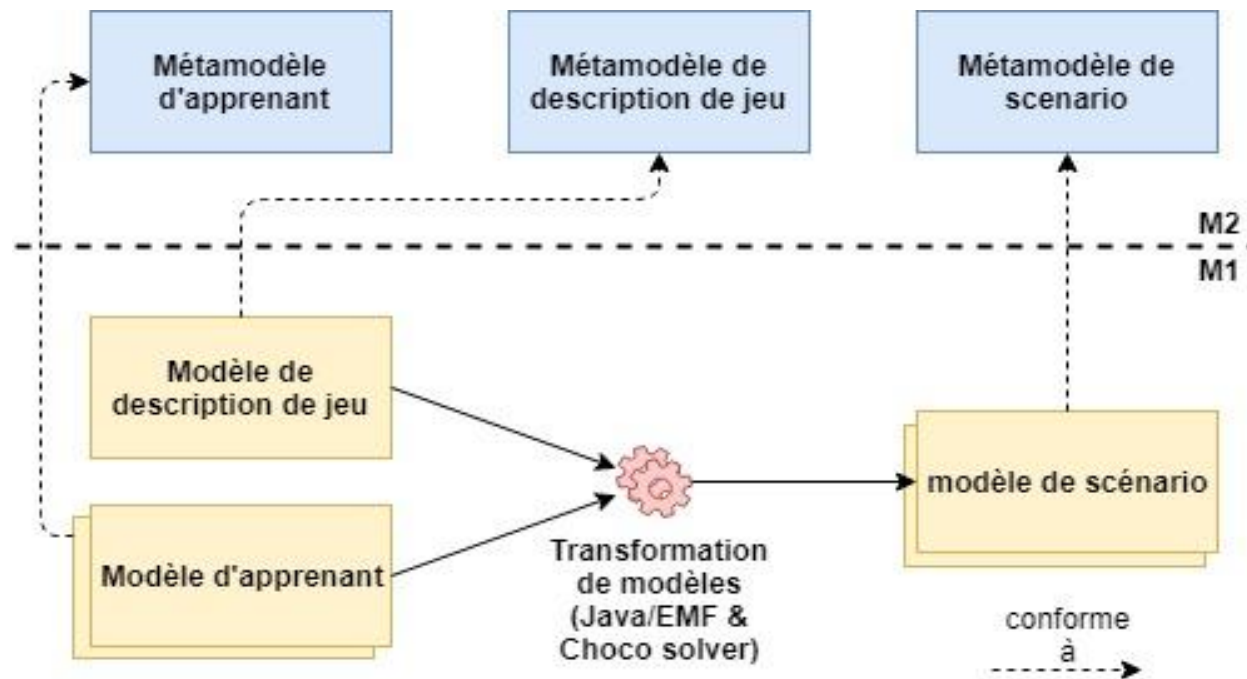
(dans le contexte d'application Escape It!)



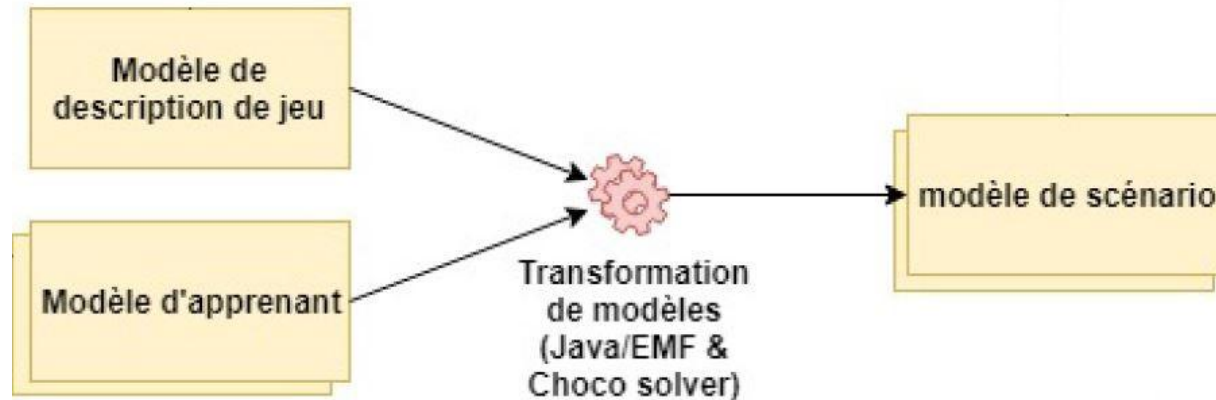
# Approche de conception



# Génération des scénarios adaptés



# Application : Spécification de la transformation



## Techniques

- *Java/EMF* pour implémenter la transformation de modèles
- *Choco solver* pour résoudre des problèmes de satisfaction de contraintes

## Exemple d'une règles de génération

- **SI**  $N$  (number of levels to generate from child profile) < **NBS** (nb of skills from game desc. model) **THEN** pick up randomly  $N$  different skills  
**ELSE** pick up randomly  $N$  different skills, when no more skills start again with initial set of skills

