



**HAL**  
open science

## Le rôle du jeu dans les transitions écologiques

Sam Mellier

► **To cite this version:**

| Sam Mellier. Le rôle du jeu dans les transitions écologiques. Informatique [cs]. 2024. hal-04867581

**HAL Id: hal-04867581**

**<https://inria.hal.science/hal-04867581v1>**

Submitted on 6 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# Le rôle du jeu dans les transitions écologiques

Mémoire pour l'Institut d'Etudes Politiques de Grenoble

Tutrice, tuteurs et encadrant:  
Mathilde BOISSIER (INRIA - STEEP)  
Peter STURM (INRIA - STEEP)  
Serge FENET (INRIA - STEEP)  
Florent GOUGOU (IEP - Encadrant)

## Résumé:

Un jeu c'est amusant, c'est captivant, c'est pour rire. Les transitions écologiques sont parmi les grandes angoisses de ma génération. Le jeu est-il comme un café avant de dormir ou comme une soupe en hiver? Depuis quelques années, il y a une tendance à utiliser cet outil pour explorer et faire progresser les transitions. *Comment le jeu peut-il servir les transitions écologiques?* Je vais proposer des réponses en m'appuyant sur la littérature scientifique de plusieurs disciplines. Je vais également comparer des jeux et analyser des entretiens. Je proposerais des pistes sur la création de jeux sérieux et discuterais des obstacles à l'automatisation du processus. L'objectif principal est d'avoir une vue d'ensemble sur ce sujet.

Je commence par comparer des grilles d'analyse des jeux, des définitions, des grammaires, des méthodes de conception. Cette partie permet de choisir un cadre adapté et de comprendre la théorie pour les jeux dans les transitions. Puis, face à la pluralité d'approches possibles, j'ai choisi d'étudier plus spécifiquement certaines facettes. Enfin, je me suis concentré sur l'évaluation des jeux, leurs limites et leur impact, et j'ai voulu étudier les limites de la fresque du climat.

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Table des matières</b> .....                                   | <b>2</b>  |
| <b>Introduction</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Partie I - Le jeu et son utilité</b> .....                     | <b>5</b>  |
| Définition et caractéristiques du jeu.....                        | 5         |
| Les jeux sérieux.....   | 7         |
| Théorie liant divertissement et éducation.....                    | 8         |
| Les trois approches de l'entertainment-education.....             | 9         |
| La simulation participative, un type de jeu sérieux.....          | 12        |
| Développement de compétences sociales par les jeux de rôle.....   | 12        |
| <b>Partie II - Structure et conception des jeux sérieux</b> ..... | <b>14</b> |
| Analyses des méthodes de design.....                              | 14        |
| Structures des mécaniques de jeu.....                             | 19        |
| Le débriefing.....  | 22        |
| Équilibrage des jeux.....   | 24        |
| Difficulté et flexibilité des jeux.....                           | 24        |
| Points commun des jeux et règles d'équilibrage.....               | 26        |
| Automatisation de l'équilibrage des jeux.....                     | 27        |
| Passer d'un Nexus à des mécaniques de jeu.....                    | 28        |
| Perception des joueurs.....                                       | 35        |
| Valeurs, récits et relations de domination.....                   | 36        |
| <b>Partie III - Evaluation de l'impact des jeux sérieux</b> ..... | <b>38</b> |
| Evaluation des jeux sérieux.....                                  | 38        |
| Etude de cas: La Fresque du Climat.....                           | 40        |
| Evaluation des limites de la fresque du climat.....               | 41        |
| Résultats et discussion.....                                      | 42        |
| <b>Conclusion</b> .....   | <b>43</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>Liste des Figures</b> .....                                    | <b>47</b> |
| <b>Annexes</b> .....  | <b>48</b> |

# Introduction

Les transitions écologiques sont tous les passages possibles de l'état déséquilibré actuel de la Terre à un système plus stable. Ce déséquilibre est dû à un grand nombre de facteurs dont le facteur humain. Cette certitude vient du sixième rapport du GIEC: "Human-induced climate change [...] has caused widespread adverse impacts and related losses and damages to nature and people, beyond natural climate variability". Mais le changement climatique n'est pas le seul problème dans les questions écologiques. Les limites planétaires sont elles aussi mises à mal (Richardson et al., 2023), les questions de plancher social, de répartition des ressources et des pouvoirs sont aussi au centre de ces transitions (IPCC, 2023; Oxfam, 2024). Malgré les efforts déjà investis dans les luttes sociales et écologiques, nos sociétés sont plus lentes à changer que le système à s'emballer. Il faut donc adopter d'autres moyens pour changer.

Il existe une palette très large d'actions possibles sur nos sociétés pour résoudre des problèmes, mais aucune n'est une solution providentielle. Il nous faut étudier les caractéristiques de chaque piste pour savoir dans quel contexte les utiliser, comment les mettre en place et quelle est leur efficacité. Un des outils qui pourrait servir ce but est le jeu sérieux. Dans la recherche académique, il y a un intérêt depuis une vingtaine d'années (Gurbuz et Celik, 2022) pour ce moyen qui permet notamment d'instruire et d'intéresser. Dans le monde associatif, il existe quelques jeux qui prennent de l'ampleur. Par exemple, la fresque du climat a impliqué plus de 1,7 millions de personnes à travers le monde de sa création à aujourd'hui<sup>1</sup>.

Les jeux sont des activités courantes et amusantes qui prennent souvent toute l'attention des joueurs. Quel est le lien entre les points forts de cette activité et nos besoins pour accélérer les transitions écologiques? Il faut aussi trouver leurs points faibles et étudier leur incompatibilité avec les enjeux de transition. *Le jeu peut-il servir les transitions écologiques?* Je veux montrer que le jeu peut rendre les transitions plus attrayantes et être utilisé comme moyen de penser, s'entraîner et mettre en place des actions dans les transitions écologiques. Il permet de discuter de sujets anxigènes ou délaissés avec intérêt et sans culpabiliser les participants<sup>2</sup>. Dans la recherche académique, le jeu peut faire le travail de vulgarisation et de communication vers la société civile (Boissier et al., 2023, Borthomieu et al., 2022). Ce point est une de mes motivations car je suis attaché à la recherche mais aussi à sa communication.

---

<sup>1</sup> Information sur le site internet de La Fresque Du Climat: <https://fresqueduclimat.org>

<sup>2</sup> "responsabiliser (sans culpabiliser)" sur le site de l'atelier 2tonnes: <https://www.2tonnes.org/a-propos>

Pour la transmission de savoirs et l'éducation, les jeux peuvent être des moyens de garder l'attention des étudiants ou d'intéresser de nouveaux publics (Haring, 2011, preprint). Le jeu a beaucoup d'applications, peut servir de multiples objectifs. Je veux démêler tous ces aspects le long de ce mémoire. La structure finale est en trois parties.

Mon premier pas est de définir le jeu et chercher des formes proches qui sont utilisées dans les transitions écologiques. Je vais voir quel type de jeux sert à quelles fins. Pour comprendre les enjeux des jeux sérieux, il y a plusieurs options d'approche. Est-ce que l'on doit partir des transitions pour aller vers le jeu, doit-on faire l'inverse ou les deux en même temps? Certaines réponses sont dans la littérature et résumées dans la première partie.

Dans la deuxième partie, j'irais dans le détail en étudiant certains aspects des jeux. Les aspects qui me semblent importants pour sortir de la théorie et étudier du concret, ou confronter la théorie au réel. Je m'intéresse aux méthodes de conception des jeux, à leur équilibrage, au débriefing des jeux sérieux, aux liens avec la réalité ou encore aux joueuses et joueurs.

Enfin, je me concentre sur l'évaluation des jeux car il faut mesurer les effets de nos outils quand ils sont mesurables ou construire les méthodes pour les rendre mesurables. Cela sert à améliorer l'outil et à le comparer aux autres. Dans cette partie j'étudie un exemple connu: la fresque du climat et j'ai choisi de faire des entretiens avec des facilitateurs de cet atelier.

# Partie I - Le jeu et son utilité

## Définition et caractéristiques du jeu

Qu'est-ce qu'un jeu? Ludwig Wittgenstein a montré qu'il est impossible de donner une définition simple du terme de « jeu », bien que chacun d'entre nous soit capable d'en reconnaître un lorsqu'il en voit (Becu, 2020). D'autre part, Gilles Brougère commence par rappeler qu'il existe trois niveaux d'usage dans la langue française du terme "jeu" (Brougère 2017). Le jeu comme matériel (une carte de jeu, une boîte de Uno, ...), le jeu comme système d'action: les règles d'un jeu, les instructions d'une activité ludique (ce sens correspond à «Game» en anglais) et enfin le jeu comme activité, c'est-à-dire « Jouer ». Gilles Brougère réfute l'idée d'une définition unique de l'activité de jouer qui risquerait de cloisonner la pratique en excluant de nouvelles formes. Le jeu est un hybride entre un objet physique, un système de règles et une activité.

Pour parler de jeu, il existe des grilles d'analyse où placer chaque jeu. Le sociologue Roger Caillois, a publié en 1958 *Les jeux et les hommes* où il propose six caractéristiques qui font d'une activité un jeu:

1. Une participation libre: à laquelle le joueur ne saurait être obligé sans que le jeu perde aussitôt sa nature de divertissement attirant et joyeux ;
2. Une activité séparée: circonscrite dans des limites d'espace et de temps précises et fixées à l'avance;
3. Une issue incertaine: dont le déroulement ne saurait être déterminé ni le résultat acquis préalablement, une certaine latitude dans la nécessité d'inventer étant obligatoirement laissée à l'initiative du joueur ;
4. Une activité non productive: ne créant ni bien, ni richesse, ni élément nouveau d'aucune sorte ; et, sauf déplacement de propriété au sein du cercle des joueurs, aboutissant à une situation identique à celle du début de la partie;
5. Des règles communes: soumise à des conventions qui suspendent les lois ordinaires et qui instaurent momentanément une législation nouvelle, qui seule compte;
6. Une activité fictive: accompagnée d'une conscience spécifique de réalité seconde ou de franche irréalité par rapport à la vie courante.»

Un jeu serait une activité fictive et engageante grâce à sa ludicité. Il prend place dans un cadre spatio-temporel défini et les participants partagent des règles communes. J'ai croisé des points similaires dans mes recherches et on

peut étudier leurs différences avec deux autres modèles: *six pillars of engagement* (Garris et al., 2002) et le *pentagone de la ludicité* (Brougère, 2005, 2010). Voici ces deux cadres et comment ils sont reliés:

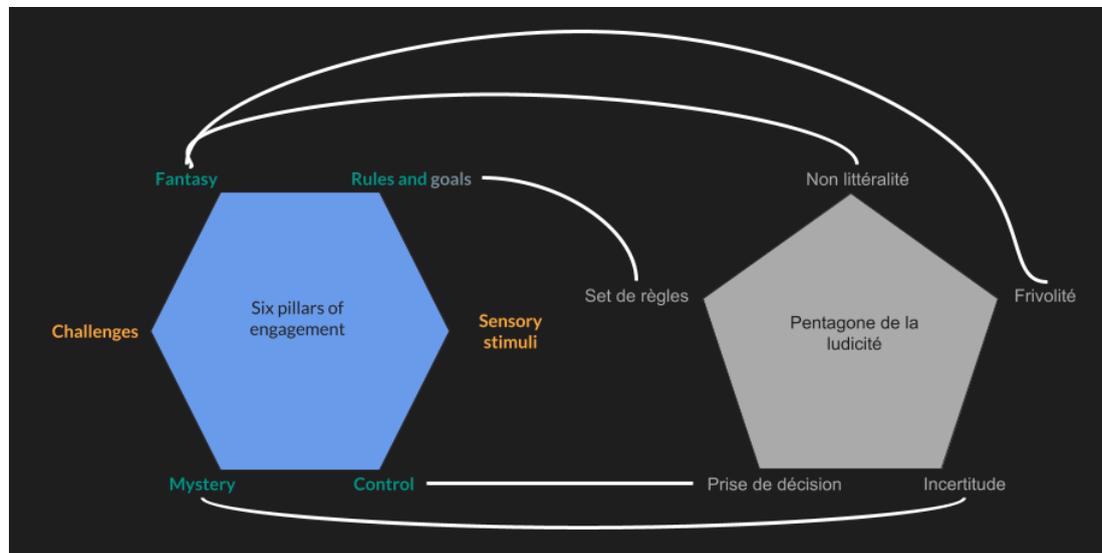


Figure 1 : Comparaison du pentagone de la ludicité et des six piliers de l'engagement

En comparant les trois modèles, certains aspects apparaissent communs et certains sont davantage des apports qu'un jeu devrait avoir pour être perfectionné. Tous les jeux ont un cadre de règles, une dimension de second degré par rapport à la réalité, une part d'incertitude sur le déroulé du jeu. Le contrôle et la prise de décision sont en partie ce qui sépare les jeux des films par exemple. Un film est non littéral avec la suspension d'incrédulité, il est incertain dans son déroulé. Selon Brougère, la prise de décision est même un des deux points qui fait l'essence d'un jeu avec la non-littéralité car c'est ce qui met en mouvement le joueur.