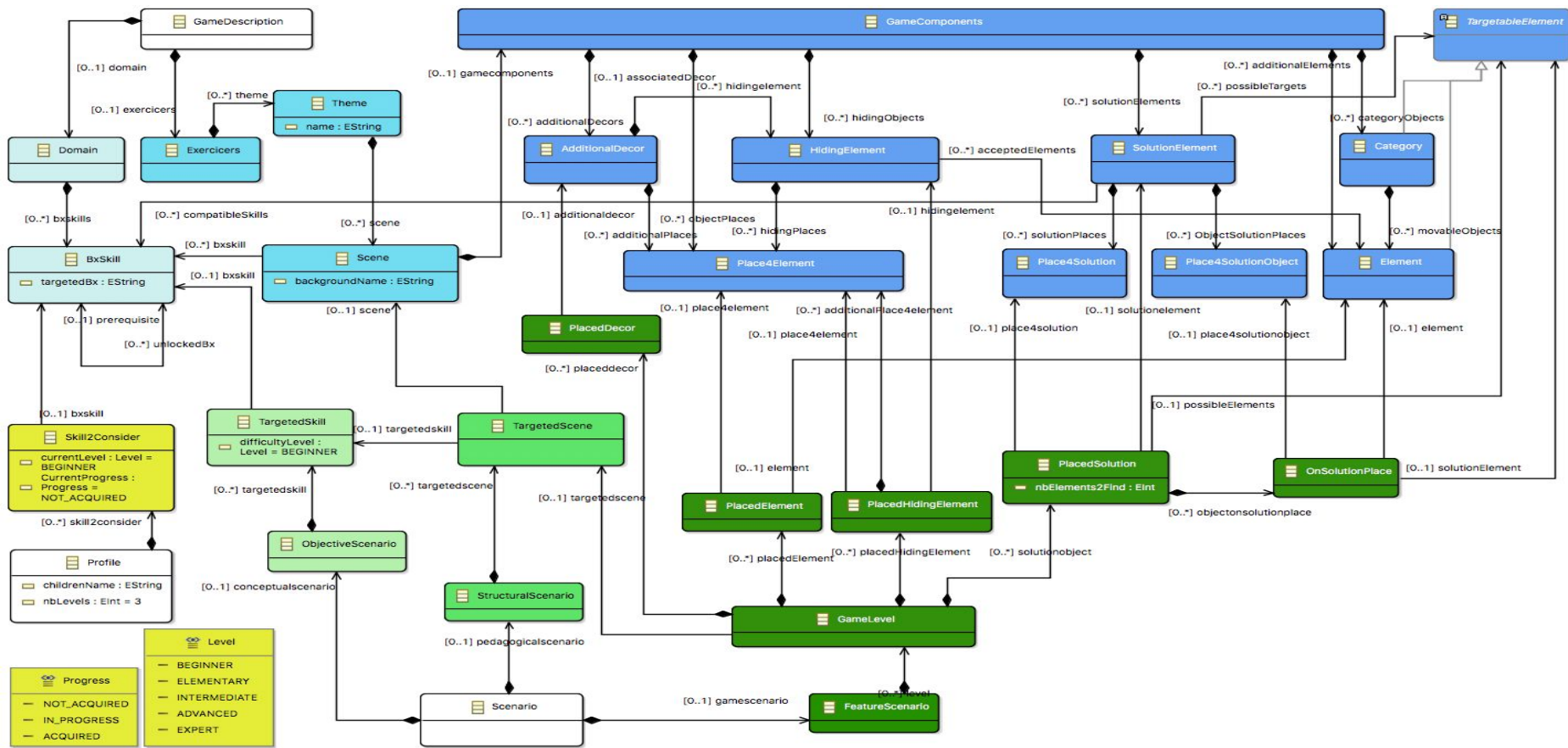
# Application: Analyse du jeu

## ■ Éléments enjeux pour la perspective des objectifs

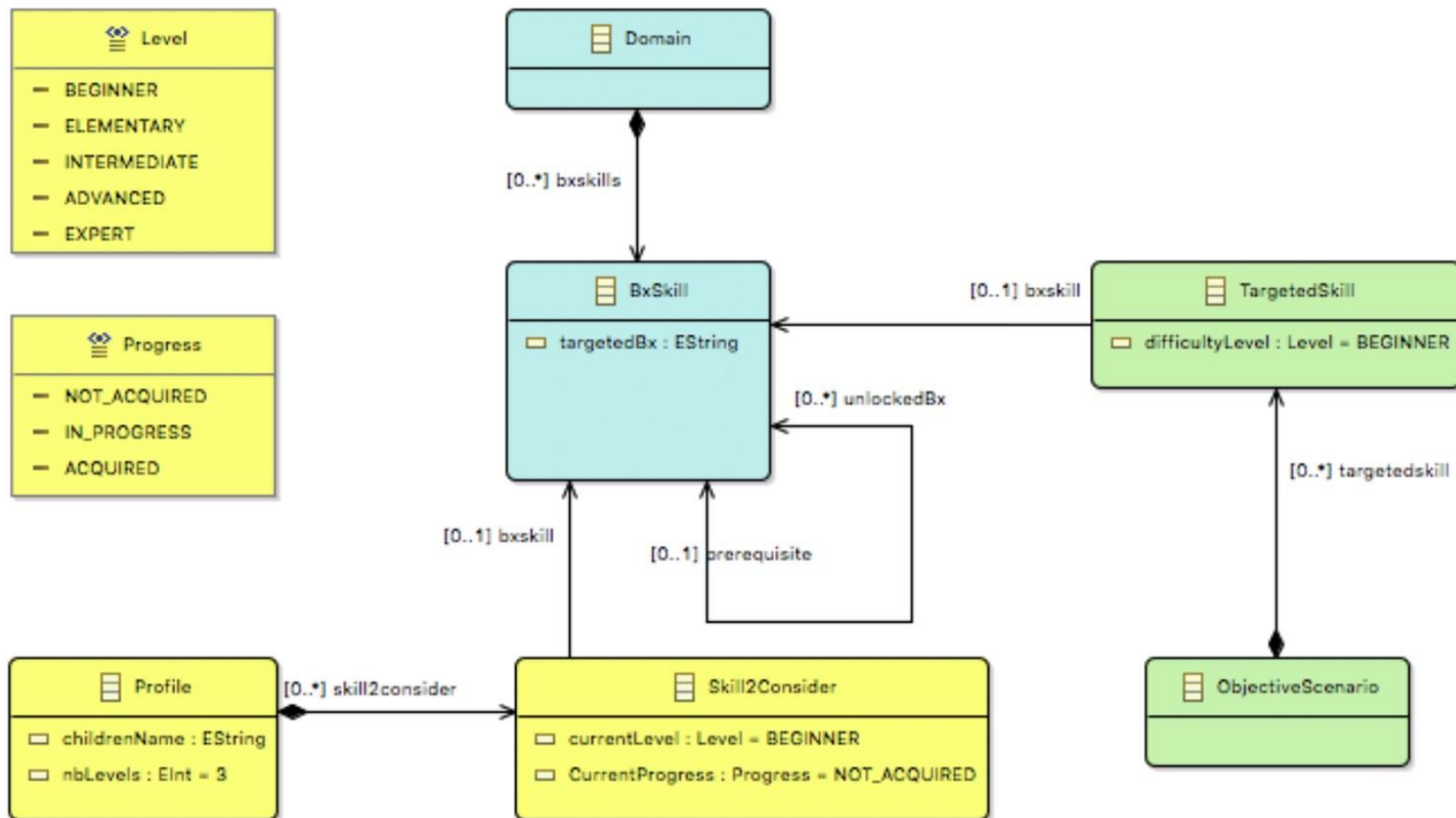
<b>Éléments à générer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- les <b>N</b> compétences (ordonnées) à viser par chacun des <b>N</b> niveaux de la session de jeu</li><li>- le niveau de difficulté pour chacune de ces compétences</li></ul>
<b>Éléments contextuels</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- nombre de niveaux à générer <b>N</b> (choisis par l'apprenant, entre 3 et 5)</li><li>- les compétences concernées par l'enfant (certaines sont peut-être à exclure)</li><li>- pour chaque compétence concernée : niveau de difficulté actuel et progression dans la difficulté courante</li></ul>
<b>Éléments descriptifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- l'arbre des compétences visuelles, par lien de pré-requis</li><li>- les 5 niveaux de difficulté (<i>débutant</i>, <i>élémentaire</i>, <i>intermédiaire</i>, <i>avancé</i>, <i>expert</i>)</li></ul>
<b>Règles de génération et d'adaptation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- une compétence <i>éligible</i> pour le générateur est une compétence concernée et non déjà acquise dont les pré-requis ont au moins atteint le niveau de difficulté <i>intermédiaire</i></li><li>- le niveau de difficulté pour la compétence sélectionnée est identique à celui du profil</li><li>- la sélection des <b>N</b> compétences se fait au hasard parmi les <b>M</b> éligibles ; si <math>M &lt; N</math> alors la sélection des <b>(N-M)</b> restants recommencent parmi les <b>M</b> éligibles.</li></ul>



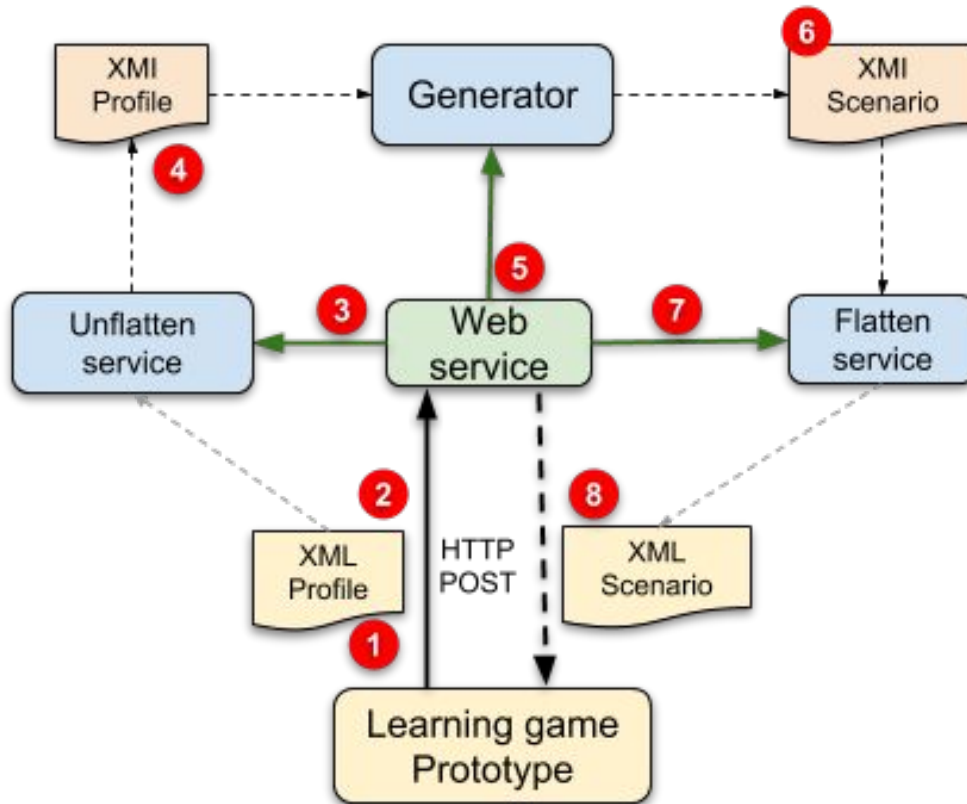
# Application : Métamodélisation



# Application : Métamodélisation



# Application: Génération de scénarios



# Génération des scénarios adaptés : caractéristiques

- **En ligne**
  - le scénario est généré pendant l'exécution du jeu
- **Nécessaire**
  - le contenu généré doit être correct
- **Paramétrée**
  - le générateur connaît les informations décrivant le jeu sous forme de modèle en entrée
- **Stochastiques**
  - le hasard est utilisé pour départager des choix non couverts par une règle métier
- **Constructive**
  - l'algorithme du générateur ne produit jamais de contenu incohérent ou incomplet.