Tandis qu'il est préférable mais pas nécessaire pour un jeu d'avoir un objectif clair, une difficulté adaptée aux joueurs et des stimuli sensoriels pour captiver les participants.

J'ai comparé 20 jeux de société que je connais le plus en fonction de leurs caractéristiques. J'ai regardé leur matériel, leur aspect compétitif, semi-coopératif ou coopératif, leur objectif pour les joueurs, leur placement dans le pentagone de la ludicité et s'il y a de la simultanéité de jeu entre les joueurs. Cette analyse ne m'a rien montré de pertinent. Les seuls résultats sont que tous les jeux se situent sur le pentagone de la ludicité et qu'il y a une tendance pour les nouveaux jeux à avoir de la simultanéité.

L'aspect ludique et captivant est utilisé dans un certain type de jeux servant les transitions. Ces jeux capables d'aborder des sujets réels s'appellent les jeux sérieux.

## Les jeux sérieux

Le jeu sérieux (serious game) est un oxymore permettant de faire ressortir cet aspect ancré au réel d'un jeu censé par définition être non littéral. Les jeux sérieux sont les jeux ou dispositifs ludiques, dont la mission principale n'est pas que le divertissement. C'est un concept parapluie qui regroupe beaucoup de sous catégories. Les catégories courantes sont les suivantes<sup>3</sup>:

- jeux publicitaires
- ludo-éducatifs
- Edumarket games
- jeux engagés
- jeux d'entraînement et simulation

Les catégories ne sont pas hermétiques et il existe d'autres taxonomies pour parler des différents jeux comme les jeux de société, les jeux vidéos, les jeux de ressources, les jeux de rôle, ... Tous pouvant être adaptés en jeux sérieux. Chaque jeu peut être un hybride de plusieurs catégories.

La majorité des jeux sérieux ont une structure commune et un facilitateur ou formateur qui accompagne le jeu. Un jeu sérieux commence par un briefing des règles et du jeu et du cadre, puis une phase de jeu et enfin un débriefing. Cette structure permet de créer le lien entre non-littéralité du jeu et réalité. Une séance de jeu sérieux peut être composée de plusieurs jeux différents ou de répétitions d'un jeu. Dans ce cas, cette structure peut être répétée plusieurs fois (Becu, 2020). Il est possible de considérer les itérations ou différents jeux comme un seul jeu, avec un briefing au début et un débriefing à la toute fin. Certains jeux éducatifs ou jeux avec un narratif spécifique n'ont pas cette structure, notamment certains jeux vidéo sérieux comme *Adibou* ou encore des jeux de société qui vise à apprendre des informations en second plan comme *Wingspan*.

Le jeu comme moyen de transmettre des savoirs, d'entraînement ou de développement de compétences s'inscrit dans le cadre de l'*entertainment-education*. Il est composé de trois paradigmes qui mènent à trois formes de jeux différentes.

---

<sup>3</sup> Page wikipédia des jeux sérieux: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu\\_s%C3%A9rieux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_s%C3%A9rieux)

## Théorie liant divertissement et éducation

L'éducation peut être l'objectif d'un concepteur de jeu sérieux et le divertissement un moyen de faciliter cette transmission de connaissances. Le divertissement va captiver l'attention du joueur et l'impliquer dans le jeu, c'est l'engagement. Il existe plusieurs niveaux d'engagement et l'objectif du concepteur va être d'atteindre le plus haut niveau possible.

|  |                             |  |
|--|-----------------------------|--|
| Engagement superficiel ou comportemental, provoqué par une motivation extrinsèque  | <b>Participer</b>           | Engagement par le fait de faire, de participer à l'activité  |
|  | <b>S'impliquer</b>          | Engagement par le fait de s'impliquer dans l'activité en étant attentif et en ayant une attitude positive (l'implication peut se produire sans qu'il y ait un intérêt personnel à s'impliquer)   |
| Engagement profond, motivé par un intérêt personnel et produisant une interaction psychologique profonde en rapport à l'expérience vécue | <b>Être captivé</b>         | Engagement par le fait d'être absorbé psychologiquement par l'activité. L'implication n'est plus superficielle mais cognitive (correspond au processus d'immersion et au concept de « flow »)  |
|  | <b>Émotionnel</b>           | Engagement émotionnel lié au fait de ressentir, lors de et par l'activité, des émotions fortes qui nous affectent au niveau affectif (émotion d'empathie, de colère, d'excitation, etc.)   |
|  | <b>Affiliation (social)</b> | Engagement social lié à l'identification et au sentiment d'appartenance de la personne à un groupe (l'engagement social est associé aussi à un engagement psychologique)   |
|  | <b>Incorporation</b>        | Engagement par le fait de se sentir être dans l'activité, faire partie intégrante de l'activité. Cet engagement plein engage le corps, l'intellect et l'état émotionnel de l'individu. L'immersion transporte l'individu et l'expérience le transforme |

Figure 2 : Type ou degré d'engagement dans l'apprentissage (bécu, 2020, adapté de whitton et Moseley 2014)

Un compromis apparaît dans ce raisonnement. Plus une activité a pour objectif de transmettre des savoirs, moins cette activité est amusante, moins elle va captiver l'attention des participants et moins les participants vont apprendre de l'activité. Mais d'un autre côté, plus une activité est divertissante, moins elle contient de savoir car elle est faite pour divertir et non apprendre. Ce raisonnement est la base de l'hypothèse du divertissement modéré dans le concept du divertissement-éducation. (Ritterfeld et Weber, 2005). Cette hypothèse nous donne un point d'équilibre où il y a une complexité appropriée de savoirs à transmettre et assez de divertissement pour captiver l'attention.

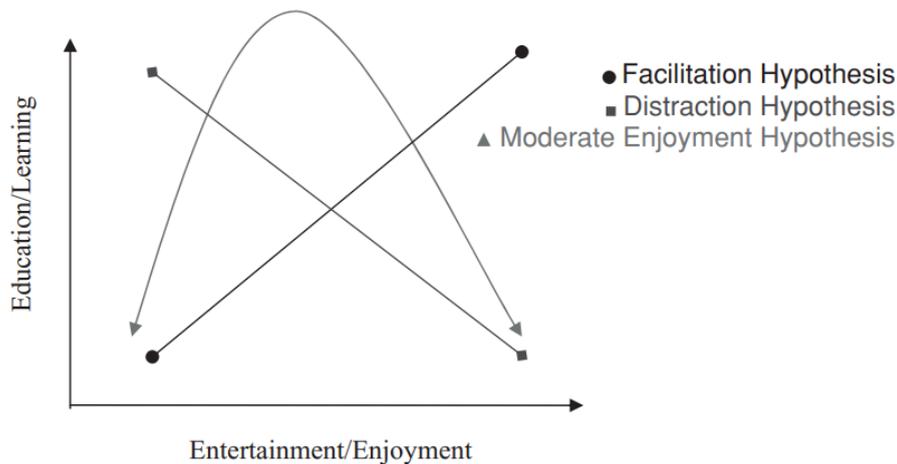


Figure 3 : Hypothèse centrale de l'entertainment-education

Selon certains papiers, cette hypothèse n'est pas encore assez étayée. Une méta-analyse des jeux sérieux décrit: "Several directions should be further developed, in particular, the study of the correlation between the pedagogical and entertainment level" (abdelali et al., 2016). De plus, le niveau approprié de divertissement va beaucoup dépendre de l'intérêt du participant pour le sujet. Si l'intérêt est élevé, il vaut mieux dispenser un cours, une conférence ou un documentaire. Même si ces activités sont moins interactives, elles sont plus simples à créer et contiennent une plus grande densité d'information. Si le participant est repoussé par le sujet, même un jeu sera inefficace pour transmettre des savoirs, ou alors avec un très haut niveau de divertissement (Haring, 2011 preprint).

Les jeux sérieux sont donc adaptés à un public neutre voire intéressé par le sujet. Il est séduisant en comparaison avec d'autres modes d'apprentissage mais reste moins séduisant qu'un jeu classique. Dans les cas où les jeux sérieux restent une option utile, il existe trois possibilités pour associer divertissement et éducation.

### Les trois approches de l'entertainment-education

Pour un public peu intéressé, il vaut mieux mettre le divertissement avant l'éducation, c'est le paradigme de l'engagement. Au contraire, si le public est intéressé, il vaut mieux mettre l'éducation avant le divertissement, c'est le paradigme de l'entraînement. Enfin, il est possible de lier les deux autrement, et de mettre les savoirs à transmettre dans les mécaniques du jeu, c'est le paradigme du mélange (Ritterfeld et Weber, 2005).

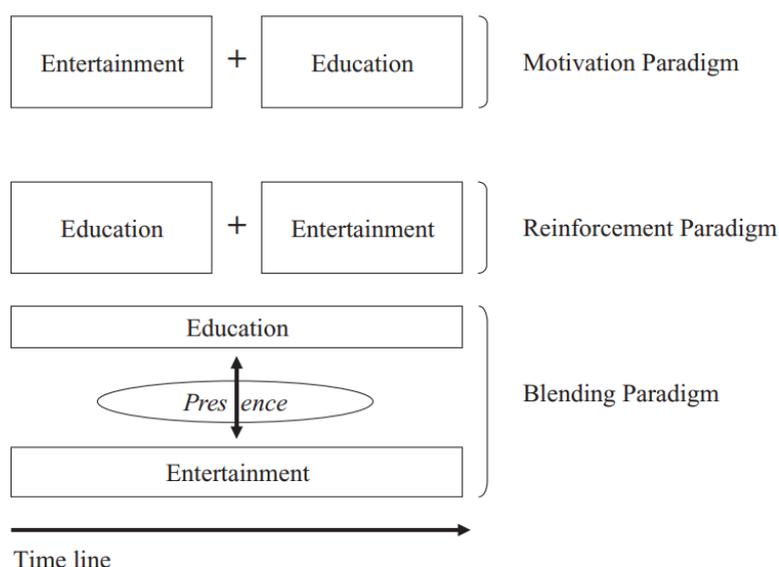


Figure 4 : Trois paradigmes de l'entertainment-education

Ces trois paradigmes aboutissent à des jeux différents et se sont montrés efficaces dans des domaines différents (Ritterfeld et Weber, 2005).

Le paradigme de l'engagement ajoute à un jeu classique des aspects sérieux. Par exemple, prenons un cours abordant beaucoup de nouvelles notions, il est possible de faire un *times up* en version jeu sérieux. Le but du *times up* est de faire deviner à son équipe un mot avec des moyens différents: une description, puis des mots clés et enfin un mime. La subtilité est que les mots qui, dans le jeu classique, sont choisis par les joueurs sont les nouvelles notions du cours. Ce type de jeu peut aussi être un jeu vidéo classique avec des liens "pour en savoir plus" qui informe le joueur s'il le désire. Cette approche a fait ses preuves en termes d'engagement et d'apprentissage pour la linguistique, l'éducation à la science et à la santé (Ritterfeld et Weber, 2005).

Le paradigme d'entraînement met des mécaniques de jeu dans l'apprentissage. Un exemple parmi ceux qui fonctionne le mieux est *Duolingo*. Cette application a pour but de faire apprendre différentes langues. Les exercices ressemblent à des exercices classiques de cours de langue, mais pour chaque bonne réponse, l'application donne une récompense virtuelle au joueur: de l'expérience, des objets, un son satisfaisant, des combos, ... Tous ces mécanismes activent le circuit de la récompense du joueur, ce qui pousse à rester concentrer et à avoir envie d'apprendre. Certaines études soulèvent cependant un point préoccupant. Sur le long terme, il serait possible que les individus déjà assez motivés à apprendre sans ces récompenses, pourraient avoir un baisse de motivation (Ritterfeld et Weber, 2005). Les résultats ne sont pas assez robustes pour l'affirmer selon l'étude.