# Exemples de modifications sur les règles d'adaptation

- Règle initialement prévue qui a été **supprimée**
  - La règle du **80/20** (80% de compétences déjà maîtrisées + 20 % compétences en cours)
  - Ne pouvait pas être satisfaite dans tous les cas à cause du niveau de difficulté croissant
- Règles ayant **émergées**
  - Choix des scènes de jeu
    - Si possible toutes différentes mais d'un même thème (exemples : maison, école, ...)
    - Sinon toutes du même thème mais 2 scènes consécutives différentes
    - Sinon toutes les scènes sont différentes (quelque soit le thème)
    - Sinon 2 scènes successives doivent au moins être différentes
- Règles ayant été **ajustées**
  - **Min / max** des objets à trouver **par compétence et par niveau de difficulté** => les scènes compatibles avec ces compétences doivent avoir un nombre suffisant MAX d'objets

# Défis

Comment aider la conception d'un générateur de scénarios adaptés aux profils des apprenants tout en considérant les connaissances sur les composants du jeu ?

D1

Comment **expliciter** et **bien définir** les éléments du domaine (connaissances du jeu, modèle d'apprenant) et les règles de génération ?

D2

Comment exploiter ces informations pour **dériver la génération** des scénarios d'apprentissage adaptés ?

D3

Comment **impliquer les experts du domaine** dans la conception / validation du générateur ?

# Retour sur les défis

Comment aider la conception d'un générateur de scénarios adaptés aux profils des apprenants tout en considérant les connaissances sur les composants du jeu ?

D1

Comment **expliciter** et **bien définir les éléments du domaine** (connaissances du jeu, modèle d'apprenant) et **les règles de génération** ?

D2

Comment **exploiter ces informations pour dériver la génération** des scénarios d'apprentissage adaptés ?

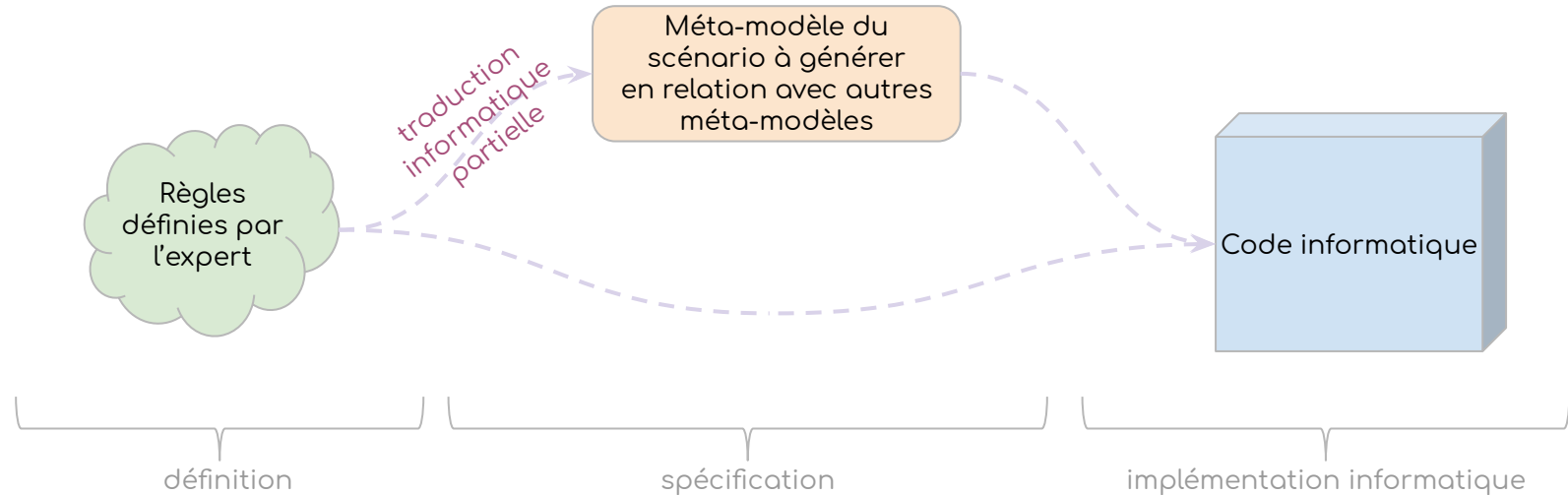
*sauf les règles  
d'adaptation*

D3

Comment **impliquer les experts du domaine** dans la conception / validation du générateur ?

*à améliorer*

# Problème 1 - implémentation des règles de génération



=> il n'est **pas possible** de tester / simuler / valider une **nouvelle règle** lors d'une **même session** de conception entre experts et informaticiens **à cause du temps de mise en oeuvre**



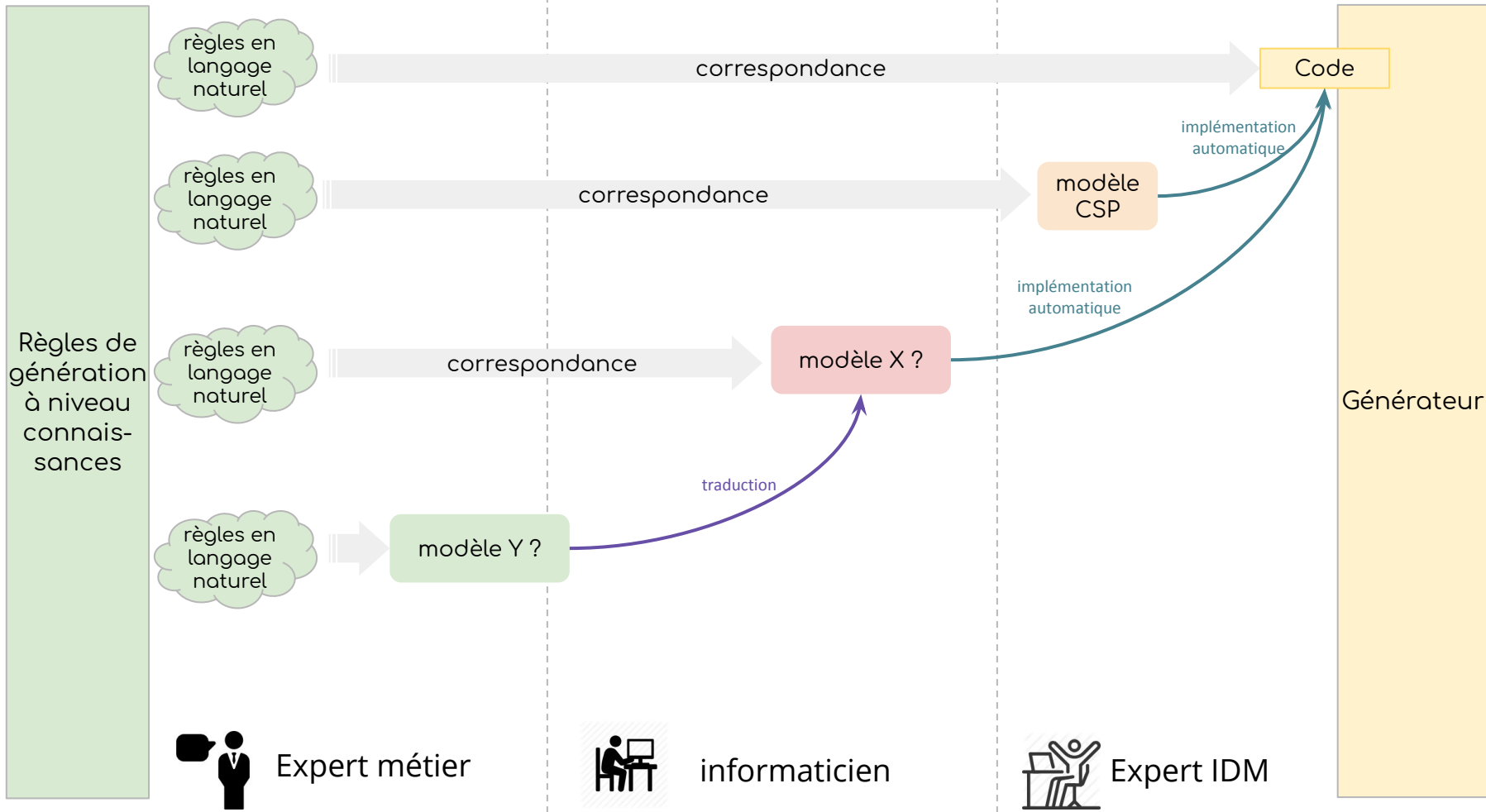
# Question de recherche actuelle

- Existe-t'il ou est-il possible de proposer un **formalisme** pour spécifier informatiquement les règles d'adaptation qui serait
  - **facile à définir / corriger** (pour un informaticien peu ou non expert en IDM)
  - **sans nécessité de modifier l'implémentation** informatique du générateur