Le paradigme du mélange entre éducation et divertissement est plus compliqué à mettre en place. Il demande de penser le jeu dès le début pour intégrer des mécanismes ludiques couplées avec les mécaniques du jeu représentant les concepts à apprendre. L'artéfact qu'est le jeu doit simuler la réalité tout en étant ludique. Le pari de ce paradigme est que le joueur va manipuler l'artéfact et apprendre par lui-même. Cette méthode permet de comprendre des problèmes plus complexes et de développer de nouvelles compétences (Ritterfeld et Weber, 2005).

Voici un tableau qui résume les spécificités de chaque paradigme (Ritterfeld et Weber, 2005):

|                               | <i>Role of Game Play</i> | <i>Focus of Motivation</i> | <i>Educational Goal</i> | <i>Goal Communication</i> | <i>Model of Learning</i> |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <i>Motivation Paradigm</i>    | Seduction                | Intrinsic                  | Allocation of Attention | Explicit                  | Either or                |
| <i>Reinforcement Paradigm</i> | Reward                   | Extrinsic                  | Practice                | Explicit                  | Intentional              |
| <i>Blending Paradigm</i>      | Simulation               | Intrinsic                  | Developmental tasks     | Implicit                  | Incidental               |

Figure 5 : Tableau de caractéristiques des paradigmes

Les méthodes les plus usitées de conception de serious game sont toutes inscrites dans un des trois paradigmes. 14 des méthodes principales ont été étudiées et rangées selon leur paradigme (Abdelali et al., 2016)

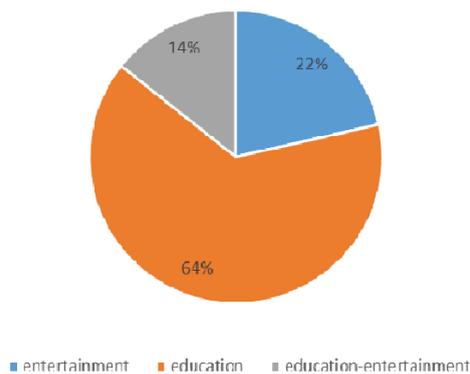


Figure 6 : Paradigmes des méthodes de conception

Ces résultats montrent que la plupart des méthodes de conception sont orientées vers de l'éducation. Cela ne veut pas dire que cette méthode est préférable, mais que la recherche s'y intéresse plus.

Il existe d'autres formes de jeux sérieux qui n'ont pas l'éducation comme objectif principal. Commençons par voir les simulations participatives.

## La simulation participative, un type de jeu sérieux

Une simulation participative consiste à faire tourner une simulation avec différents scénarios choisis par les participants permettant d'éclairer une situation ou faire des choix. Les informations de cette sous-partie viennent principalement de l'habilitation à diriger des recherches de Nicolas Becu publié en 2020. La simulation doit reproduire au mieux la réalité et donner des indicateurs fins pertinents pour son public. Dans ce type de jeu sérieux, la dimension de frivolité est faible car la simulation veut représenter le réel. Le point important de second degré est la projection.

Les joueurs manipulent un artéfact qui représente la réalité dans ses mécanismes. L'objectif de la simulation participative n'est pas seulement d'apprendre le fonctionnement du système représenté par l'artéfact. Ce jeu peut avoir comme but principal des enjeux sociaux: faire discuter des groupes en désaccord, prendre des décisions en commun, réduire les relations de domination dans un groupe, ...

On voit que certains jeux sérieux sont utilisés pour résoudre des problèmes sociaux. Les compétences développées ne sont pas que individuelles et cognitives mais aussi collectives et sociales.

## Développement de compétences sociales par les jeux de rôle

Les jeux de rôle sont une catégorie de jeux un peu à part. Il se définit par une activité où les joueuses et joueurs interprètent un personnage dans un monde défini par un facilitateur appelé maître du jeu. Le personnage et le monde sont fictifs mais sont plus ou moins liés à la réalité, voire calqués au réel. Les personnages vont faire des actions décrites par les joueurs dans ce monde fictif. La narration de l'histoire et la situation du jeu dépendra donc des différentes narrations individuelles et des discussions des participants et du maître du jeu. Les dés sont aussi souvent présents dans ces jeux pour pimenter le récit. Les règles sont souvent définies à l'avance ou par un système de jeu général.

Par leur grande dimension interpersonnelle, les jeux de rôles sont efficaces pour développer des compétences sociales (becu 2020). Parmi ces compétences il est question de changement de perception, de développement d'empathie, d'échanges sociaux et de prise de décision. Ces compétences peuvent aussi être mobilisées dans d'autres formes de jeux comme des jeux sérieux multijoueurs quelconque ou les simulations participatives, mais ces

compétences seront présentes au second plan et sont rarement l'objectif même du jeu. Ici Nicolas Becu a développé un baromètre comparant les simulations informatiques participatives et les jeux de rôle sérieux: (Becu, 2020)

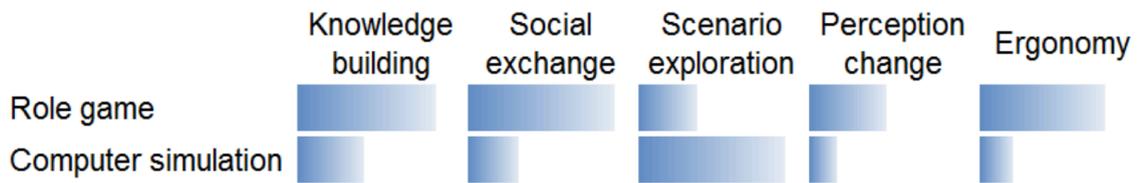


Figure 7 : Comparaison du jeu de rôle avec la simulation informatique

Cette analyse qualitative montre l'efficacité des jeux de rôle pour les changements de perception et les échanges sociaux. Une des limites du jeu de rôle est représentée sur l'exploration des scénarios. Une partie de jeu de rôle dure entre 1h30 et 4h sans le débriefing et est souvent composée d'un seul scénario. Une autre limite est que le maître du jeu a une place centrale et peut influencer les décisions du groupe et l'histoire. Il existe quelques systèmes de jeu de rôles permettant plus d'explorations de scénario avec des boucles temporelles (un exemple est présent dans le podcast *Le Mythe de la Taverne saison 3*) mais le temps de développement reste long. D'autres permettent des narrations moins centrées sur le maître du jeu, mais moins réalistes car personne n'est garant. Il existe aussi des jeux de rôle à but éducatif. Sur le spatial, le collectif de *Game of Roles* a réalisé un partenariat avec le CNES comme un jeu sérieux éducatif et aussi publicitaire. Le déroulé est en trois épisodes dont un débriefing appelé "debunk" qui sert à corriger les éventuelles erreurs du maître du jeu.

En résumé, le type de jeu sérieux à adopter et sa construction dépend de l'objectif du concepteur et du niveau d'intérêt des joueurs pour l'enjeu du jeu. Pour les jeux de sensibilisation ou de réflexion, il existe trois paradigmes issus du cadre de divertissement-éducation. Les jeux peuvent aussi accompagner à la prise de décision avec la simulation participative ou encore développer des compétences sociales avec le jeu de rôle.

## Partie II - Structure et conception des jeux sérieux

Les différents cadres sont posés pour la création de jeux sérieux. Mais la création des jeux en soit reste floue. Une solution serait de trouver la structure générale des jeux. Cette structure nous permettrait de parler des éléments de chaque jeu avec facilité: c'est la grammaire. Ensuite, en fonction de cette grammaire et de ce qu'elle permet de formuler, il est possible de spécifier certaines facettes.

### Analyses des méthodes de design

Le milieu académique étudie les jeux sérieux pour développer certaines compétences. Des méthodes de développement de jeux sérieux sont publiées depuis les années 2000 (Gurbuz et Celik, 2022). Il existe des méta-analyse des utilisations de jeux sérieux dans certains domaines et des caractéristiques de certaines méthodes de design. Je commence par une vue large des méthodes de design relevées et analysées dans le papier: Serious games in future skills development: A systematic review of the design approaches - S. C. Gurbuz & M. Celik, 2022.

Le papier montre la sélection de 32 études de jeux sérieux comprenant une méthode de conception. Le processus de sélection est fait par mots-clés et recherche systématique par les références et citations, avec des filtres à plusieurs étapes. Voici leur répartition géographique et leur date de publication:

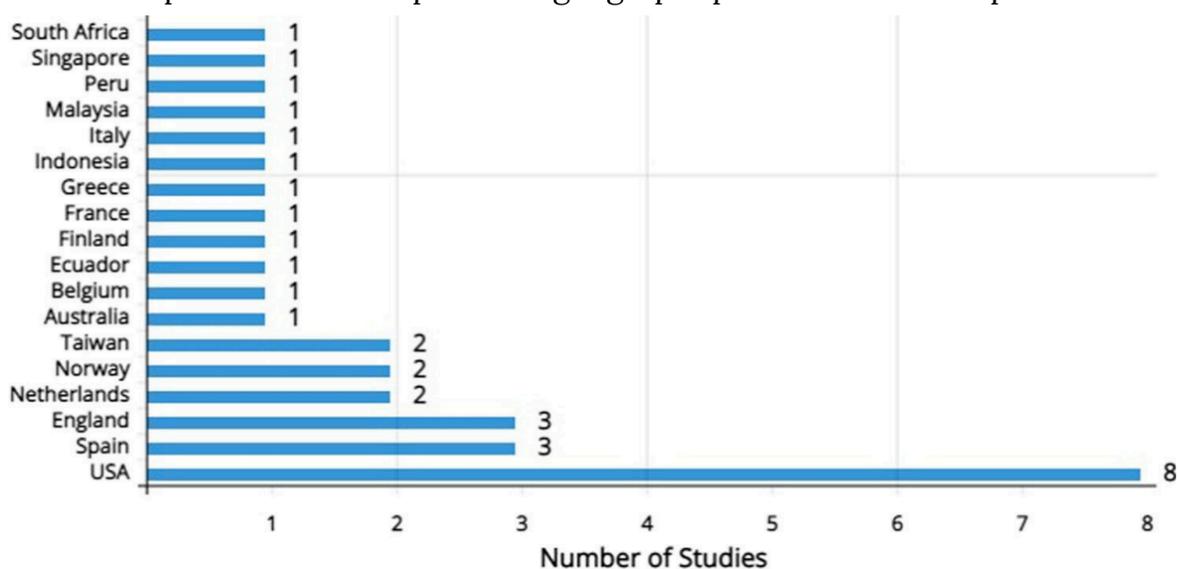


Figure 8 : Origines géographiques des approches de design dans la littérature

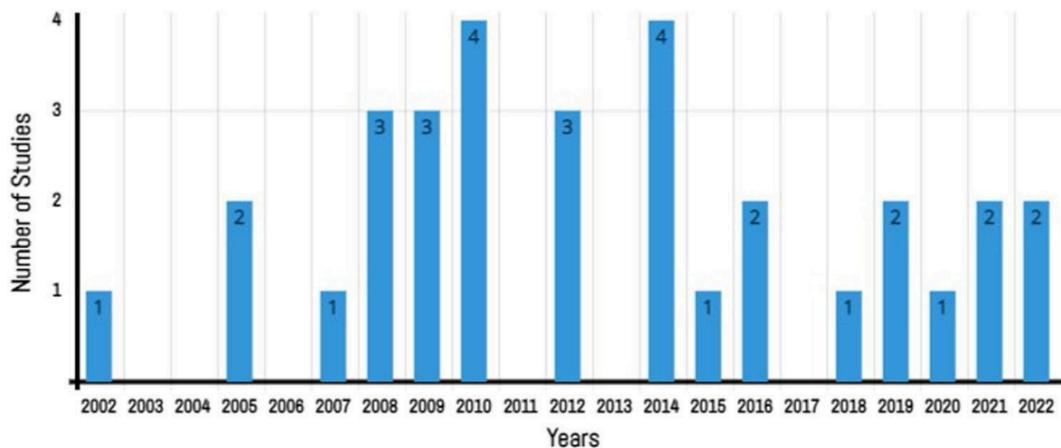


Figure 9 : Année de sortie des approches de design dans la littérature

Ces représentations montrent un phénomène mondial quoique occidental en majorité. On voit également que la recherche est toujours active aujourd’hui. En France, la conférence de recherche *Jeux et Enjeux* qui permet de réunir des chercheurs et autres acteurs autour de ce sujet.