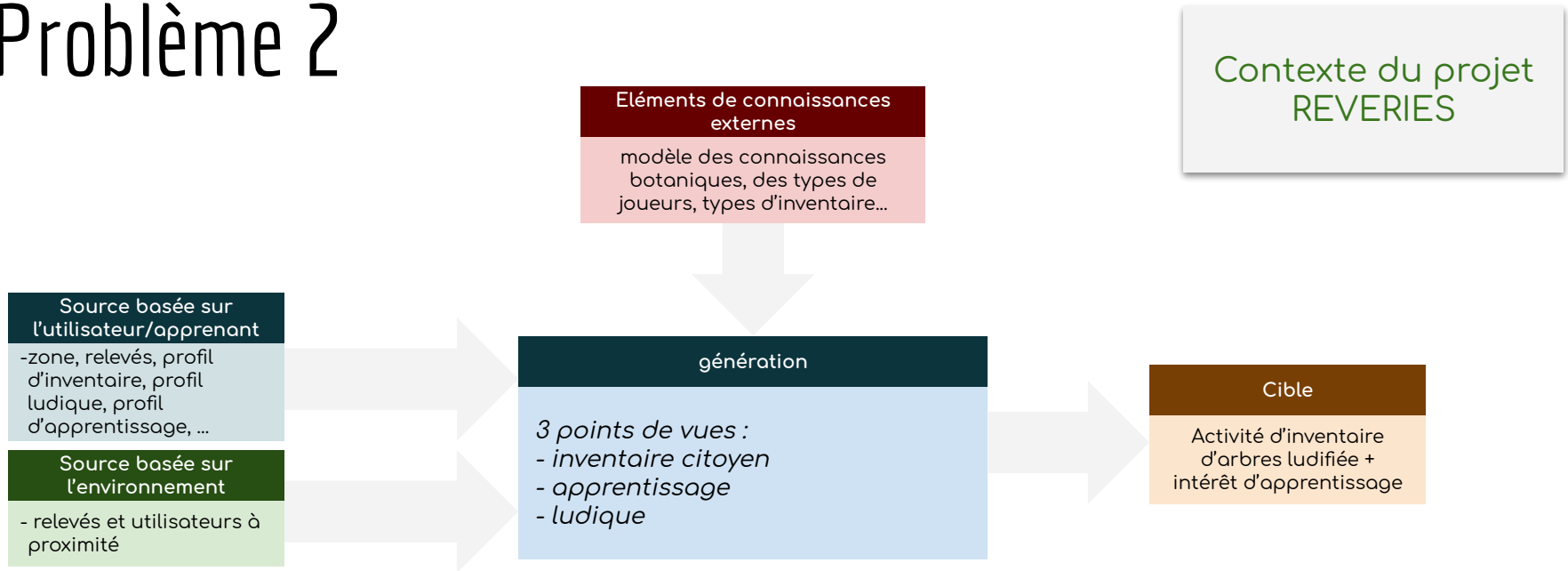
... et qui permettrait

- **au moins** d'**impliquer les experts** en collaboration
- **au mieux** de leur permettre de **définir les règles**





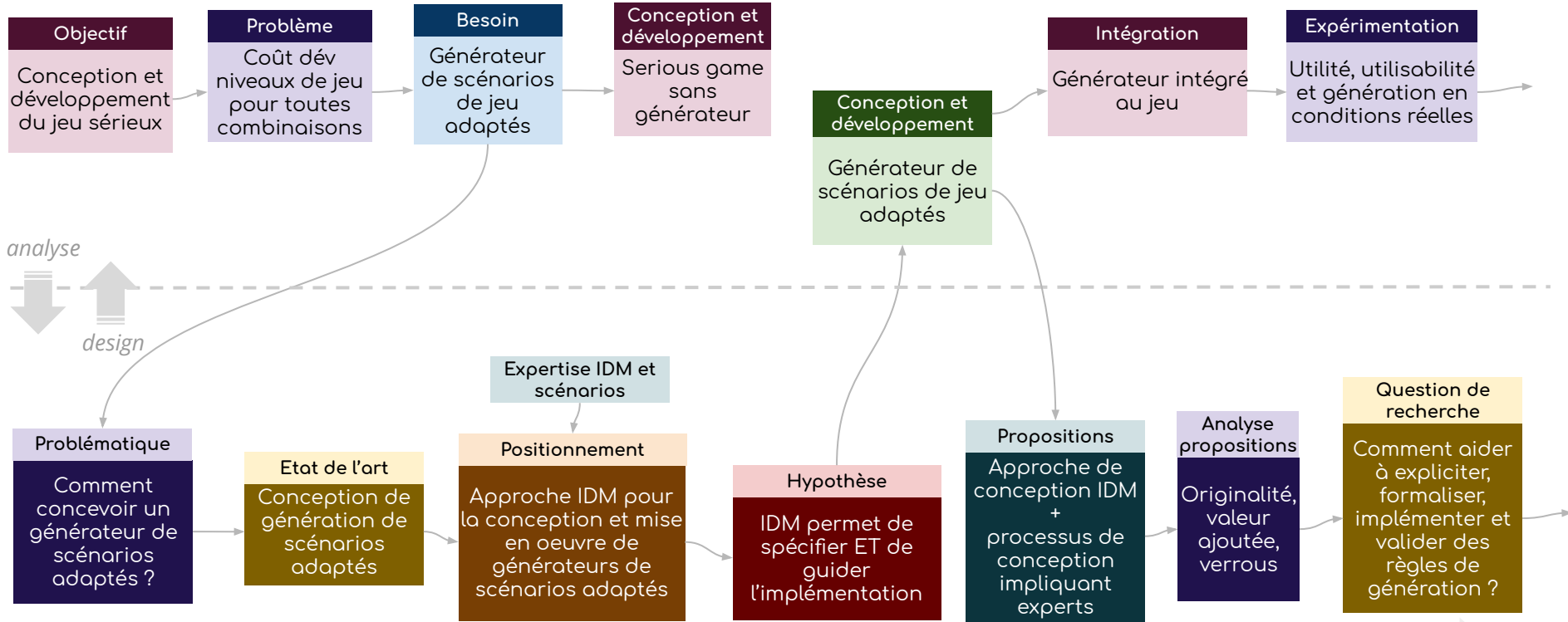
# Problème 2



=> l'approche n'est **pas adaptée** pour la conception d'un générateur lorsqu'il y a **plusieurs points de vue à concilier**

# Méthode

## Projet Escape it!





# Vue d'ensemble de l'expérimentation 1

- Objectif
  - mesurer de manière **qualitative** l'utilité et l'utilisabilité du jeu auprès de couples **<parent, enfant>**
  - avoir des retours sur les caractères adaptés et adaptables de l'outil
- Protocole
  - Pré-questionnaire pour informations générales avec parent
  - Configuration du profil des compétences avec parent
  - Présentation du jeu pour expliquer le fonctionnement à <parent, enfant> ou à parent seul ?
  - Session de jeu observée
  - Post-questionnaires avec parent
  - Débrief/entretien pour collecter précisions complémentaires au questionnaire
- Plusieurs <parent, enfant> à la suite

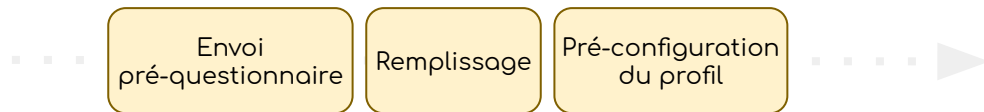


# Echantillonnage

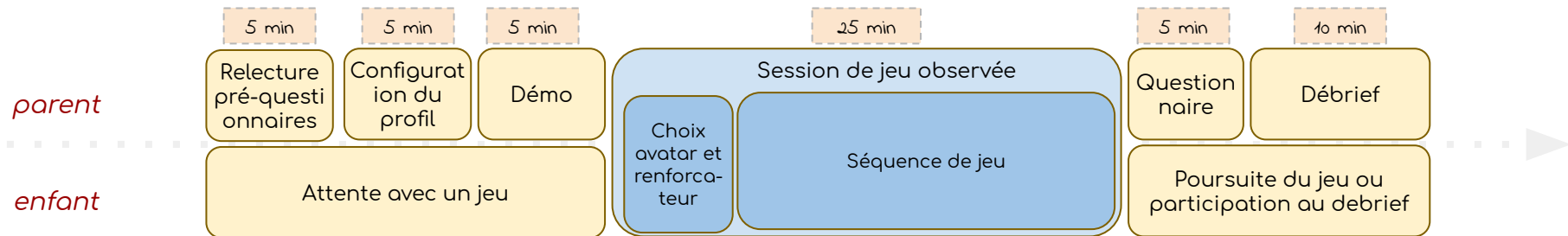
- Enfants autistes cible privilégiée
  - pré-requis
    - drag'n drop acquis
    - pointage
  - Ayant compétences visuelles à développer
- Autres enfants
  - enfants TSA spectre large (haut niveau, Asperger, sévère ?)
  - enfants avec troubles des apprentissages ( enfants DYS, TDAH) i.e. sans DI