Concernant les approches identifiées dans le papier: “These approaches include 14 frameworks, 12 models, and 5 methods/methodologies. One of the studies has not specified the type of the approach.” Dans ces approches, 22 des 32 sont spécifiquement faites pour l’éducation, 5 sont pour la santé et 2 pour le secteur militaire. Les trois dernières sont pour l’entraînement dans le tourisme, la prise de décision et la cyber-sécurité. Les domaines d’application sont très large avec une majorité d’éducation. Seules 8 des 32 approches affichent un objectif de développement de compétences. Les compétences sont les suivantes:

| Future skills                 | Supporting studies |
|-------------------------------|--------------------|
| Creativity and innovation     | -                  |
| Critical thinking             | [34,104]           |
| Problem solving               | [34,51,54,104]     |
| Learning to learn             | -                  |
| Communication                 | [5,25,73]          |
| Collaboration and teamwork    | [5,34,36,73]       |
| ICT literacy                  | -                  |
| Flexibility and adaptability  | -                  |
| Initiative and self-direction | -                  |
| Social skills                 | [25,73]            |
| Productivity                  | -                  |

Figure 10 : Approches de conception qui supportent le développement de compétences

Les compétences les plus visées sont la communication et la résolution de problèmes.

Les composantes des jeux que l'on a mentionnées à la première sous-partie sont présentés avec d'autres indicateurs en fonction de la méthode de design:

| Game design elements | Implementing studies | Number of implementing studies |
|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Adaptive challenge   | [5,25,36,51]         | 4                              |
| Curiosity            | [5,25,51]            | 3                              |
| Self-expression      | -                    | -                              |
| Discovery            | [25]                 | 1                              |
| Clear goals          | [25,34,36,51,54,73]  | 6                              |
| Clear rules          | [5,36,73,104]        | 4                              |
| Player control       | [5,104]              | 2                              |
| Immersion            | [5,25,51,104]        | 4                              |
| Collaboration        | [34,36,73]           | 3                              |
| Competition          | [104]                | 1                              |
| Immediate feedback   | [5,73,104]           | 3                              |
| Variable rewards     | [51,73]              | 3                              |
| Role playing         | -                    | -                              |
| Interactivity        | [5,36,51,54,73]      | 5                              |

Figure 11 : Parties du jeu servant à développer des compétences en fonction des approches

Cette étude de 32 approches de design a aussi des tableaux avec les forces et faiblesse de chaque méthode de création de jeu. Toutes les méthodes sont considérées trop peu concrètes ou comprenant des étapes trop peu spécifiques pour guider le lecteur dans la création de son jeu selon les critères des auteurs.

Un autre papier a comme objectif de guider vers la plus adaptée des 14 méthodologies les plus citées en fonction de l'application voulue pour le jeu vidéo sérieux (abdelali et al., 2016).

Voici les onze aspects permettant de classer les méthodologies étudiées:

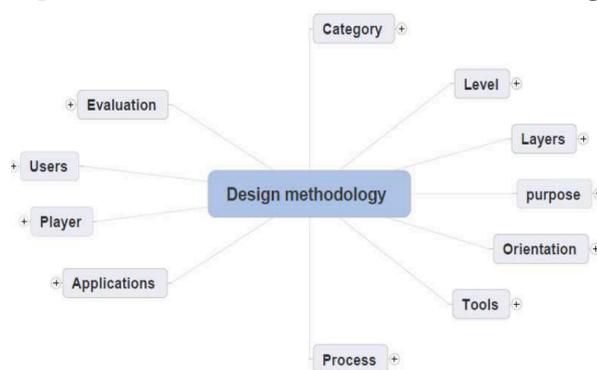


Figure 12 : Indicateurs pour classer des méthodologies de conception

Voici quelques catégories que j'ai trouvées pertinentes pour mieux comprendre les méthodes de design de jeux vidéo sérieux. Je vous conseille de lire le papier si d'autres aspects vous intéressent.

*Level* correspond au lien entre design bas et haut niveau, comme dans les langages informatiques. Un design bas niveau décrirait les mécaniques directes du jeu tandis qu'un langage haut niveau décrirait les concepts du jeu. Les deux niveaux peuvent être liés avec certaines théories comme celle du flow.

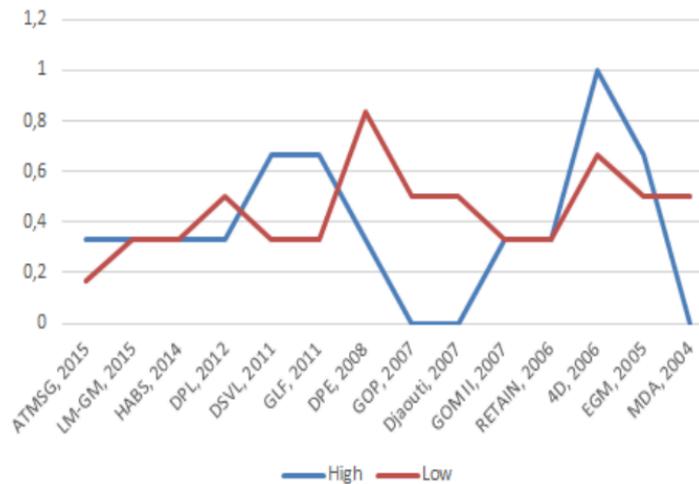


Figure 13 : développement du bas et haut niveau des méthodologies de conception

Les deux approches haut et bas niveaux sont présentes. Mais les approches sont très éloignées. les niveaux vont de très bas avec le langage orienté objet (une spécificité de certains langages informatiques) à un texte descriptif.

*Layers* évalue quelles couches principales composant un jeu sérieux sont dans chaque méthodologies. Les strates considérées sont sur la figure suivante:



Figure 14 : Couches des méthodologies de conception et fréquence de leur utilisation

Cinq couches ressortent dans les méthodologies. Trois couches sont bas niveau: Le gameplay, la structure de jeu et le monde de jeu. L'éducation et la pédagogie sont souvent présentes ce qui semble normal pour le côté sérieux du jeu. Enfin, plus surprenant c'est l'histoire suivie dans le jeu qui est assez présente. Le reste des couches n'est pas souvent abordé.

Tool donne le ou les outils utilisés pour représenter la structure des jeux

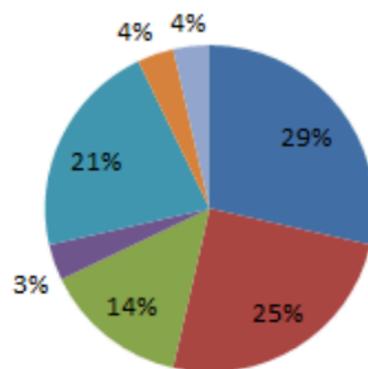
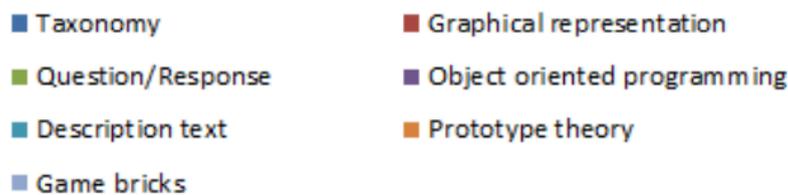


Figure 15 : Outils utilisés dans les méthodologies de conception

Les principaux outils sont:

- La taxonomie pour ranger les jeux par catégories
- La représentation graphique comme des diagrammes
- Les textes descriptifs
- Les questions-réponses

Ces outils sont courants et simples à comprendre. Les autres outils demandent un effort ou des compétences pour s'en emparer mais restent intéressants pour décrire le jeu de manière plus formelle ou opérationnelle.

Process est le type de rodage des jeux issus de la méthodologie..

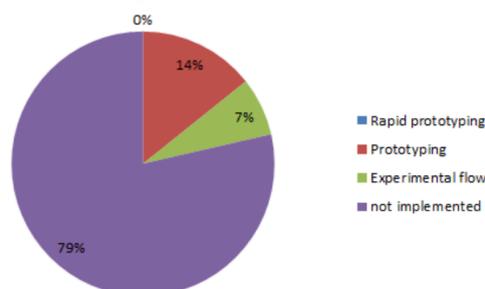


Figure 16 : Vitesse et type de rodage des méthodologies de conception

Tout d'abord, parmi ces 14 méthodologies, aucune ne permet d'obtenir rapidement un prototype. Cela semble être en accord avec le sentiment des chercheurs à qui j'ai parlé: Le serious game est un outil efficace mais chronophage à créer. Les 79% de processus non implémentés dans les méthodologies signifie que la plupart ne spécifient pas la partie du processus de mise en place et laissent libre cours au concepteur.

*Evaluation* décortique quels aspects de la méthodologie ont été validés par évaluation. Je vais m'intéresser à cet aspect dans la partie III.

Les jeux sérieux sont donc un phénomène occidental qui intéresse le monde académique depuis les années 2000. Les points considérés comme importants par les méthodes de conception de jeux sont l'éducation et la structure, son gameplay ou son histoire. L'aspect *education-entertainment* ressort ici. Il n'y a pas de méthode de design qui est meilleure que les autres et chacune a ses spécificités.

## Structures des mécaniques de jeu

La structure des jeux est en partie ses mécaniques. Ses règles, ses objectifs, ses actions, les interactions entre joueurs, la réponse du jeu à une action, ... Il en existe beaucoup, et de plus en plus avec le développement des jeux vidéo. Cette grammaire visant à expliquer les jeux doit simplifier la compréhension du jeu pour un concepteur. La partie précédente donnait quelques exemples de grammaire dans la catégorie d'évaluation *tool*. Dans la littérature, je n'ai pas trouvé de grammaire unifiant tous les jeux. Je vais en aborder deux qui pourraient être pertinentes pour les jeux de société sérieux et la simulation participative dans le travail de Nicolas Becu.

La première grammaire est une classification des mécaniques de jeux de société. C'est un travail de recherche à visée exhaustive dans le mémoire qu'a fait Rotenberg en 2015. Il classe les mécaniques en trois familles: Les composantes de jeu, les interactions entre joueurs et les compétences des joueurs (figure 17). Ce travail peut être très utile pour avoir des idées de composantes en créant un jeu ou pour décrire certaines actions de jeu. Il y a cependant quelques limites. Une classification fixe créera des problèmes d'adaptation à l'évolution des jeux de société. Il est possible de la mettre à jour régulièrement pour remédier à ce problème mais une classification aussi exhaustive perd aussi de sa simplification des jeux.

|                               |                       |                                       |   |   |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|---|
| Facette n°1 : Matériel de jeu | Plateau               | Structure et déplacements             | Déplacement sur grille<br>Déplacement en zones<br>Déplacement point à point<br>Parcours   |   |
|                               |                       | Transformations                       | Plateaux modulaires<br>Placement de tuiles<br>Exploration                                 |   |
|                               |                       | But du jeu                            | Contrôle ou influence de zones<br>Encerclement de zones<br>Connexions                     |   |
|                               | Pion                  | Actions                               | Déplacement   | Élimination<br>Capture<br>Empilement<br>Promotion |
|                               |                       |                                       | Récolte / Semelles<br>Conflit / Combat  |   |
|                               |                       |                                       | Pierre-feuille-ciseaux<br>Chauffeur-livreur<br>Lancer et déplacement<br>Un pion pour tous |   |
|                               |                       | Comportement ou fonction particulière |   |   |
|                               | Gestion de ressources | Accès                                 | Enchères<br>Draft<br>Pool Building  |   |
|                               |                       | Spéculation                           | Pari<br>Transmutation de ressources<br>Pousse ta chance                                   |   |
|                               |                       | Arrangement                           | Collection / Famille<br>Combinaisons<br>Construction de patron                            |   |
|                               | Gestion de l'info     | Production d'aléa                     | Lancé de dé<br>Tirage ouvert<br>Tirage fermé  |   |
|                               |                       | Informations secrètes                 | Programmation<br>Objectif secret<br>Unité secrète   |   |
| Gestion de main               |                       | Levées<br>Défausse<br>Carte-action    |   |   |

|   |           |            |   |
|---|-----------|------------|---|
| Facette n°2 : Interaction entre joueurs | Rythme    | Tours      | Points d'action<br>Quantité variable de tours<br>Ordre variable de tours      |
|   |           | Simultané  | Frénétique<br>Sans interaction<br>Interruption                                |
|   | Relations | Equipes    | Jeu coopératif<br>Rôle secret   |
|   |           | Diplomatie | Alliances réglées<br>Alliances non réglées<br>Jeu semi-coopératif<br>Commerce |
|   |           | Asymétrie  | Pouvoirs variables<br>Handicap  |
|   | Ciblage   |            | Affrontement direct<br>Ciblage obligatoire<br>Blocage<br>Course stricte       |

|                          |                         |   |
|--------------------------|-------------------------|---|
| Facette n°3 : agamnelles | Compétences artistiques | Mime<br>Dessin<br>Narration<br>Chant                            |
|                          |                         | Observation<br>Rapidité<br>Action / Dextérité<br>Motricité fine |
|                          | Compétences de l'esprit | Mémoire<br>Bluff<br>Déduction<br>Connaissances                  |

Figure 17 : Mécaniques de jeux de société et classification selon Rotenberg

Une autre grammaire plus compacte s'appelle les briques gameplay 3.0 (Alvarez, 2018). Son principe se base sur la manière dont les atomes s'organisent pour former des molécules et d'autres structures. Les briques atomiques de base sont au nombre de 12 et décrivent des actions singulières d'un jeu. Plusieurs briques peuvent s'associer pour former des actions, des conditions plus complexes. Elles peuvent aussi se succéder pour le côté dynamique. Les briques atomiques sont représentées sur la figure 18. Les oranges sont les briques "objectif" reliées à l'objectif du jeu s'il en a un. Les vertes sont les "résultats". La brique gérer violette permet de rajouter une condition à une action. Les briques bleues sont les "moyens" et certains sont souvent absents des jeux comme écrire ou shooter. Les briques gameplay ont été initialement créées à partir de jeux d'arcade des années 80. L'origine de la grammaire peut sembler moins adaptée pour un usage de jeu de société ou de simulation participative. Cette adaptation est à étudier au cas par cas.



Figure 18 : Les briques gameplay 3.0 comme grammaire des mécaniques de jeu

Pour créer une molécule on associe des briques (qui peuvent être des molécules elles même)

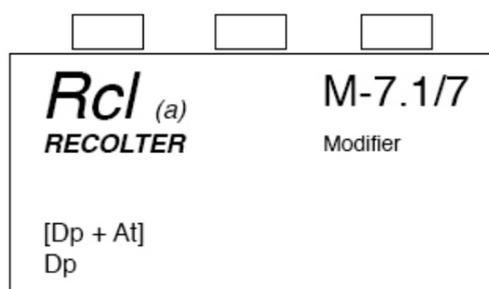


Figure 19 : Exemple de brique molécule faite avec des briques atomiques

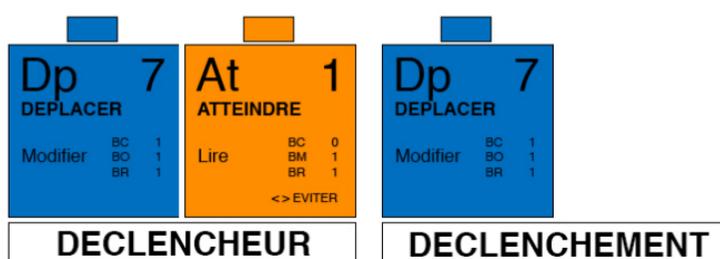


Figure 20 : Structure de la brique molécule "récolter"

Avec ce système, il est possible de composer sa propre architecture pour parler de beaucoup de jeux différents. Dans la publication de la version des briques gameplay 3.0, l'auteur explique comment fonctionne le formalisme associé à ces briques. Ce formalisme est le bienvenue pour des applications informatiques sur les designs et leur méthodologie par exemple. Je trouve le

système compliqué à prendre en main et n'est pas forcément adapté aux interactions entre joueurs.

Finalement, les grammaires sont plus ou moins adaptées au jeu que l'on veut créer et aux compétences du concepteur. Le langage orienté objet ou la création de prototype demandent des connaissances spécifiques voire pointues dans un domaine. En revanche, les modèles de grammaire basés sur les descriptifs, les schémas, la taxonomie, ... sont plus simples à appréhender. La classification de Rotenberg et les briques gameplay sont des options différentes possibles. Nicolas Becu a créé un hybride de ces deux modèles adapté aux simulations participatives.

Même s'il n'existe pas une unique manière de décrire la structure d'un jeu, un élément des serious games est commun: le débriefing.

## Le débriefing

Le débriefing est un espace après le jeu servant à partager l'action, les émotions. Il permet de laisser tomber la pression, de préciser certains mécanismes en liant le jeu à la réalité (Becu, 2020). Pour le facilitateur, le débriefing peut être l'occasion de comprendre ce qui pourrait changer dans le jeu pour l'améliorer. Enfin, un point central dans le principe même des jeux sérieux orientés vers les transitions écologiques est de pousser à l'action.

Selon Nicolas Becu, le débriefing des simulations participatives se fait de la manière suivante:

1. Sharing emotions
2. Reviewing the events of the game
3. Identification of blocking points in the game
4. Back to reality: parallel blocking points in the situation played and reality
5. Identification the levers of action in the game
6. Back to reality: relevance of the levers of action identified in the reality
7. Projection into the future: reflection on the use of the identified levers of action.

Figure 21 : Structure de débriefing selon Nicolas Bécu

J'ai suivi une formation à l'atelier de la fresque du climat et le débriefing suit ces points:

1. Émotions des participants par l'arbre des émotions par exemple
2. Synthèse de la fresque

3. Informations plus individuelles sur les enjeux écologiques comme l’empreinte carbone
  4. Discussions et débats sur l’échelle de l’action possible ou autre
  5. Actions possibles, passions du quotidien sans effets sur le climat et espoir
- Cette forme de débriefing peut varier en fonction du formateur des facilitateurs, mais la colonne vertébrale reste la même.

Un autre mode de débriefing est dans le manuel d’observation des jeux sérieux du collectif ComMod (Hassenforder et al., 2020). Il reprend les cinq étapes clé que contient un débriefing de jeu sérieux:

 **Émotions** : partage des émotions ressenties par chacun des participants. Cette première phase est essentielle pour permettre aux *joueurs* d’évacuer éventuellement des ressentis négatifs (rancœur, colère, incompréhension, échec...) qui pourraient limiter leurs apprentissages et leurs capacités à réfléchir sur l’expérience vécue.

 **Événements** : partage entre tous les *joueurs* du déroulement de l’ensemble de la session : les tâches et les actions réalisées par les *joueurs*, les routines de jeu, les faits marquants (courbe/suivi d’*indicateurs*), les changements de rythme dus à des événements apparus dans le jeu

 **Explications** : Un même fait peut avoir plusieurs explications. Il s’agit ici de les mettre en perspective par les comportements des *joueurs* et par les stratégies individuelles et collectives qui ont amené à ces résultats.

 **Lien à la réalité** : Il s’agit de revenir sur les liens entre le jeu et la situation réelle à l’origine de l’organisation de la session (convergences, divergences).

 **Projection vers le futur** : Comment les résultats de la session de jeu seront utilisés à l’avenir.

Figure 22 : Structure de débriefing selon le collectif ComMod

Les structures des trois débriefings sont assez semblables. Un lien à l’émotionnel sert à quitter la dimension de second degré, reprendre sa respiration et surtout évacuer sa frustration et son anxiété. Il permet aussi au facilitateur d’adapter la suite au vu de la température. La revue des événements sert à prendre plus de recul encore par rapport au jeu, de se rappeler ensemble et de reconstruire ou confronter les récits de la partie. Le parallèle avec la réalité doit se faire pour bien comprendre le système, ses limites, les alternatives possibles qui ne sont pas représentées, ...

Plusieurs points ne sont pas présents partout. Pour les simulations participatives, le but du jeu peut être d’aboutir sur des décisions communes. La partie concernant les actions possibles et les freins est importante. Les simulations participatives ont davantage une volonté d’action directe que d’éducation..

## Equilibrage des jeux

Dans le cadre des *six pillars of engagement*, une difficulté adaptée au public rend un jeu plus captivant. Ensuite, dans le cadre de *l'education-entertainment*, les jeux sérieux sont plus efficaces si le niveau d'information apporté est relatif à la motivation des joueurs pour le sujet. Je vais maintenant vous proposer des pistes pour équilibrer les jeux.

### **Difficulté et flexibilité des jeux**

Dans quelques jeux de société, la difficulté est adaptée en informel. Par exemple un enfant qui s'associe à un adulte. Il y a aussi des joueurs qui se mettent un handicap pour que la compétition soit plus "juste".

Une autre méthode est de mettre plusieurs paliers de difficulté, ou plusieurs spécialités. Cette technique est souvent présente dans les jeux vidéo comme *Baldur's gate 3*, mais aussi dans le *Trivial pursuit* par exemple. Soit les niveaux de difficulté sont en fonction de l'âge, soit la possibilité de prévoir le domaine dans lequel on va être défié. *La fresque du climat* a adopté cette stratégie en créant une variante expert et une variante enfant. Cela lui permet de toucher un public plus ou moins sensibilisé. Ces variantes permettent de se mettre soi-même au bon atelier pour apprendre le plus de choses. La fresque a également inspiré une multitude d'alternatives sur d'autres domaines : la fresque de l'alimentation, la fresque du renoncement, la fresque des féminismes, la fresque de l'eau, ... Les fresques sont devenues courantes comme outil de sensibilisation et archétype de jeu sérieux.

Enfin, certains jeux rejouables ou des jeux vidéo en temps réel peuvent s'adapter automatiquement aux joueurs. Dans un jeu mélangeant physique et dématérialisé, l'étude *Design strategies for balancing exertion games: a study of three approaches* - M. Jensen et K. Grønbaek, 2016 mesure l'effet de ces équilibrages. Après quelques tests témoins où le jeu oppose deux joueurs et la même personne gagne à chaque fois, on leur propose une parmi trois manières d'équilibrer le jeu. La première est physique, par exemple on demande sur un jeu de tir de tirer de plus loin. La seconde est explicite en disant que le joueur dominant doit faire un certain nombre de fois plus de points pour gagner. Le dernier point est l'équilibrage implicite où l'accord des joueurs n'est pas demandé et la difficulté va être adaptée en fonction du niveau du joueur mesuré. Voici le changement des scores et la différence de points moyenne entre les joueurs à la fin. DOM signifie le joueur dominant qui, sans équilibrage, gagne le plus souvent.

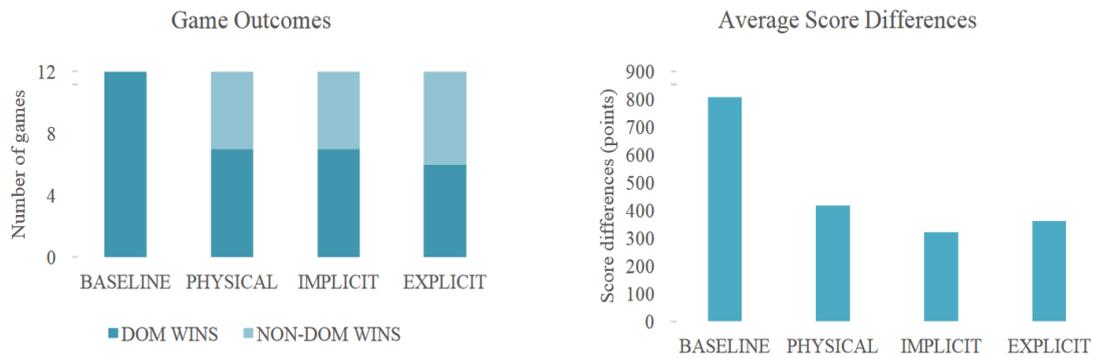


Figure 23 : Part de victoires et différences de scores selon le type d'équilibrage

On voit qu'en tendance les trois équilibrages fonctionnent avec des victoires mieux réparties et des matchs plus justes.

Ensuite l'étude mesure la perception des joueurs sur le match car c'est ça qui compte pour captiver les joueurs dans un jeu:

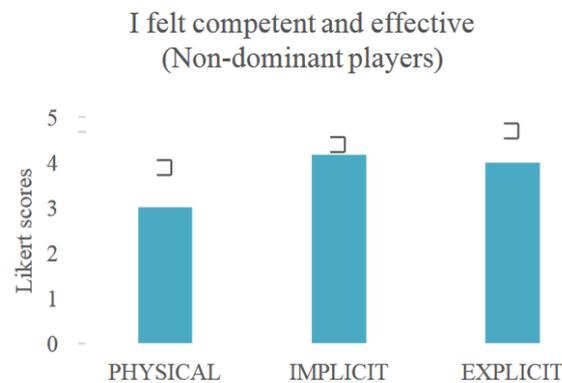


Figure 24 : Ressenti des compétences des joueurs perdants après équilibrage

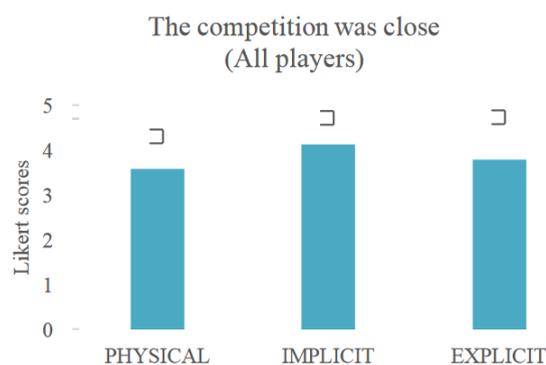


Figure 25 : Perception de la tension de la partie en fonction de l'équilibrage

Dans tous les équilibrages, les joueurs les moins forts sentent plus capables et tous les joueurs ressentent une compétition plus serrée. Il y a une différence entre l'équilibrage physique qui est moins efficace que le reste. IL existe d'autres

modes d'équilibrage informatique qui arrivent à rendre le jeu gagné de peu pour le plus de participants possible (Scanagatta et al., 2020).