# Organisation par <parent, enfant>

- 1 semaine avant

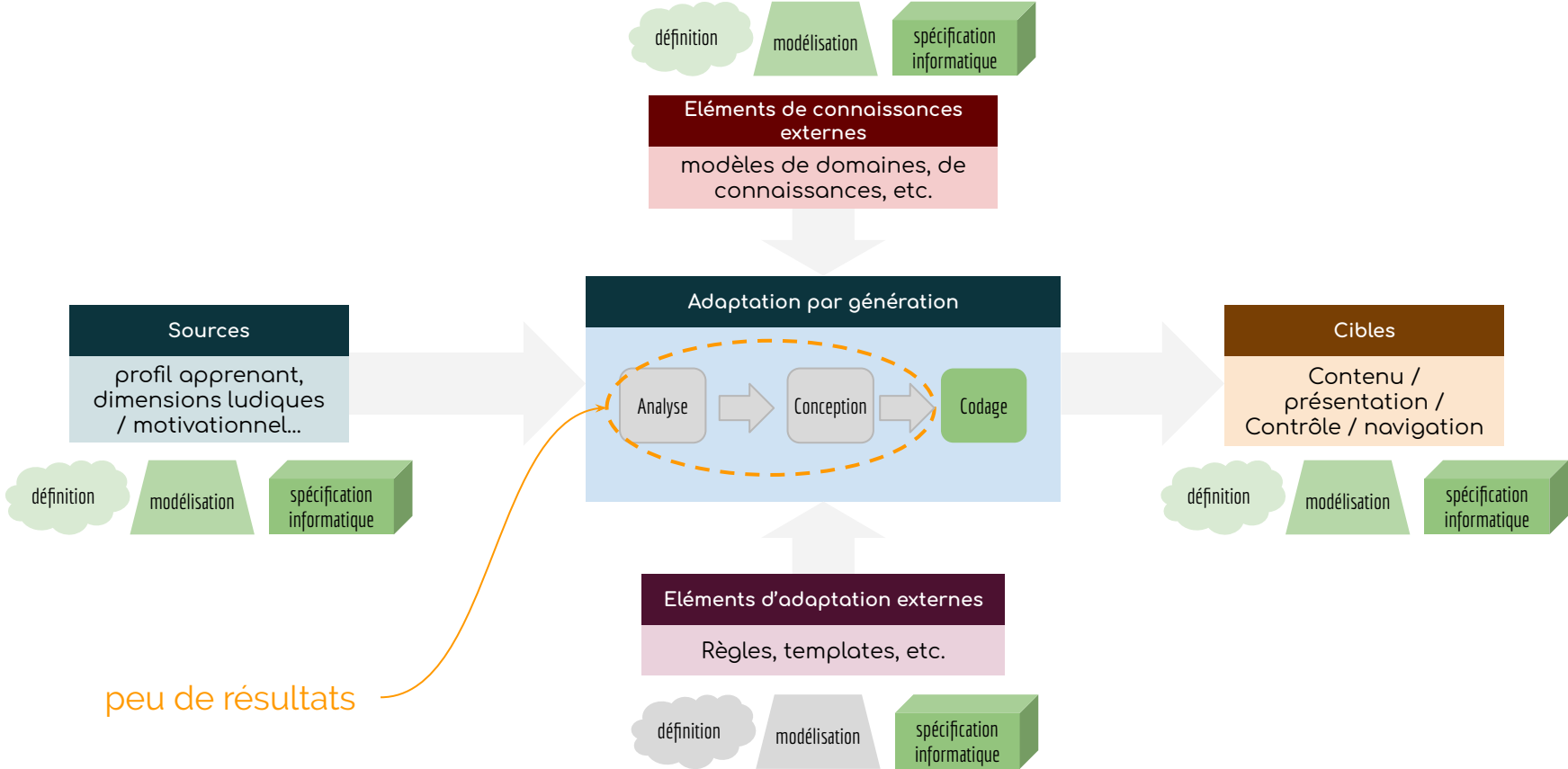


- Session d'1 heure



marge de sécurité de 5 min par <parent, enfant>

# Bilan état de l'art





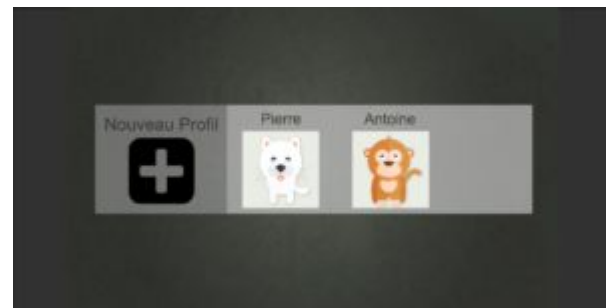
# Perspectives

- Proposer un formalisme pour spécifier informatiquement les règles d'adaptation
  - facile à définir / corriger (pour un informaticien peu ou non expert en IDM)
  - sans nécessité de modifier l'implémentation informatique du générateur
  - ... et qui permettrait
    - au moins d'impliquer les experts en collaboration
    - au mieux de leur permettre de définir les règles
- Améliorer l'approche de génération pour prendre en compte plusieurs points de vue sur le scénario adapté à générer

# Le jeu sérieux *Escape it!*

- Déroutement

- a. Choix du joueur



- b. Écran d'accueil : lancer une partie



- c. Choix du nombre de niveaux



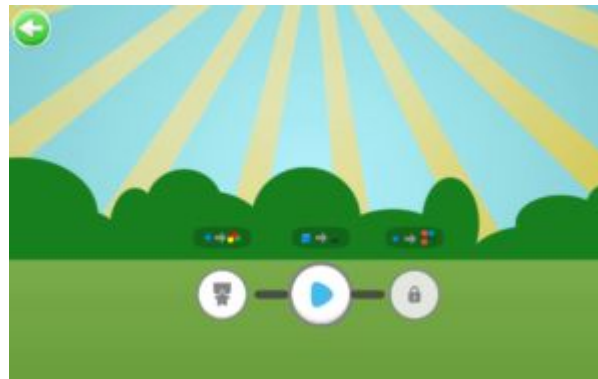
# Le jeu sérieux *Escape it!*

- Déroulement (*suite*)

- d. Génération du scénario



- e. Vue de la progression



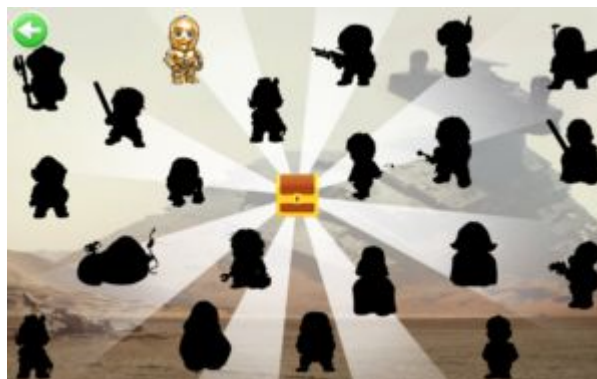
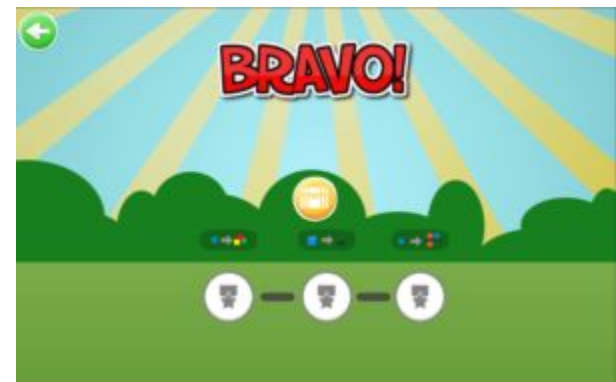
- f. Premier niveau



# Le jeu sérieux *Escape it!*

- Dérroulement (*suite*)

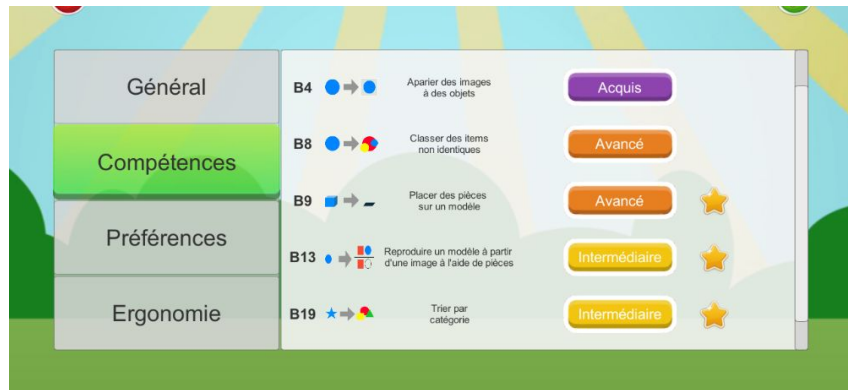
- d. Le superviseur récupère la tablette (protection éventuelle par `code`) et quote la résolution avec ou sans aide
- e. Niveau suivant
- ...
- f. Fin de partie
- g. Renforceur



# Le jeu en détail

## ● Compétences visées

- les performances visuelles (catégorie B de l'ABLLS-R)
- celles "compatibles" avec l'approche mobile et tactile
  - B3 Appairer des objets à des objets identiques
  - B4 Appairer des objets à des images
  - B8 Classer des items non identiques
  - B9 Placer des pièces sur un modèle
  - B12 Reproduire un modèle à partir d'une image à l'aide de pièces
  - B19 Trier par catégorie
  - B25 Sériation



# Le jeu en détail

- Les scènes de jeu

- Thème maison

- scène chambre enfant
- scène chambre enfant 2
- scène cuisine
- scène salon (en cours d'intégration)