## Points commun des jeux et règles d'équilibrage

J'ai comparé 20 jeux de société symétriques et compétitifs pour comprendre l'équilibrage de ces jeux. J'ai pris des jeux symétriques dans le sens où la situation initiale (capacités, accès aux moyens, ressources,...) est la même, à l'exception de l'ordre des tours. L'objectif individuel est également le même pour tous. J'ai choisi des jeux compétitifs pour avoir un équilibrage des joueurs entre eux et non des joueurs face au jeu. Les jeux sont les suivants:

|                  |                  |                    |                |
|------------------|------------------|--------------------|----------------|
| Codenames        | Jeux type échecs | Monopoly           | 1000 bornes    |
| Trivial poursuit | Puissance 4      | Catan              | Petits Chevaux |
| Qui est-ce?      | Bataille navale  | Poker              | Uno            |
| Scrabble         | Chifoumi         | Richesses du monde | Cluedo         |
| Petit Bac        | Morpion          | La bonne paye      | 7 familles     |

Figure 26 : Tableau des jeux symétriques compétitifs choisis pour la comparaison

Il y a trois points qui m'ont marqués pour obtenir un bon jeu:

1. Le gameplay doit mener à une fin:
  - Chaque action fait avancer vers le but en moyenne. Par exemple, uno rapproche de la fin lorsque l'on pose une carte et il est plus fréquent d'en poser une que de piocher en moyenne.
  - S'il est possible de handicaper d'autres joueurs, il faut que les handicaps soient simples à enlever et plus coûteux qu'avancer ou plus rares. Dans le 1000 bornes, il y a plus de cartes pour enlever des handicaps que pour en mettre. Bloquer l'autre coûte une action dans le scrabble, le morpion ou le puissance 4.

Les échecs font exception à cette règle.

2. La partie ne doit pas se polariser:

Le but est d'augmenter la tension au fil de la partie pour rester captivé et garder le mystère du joueur gagnant. Voici les mécanismes qui permettent d'équilibrer la polarisation

- Plus on est proche de gagner, plus on est visible (Uno, Monopoly, Catan,...) ce qui pousse les autres joueurs à moins s'associer avec les personnes, à vouloir la bloquer.
- Possibilité de s'associer entre joueurs partis pour perdre (Catan, Uno avec les choix de cartes, ...)
- Plus de probabilités d'avancer lorsque l'on perd (Uno, Bataille navale, Petits chevaux, qui est-ce?), moins de probabilités quand on gagne.

Les jeux de type Monopoly et Poker sont accés sur l'accumulation d'argent ont pour objectif de polariser la partie.

### 3. Il n'y a pas de stratégies dominantes évidentes:

Ce point va avec celui d'avant et est dans le même but. En plus, il ajoute le côté réflexion et prise de décision. Si un choix est évident, ce n'en est pas un.

- Donner trop de possibilités ou des contres stratégies circulaires ou trop peu d'informations (chifoumi, échecs, ...). Mais dans ce cas, le joueur aura l'impression de ne pas contrôler le jeu.
- Plusieurs stratégies différentes sont liées entre elles (Seven wonders, Catan, ...) et s'entre-équilibrent: spécialisation, monopoles, échanges, diversification, ...

## **Automatisation de l'équilibrage des jeux**

Un des freins à la création des jeux sérieux est le temps que met le concepteur à le roder. Cette étape transforme le jeu à la marge pour avoir des mécaniques équilibrées, un temps de jeu précis ou davantage d'engagement. Même si ce sont les marges qui sont changées, il peut arriver que des règles changent sur la communication ou les échanges par exemple.

L'équilibrage automatique peut avoir pour but d'obtenir une certaine probabilité de gagner, de faire monter le stress sur les joueurs au fil du jeu ou encore de créer un goulot d'étranglement du jeu qui mène à un choix. Par exemple, si l'on a des champs qui produisent de la canne à sucre et que l'on a besoin de biocarburant mais aussi de sucre, il va se poser le choix de quelle priorité est mise où et pourquoi.

L'équilibrage automatique m'a posé trois principaux obstacles. Le premier frein est la généralisation. Si pour chaque jeu le concepteur doit faire un algorithme d'optimisation qui donne un certain équilibrage, le temps perdu à

faire cet algorithme peut valoir le temps de test du jeu en réel pour l'améliorer par prototypes. A moins d'être un informaticien qui a cette compétence, il faut trouver un cadre général aux jeux sérieux qui ont besoin d'être équilibrés. Les jeux restants doivent donc être décrits de la même manière. Dans la partie structure des mécaniques de jeu, on a vu que des grammaires très différentes existent. Une grammaire adaptée au langage informatique serait assez bas niveau. J'ai le choix entre le langage orienté objet ou les briques gameplay parmi les grammaires que j'ai croisé.

Un second problème se pose: comment imiter les actions d'un joueur? Si l'équilibrage est basé sur des comportements aléatoires, il risque plus de déséquilibrer le jeu à l'épreuve de la réalité. A l'opposé de la stratégie aléatoire, il est possible de créer des joueurs types avec du machine learning et des bases de données de beaucoup de parties de jeux différents. C'est le cas avec certains jeux comme les échecs. J'ai croisé le site *Board games arena* qui pourrait avoir de telles bases de données pour les jeux de plateaux. Même avec ces bases de données, il reste à définir si deux jeux se ressemblant dans leurs mécaniques vont aboutir à la même stratégie des joueurs.

Il y a un autre questionnement pour les jeux issus du paradigme du mélange qui met le système étudié au centre des mécaniques et des règles du jeu. Dans ce cas, changer certaines mécaniques ou certaines règles pour l'équilibrage reviendrait à changer la traduction de la réalité par le jeu. Il faudrait comprendre comment mettre les mécaniques au coeur d'un jeu pour savoir si cet équilibrage remettrait en cause la compréhension du réel par les joueurs.

### Passer d'un Nexus à des mécaniques de jeu

Dans cette sous-partie, je propose un moyen de passer d'un système à un jeu. Il existe déjà des méthodes permettant de le faire comme l'approche CoOPLAGE.

J'utilise "nexus" au sens d'un système complexe, d'un objet avec des composantes liées entre elles, ou d'un phénomène complexe. Le nexus est ce que l'on veut traduire par l'artéfact qu'est le jeu sérieux. Un nexus peut être un territoire, un objet, un objet et ses utilisateurs, ... En bref, c'est notre objet d'étude. Or un objet d'étude est souvent infiniment complexe car il y a une infinité de grilles de lectures permettant de l'étudier. La première étape est de partir du problème et du public. Quelles sont les indicateurs et la grille de lecture à prendre en compte. Je propose ensuite une manière de faire qui me paraît cohérente, mais que j'ai eu le temps de tester sur un unique nexus (annexe).

## 1. Quelle limite au nexus?

Une première possibilité est d'utiliser des indicateurs courants dans l'étude des objets. Ce sont les ressources, pollutions, argent, moyens, ... Pour les enjeux socio-environnementaux, il existe la théorie du donut de Kate Raworth, un mélange entre limites planétaires et plancher social. C'est un cadre économique qui réunit les 9 limites planétaires et 11 indicateurs sociaux:

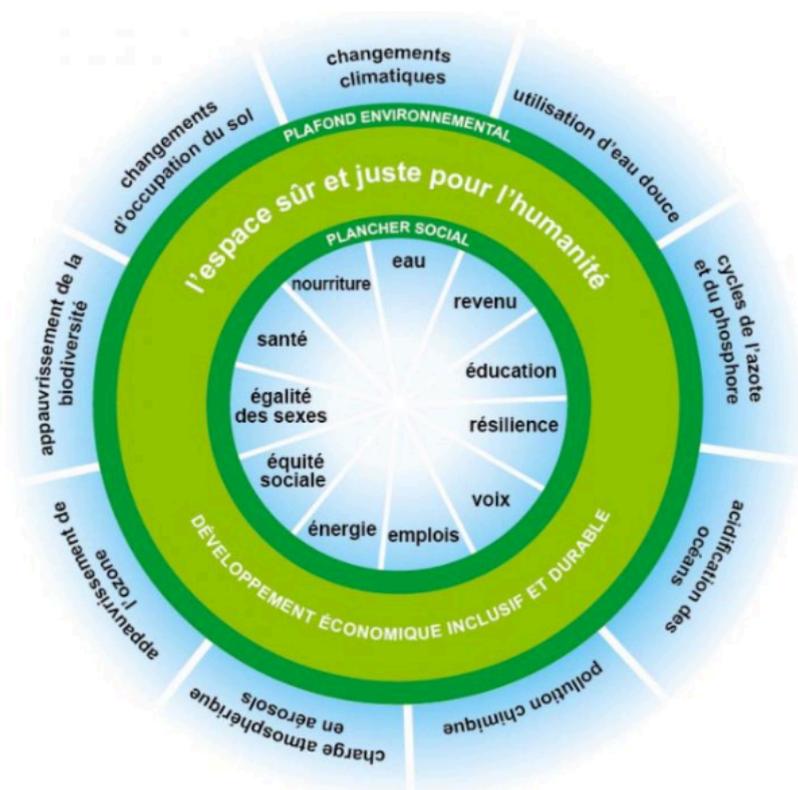


Figure 27 : Donut de l'économie de Raworth

Tous ces indicateurs sont reliés entre eux et cela dépend aussi du nexus que l'on étudie. Il est possible d'en enlever certains qui ne seraient pas pertinents pour l'enjeu abordé, ou d'en réunir certains autres sous un même nom pour simplifier.

Une autre manière de faire, si vous avez un public précis, est de demander aux participants ce qui compte pour eux dans le problème. Si l'on a un conflit sur l'usage de l'eau entre des agriculteurs, des producteurs d'énergie, des défenseurs d'écosystèmes, le concepteur peut leur demander ce qui pose problème. Les réponses peuvent être prédictibles comme la production de céréale, la production d'énergie propre, les revenus ou le niveau de la biodiversité. Le concepteur pourra cependant avoir des surprises comme la déformation du paysage, et si ces indicateurs comptent pour les décisions des joueurs, il vaut mieux les mettre dans le nexus.

A partir des indicateurs choisis, on recompose le nexus à intégrer dans le jeu. On peut simplifier les relations marginales au système, qui ont peu d'impact sur le système global et ses indicateurs. Cela permet de faciliter la lecture de l'artéfact par les joueurs. Cette étape est faite selon les choix du concepteur et il faut que ces choix soient argumentés voire supportés par des analyses de sensibilité pour conserver un artéfact crédible aux yeux des joueurs.

## **2. Discrétisation du nexus**

Ici je me concentre sur les jeux de ressources, les jeux de plateau ont des données discrètes. Dans les simulations et relevés de terrains faites pour comprendre le nexus, les données sont souvent continues. Il faut donc rendre ces données continues discrètes. Ce travail demande un va et vient entre la mise en place des mécaniques de jeu et la simplification du nexus. Si l'on se rend compte qu'une mécanique de jeu utilise une mécanique de nexus qui a été simplifiée, il est possible de revenir sur la simplification.

Il existe plusieurs moyens de discrétiser un système. Le premier est l'approximation à l'entier le plus proche puis la vérification de la cohérence du système s'il y a une loi de conservation. Le second moyen est de regarder toutes les relations entre les ressources impliquées. On prend la relation avec le plus grand ratio entre la plus grande et la plus petite ressource ou flux. On définit ce plus petit flux sur 1 unité et ainsi on définit toutes les valeurs entières de la ressource. En fonction des liens entre les ressources, il est possible de faire cela en cascade ou en séparé. Je vous propose de regarder l'exemple en annexe 1 pour y voir plus clair.

Parfois, il arrive que de petites flux soient très sensibles et non simplifiables dans le nexus, mais cela donne des échelles de ressources entre 1 et 1000 par exemple. Dans ce cas, je vois deux solutions. Soit instaurer une échelle logarithmique, soit séparer le flux en deux ressources.

## **3. Non-linéarités**

Parfois certaines relations sont non-linéaires. Par exemple, les seuils sont présents dans les systèmes socio-environnementaux. Un système aura un comportement linéaire, mais à l'approche d'un seuil son comportement sera totalement différent. Alors comment représenter ces seuils et ces non-linéarités dans les jeux sérieux? Pour obtenir des pistes de réponses, j'ai cherché dans les jeux et voici quelques pistes:

## Un premier moyen: **les tableaux**

Le principe est de mettre des valeurs finies en face d'autres valeurs. Cette solution fonctionne, mais elle rappelle les abaques. C'est souvent compliqué à comprendre et peu ludique.



Figure 28 : Tableaux de résultats dépendant des entrées

A gauche apparaît une matrice contenant des seuils à atteindre en fonction des caractéristiques du personnage et de la situation dans la seconde édition de *donjons et dragons*. Au milieu c'est le nombre de points en fonction de la longueur de la ligne de trains posée dans *Les aventuriers du Rail Europe*. A droite, ce sont les cartes personnages de *Betrayal at the House on the Hill*. Les indicateurs ne varient pas d'un point par cran.

A gauche il est représenté des seuils de victoires selon plusieurs critères. Au milieu c'est simplement une fonction à une variable et une sortie. Et à droite on a quatre fonctions indicateurs et leurs variations pour une perturbation unitaire.

## Une visualisation originale: **les pavages**

Les pavages sont des découpages du plan. Les plus utilisés sont les pavages réguliers et certains jeux les utilisent pour discrétiser le plan. Il existe trois pavages réguliers:



Figure 29 : Pavages réguliers dans certains jeux célèbres.

Les pavages triangles, carrés et hexagonaux servent souvent à faire de l'exploration du plan. Il est possible de suivre les arêtes comme dans *Catan*, ou de suivre les aires pleines comme dans le *Scrabble*. En termes de limites du plan, il est possible de ne pas en poser comme pour le *triomino*, ou d'en mettre une comme les deux autres.

De cette manière, l'exploration dépendra des règles du jeu, mais il est possible de faire ressortir quelques fonctions. Les fonctions sigmoïdes sont présentes dans l'exploration des plans finis. Les pavages sur des plans infinis créent une sorte d'exponentielle: poser un triangle au triomino bloque l'arête utilisée mais en fait apparaître maximum deux nouvelles. Cependant, ce ne sont pas des fractales et parfois poser un triangle entre trois triangles va juste bloquer trois côtés sans en ouvrir. Enfin, en annexe 1 j'ai utilisé le pavage triangle pour représenter la fonction racine carrée. Pour des fonctions plus exotiques, il existe d'autres forme de pavages, dont 8 semi-réguliers et beaucoup d'irréguliers:

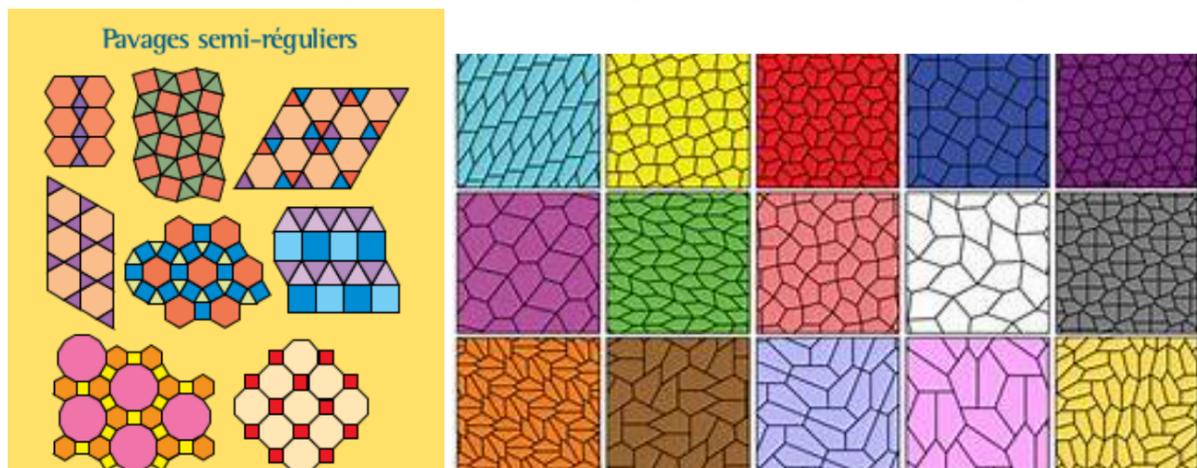


Figure 30 : Pavages semi-réguliers et irréguliers

Ces pavages rares pourraient interloquer les participants en plus de représenter certaines fonctions.

#### Pour ajouter de l'incertitude: **Les tirs de dés**

Tirer un dé donne une chance égale pour chaque score. Tirer deux dés et les sommer donne une probabilité en distribution triangle. Tirer trois dés ou plus donne une gaussienne. Ces mécaniques peuvent servir à représenter des incertitudes de notre nexus. Je pense que le principal problème ici est la précision des dés trop petite, même s'il existe pleins de dés aux formes et nombre de face différents (figure 31). Si la ressource manipulée est présente en grand nombre d'unités dans le jeu, alors il y a une combinaison de plusieurs dés qui se rapprochera le plus. Voici les dés souvent utilisés en jeu de rôle, n plus de la pièce qui est un dé à deux faces.



Figure 31 : Dés communs dans les jeux de rôles papier

Fonctions périodiques: **les rouages** dans Tzolk'in: Le Calendrier Maya



Figure 32 : Plateau de Tzolk'in: le calendrier maya

Ce jeu de plateau utilise une mécanique que je trouve compliquée dans son fonctionnement car il y a au moins trois fonctions de périodes différentes. Mais sa représentation le rend beaucoup plus clair. Je pense que si le nexus est périodique, ce système de rouage est une excellente idée.

Nouvelle mécanique: **L'engine building**

Ce mécanisme permet de simuler un objet qui évolue. Le joueur a un objet initial et il le change chaque tour. Il peut le rendre plus productif, le spécialiser, lui ajouter de la résilience, ... Souvent ce type de jeu donne une sensation d'exponentielle et offre une large palette de stratégies possibles. Ici, la fonction représentée dans le jeu a plusieurs variables et plusieurs résultats. C'est un bon

moyen de traduire certaines parties complexes d'un nexus et il devrait être possible de le représenter avec une suite de vecteurs. Je met une liste de jeux possédant cette mécanique en annexe 3.

### Idées pour représenter des **seuils**:

Les seuils peuvent être directement présents sur les indicateurs comme dans *Terraforming Mars*, un jeu de plateau avec deux indicateurs et des seuils:



Figure 33 : Plateau de terraforming mars

Au *Monopoly*, il est possible d'hypothéquer ses cartes. C'est équivalent à avoir un comportement différent d'une même fonction de production dans un régime spécial décidé par le joueur. Un exemple serait une fonction "Champs" peut avoir un verso différent comme "jachère" ou "sécheresse".

Dans *Catan* et d'autres jeux, le nombre de cartes en main n'a pas de limite fixe. or si le joueur en a plus de 7 dans sa main, il a une chance sur 6 à chaque tour de devoir défausser la moitié de ses cartes. Il y a donc un seuil à 7 cartes.

Finalement, un seuil courant est le vote à la majorité d'un groupe. Ce système est présent dans *Le loup-garou de Thiercelieu* lors du vote du village.

Le système de jeu est de plus en plus proche de la réalité avec ces mécanismes ajoutés. Mais notre objectif est que les joueurs perçoivent la réalité à travers le jeu. Les humains ont des biais cognitifs, il faut étudier la perception des joueurs pour rendre la traduction du réel encore meilleure.

## Perception des joueurs

La perception des joueurs sur le jeu compte dans sa calibration. Il est utile de voir la limite de perception en nombre de ressources et fonctions pouvant être perçues. Pour cela, j'ai comparé les règles et le matériels des 12 jeux de ressource à 3 joueurs ou plus suivants:

|             |             |          |                         |
|-------------|-------------|----------|-------------------------|
| Catan       | 7 wonders   | Agricola | Lords of Waterdeep      |
| Little town | Res arcana  | Splendor | Terraforming mars       |
| Power grid  | Puerto rico | Everdell | Les aventuriers du rail |

Figure 35 : Jeux de ressources comparés

Le tableau comparatif est en annexe 2.

J'ai compté les ressources et fonctions car c'est au coeur de leurs mécaniques.

Les ressources sont souvent représentées par des pions et les fonctions par des cartes ou des cases. Voici les résultats du nombre de jeux en fonction du nombre de ressources et de fonctions.

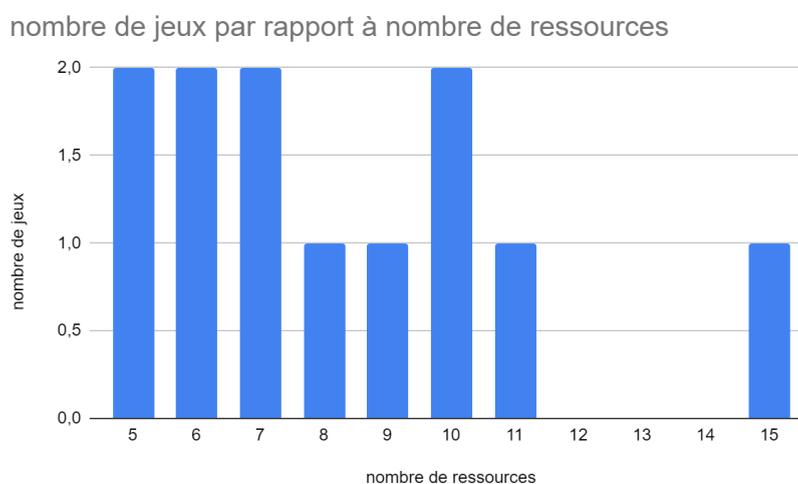


Figure 36 : Nombre de jeux en fonction du nombre de ressources des jeux comparés

Ce graphique sur les ressources nous donne une limite haute d'une dizaine de ressources. Le jeu à 15 ressources est Agricola, plutôt difficile à appréhender. Si le jeu sérieux a un autre objectif que la manipulation de ressources comme l'échange, le commerce ou la prise de décision autour des ressources, il serait vaut mieux baisser encore cette limite pour laisser la place à d'autres mécaniques de jeu.

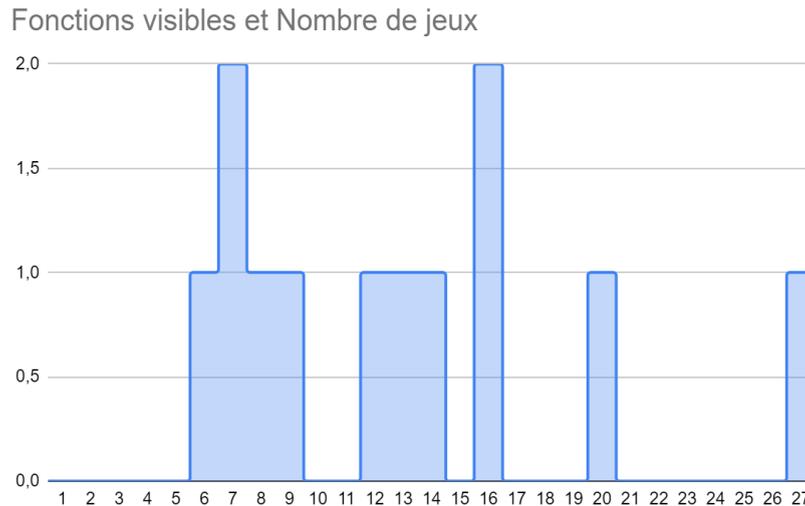


Figure 37 : Nombre de jeux par le nombre de fonctions de transformation visibles pour les jeux comparés

Ce graphique sur les fonctions de production ne montre rien d'utilisable. Peut-être qu'il faudrait parler des fonctions existantes dans un jeu puis les filtrer en gardant seulement les visibles comme fait ici, puis enfin les filtrer en gardant celles accessibles, que le joueur peut utiliser.

D'autres résultats sur cette analyse des jeux de ressources est que la moitié autorisent le commerce et la plupart des commerce se font sans l'accord des deux parties (sauf le Catan). La plupart fonctionnent en points de victoire et arrêtent la partie lorsqu'un seuil de ces points est atteint ou alors un seuil de tours.

Enfin, Les ressources sont souvent représentées à l'aide de pions. Ces pions ont une forme extrudée d'un symbole en deux dimensions de la ressource. Ils sont également de la couleur de la ressource. Par exemple la ressource blé serait les contours d'un épis, extrudé pour être en trois dimensions et de couleur jaune.

Les enjeux de perception n'engagent pas l'existence du jeu, mais ils facilitent la lecture du jeu et des enjeux.

### Valeurs, récits et relations de domination

Dans les situations de la vie, il y a des relations de domination. Selon Nicolas Becu, il existe deux postures à adopter pour les facilitateur et concepteurs de jeux sérieux:

1. Posture de neutralité conditionnelle, les porteurs ne changent pas le design de leur processus et n'interviennent que si les conditions de la participation ne sont plus respectées.
2. Posture de non-neutralité, les porteurs adaptent le design du processus en fonction des asymétries de pouvoir.

Voici la liste de possibilité de rééquilibrage si l'on adopte une posture de non neutralité:

| Facteurs à prendre en compte pour renforcer les groupes vulnérables   |     | Composante  |
|---|-----|---|
| Identifier et expliciter quels sont les groupes considérés comme vulnérables et devant faire l'objet d'une attention particulière   | H4  | Historique  |
| Énoncer au lancement du projet les conditions d'une arène favorisant l'équité entre les participants, cette arène pouvant être refusée.   | P9  | Partenariat   |
| Débuter le processus par des ateliers auprès des groupes vulnérables, puis progressivement inclure dans le processus des groupes plus expérimentés et ayant plus de pouvoir   | D14 | Design du processus (avant le déploiement des ateliers)             |
| Choix des personnes invitées pour garantir la représentation des groupes vulnérables  | D15 |   |
| Choix des personnes invitées pour renforcer les groupes vulnérables par la constitution d'alliances avec d'autres groupes d'acteurs   | D16 |   |
| Mise en évidence des savoirs locaux, des intérêts et des contraintes des groupes vulnérables par la conception d'artefacts spécifiques ou d'artefacts intégrant une asymétrie de rôles (en pratiquant une inversion de rôles) | A3  | Design de l'artefact et de l'atelier servant le design du processus |
| Re-catégoriser les groupes sociaux représentés dans l'artefact, pour renforcer la position des groupes vulnérables  | A4  |   |
| Conception d'artefacts dont l'ergonomie est adaptée aux groupes vulnérables   | A5  |   |
| Design des modes de prise de décision et de saisie des décisions dans l'artefact, garantissant la libre décision des groupes vulnérables  | A6  |   |
| Intégration de rôles pré-formatés joués par un animateur, ou d'événements de jeu, permettant de renforcer les groupes vulnérables   | A7  |   |
| Choix de modes d'expression garantissant la libre expression des groupes vulnérables durant l'atelier (tour de table, expression écrite, etc.)  | A8  |   |
| Changement des conditions d'interactions entre les parties prenantes en cours de processus  | D17 | Design du processus (pendant)                                       |

Figure 38 : Levier de rééquilibrages des relations de domination pour la posture de non-neutralité

Les jeux sont des outils, mais ils ne sont pas neutres et portent des récits. Le Monopoly est un jeu avec un récit marqué: il faut être le plus riche possible et appauvrir les autres. Historiquement, le monopoly a les mêmes mécaniques qu'un jeu de société appelé The Landlord Game<sup>4</sup>. La créatrice de ce jeu faisait partie d'un courant de pensée économique appelé le georgisme contre la propriété privée des terres. Le jeu visait à montrer les vices de la propriété privée qui, avec la location, a tendance à concentrer les ressources. Le jeu a été plagié sous le nom de Monopoly, avec un récit opposé sur la propriété privée. Il est aujourd'hui devenu le jeu le plus vendu au monde et un symbole du capitalisme. Cela montre que le jeu reste dans tous les cas un outil, et qu'un outil peut souvent être utilisé par tous.

<sup>4</sup> L'histoire du monopoly est racontée dans *L'arnaque du Monopoly*, vidéo de Bolchegeek

## Partie III - Evaluation de l'impact des jeux sérieux

### Evaluation des jeux sérieux

Peu de méthodes de design évaluent leur effets sur les joueurs. parmi les 14 les plus utilisées, trois spécifient une évaluation et sur quel critères (abdelaoui et al., 2016)

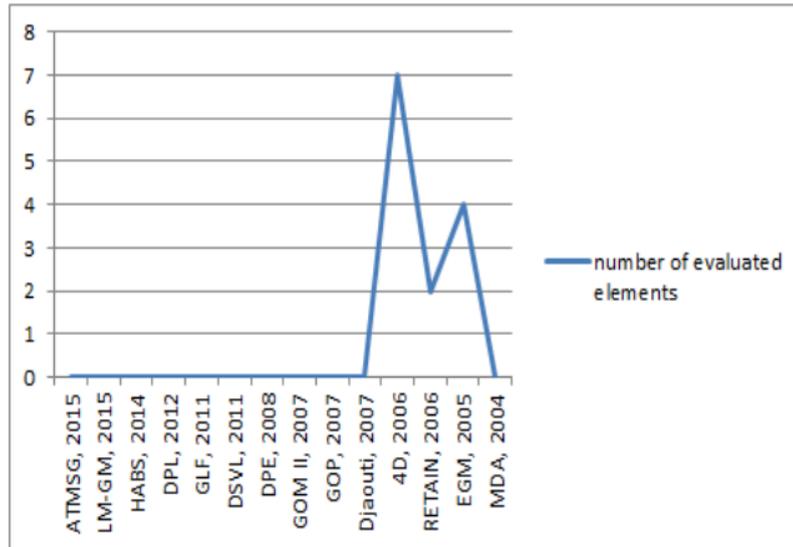


Figure 39 : Nombre d'éléments évalués dans les approches de design

Les principaux critères sont les suivants, certaines méthodologies évaluent le même critère ce qui lui donne une pondération plus importante:

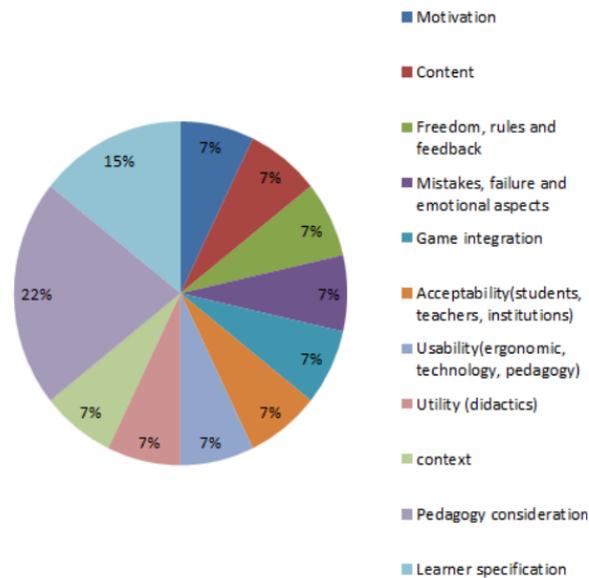


Figure 40 : Eléments évalués dans les méthodes de design de jeux sérieux

Vu qu'il n'y a que trois méthodologies qui permettent d'évaluer certains aspects du jeu, je ne peut pas faire de généralités sur ce qu'il est courant d'évaluer. Cependant ces critères peuvent donner des pistes.

Dans l'approche CoOPLAGE, il y a un système d'évaluation avec certains critères: le cadre ENCORE - MEPPP (Hassenforder et al., 2023)

Le processus se fait en 7 étapes:

1. Identifier les objectifs de l'évaluation
2. Définir les indicateurs, ENCORE en propose 6 types:



Figure 44 : Cadre ENCORE de l'approche CoOPLAGE

3. Vérifier la faisabilité
4. Identifier les méthodes de suivi-évaluation
5. Mettre en oeuvre
6. Analyser les données
7. Partager les résultats

Si le jeu est rejoué, il est possible de réitérer l'évaluation.

Certains effets des jeux sérieux ne se mesurent pas ou difficilement. Par exemple, il est difficile d'estimer l'influence qu'a un atelier sur des mécanismes systémiques comme *la fresque du climat* sur le quotidien des participants.

## Etude de cas: La Fresque du Climat

La fresque du climat est un atelier de 3h visant à sensibiliser la population aux enjeux environnementaux. L'atelier se déroule en trois parties. Une première phase de briefing et d'activités pour mettre à l'aise et inclure tous les participants. Une seconde phase de jeu et enfin un débriefing. La phase de jeu consiste à donner aux participants cinq lots de cartes les uns après les autres. A chacune des cinq étapes les participants doivent placer leur carte sur une grande feuille et faire des liens de causalité entre les cartes. Le résultat final ressemble à ça:

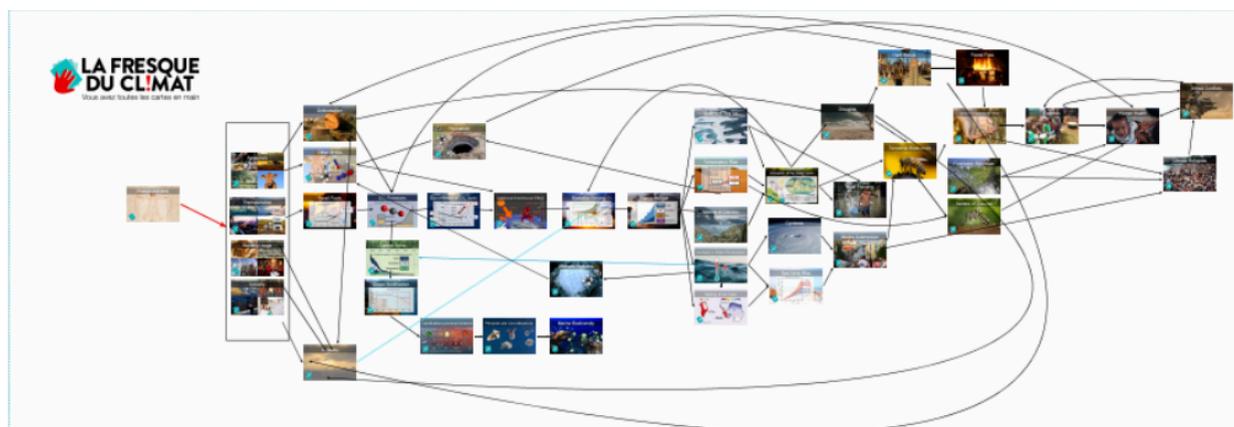


Figure 45 : Exemple de fresque du climat aboutie

Les liens sont qualitatifs mais des informations complémentaires sont présentes au dos des cartes et le facilitateur peut ajouter des précisions sur les cartes jugées importantes.

Ce jeu a des points forts. Tout d'abord, il s'appuie sur les derniers rapports du GIEC, qui est l'institution scientifique la plus robuste sur le dérèglement climatique et la plus reconnue car elle travaille avec la plupart des Etats. Cette source donne de la crédibilité au jeu. Ce jeu approche aussi le climat de manière systémique, ce qui est un aspect peu médiatisé et assez complexe. L'intelligence collective est au centre des mécaniques de jeu, ce qui le rend plus horizontal et développe un aspect relationnel. Enfin, l'association arrive à grandir très vite en proposant aux participants de devenir bénévoles et en rendant ludique la montée dans la hiérarchie de l'association avec des ceintures de couleurs différentes.

La vision<sup>5</sup> de l'atelier de la fresque est: "Les changements climatiques relèvent d'une problématique encore mal comprise. C'est en partageant le défi et l'urgence qu'ils représentent que nous pourrons mettre en œuvre des actions

---

<sup>5</sup> <https://fresqueduclimat.org/projet/>

concrètes.” et leur raison d’être est: ”Accélérer la compréhension des enjeux climatiques au niveau mondial pour contribuer à déclencher, au plus tôt, les bascules nécessaires à la préservation du vivant”. L’objectif est d’atteindre un point de bascule qui permettrait de changer les choses.

## Evaluation des limites de la fresque du climat

Quelles sont les limites perçues dans la fresque ? J’ai fait des entretiens avec des facilitateurs de la fresque pour avoir des pistes. Avant les entretiens, mon intuition sur les limites de la fresque portait sur l’anxiété et le lien entre la fresque et l’action.

Les fresqueurs et fresqueuses sont les surnoms des facilitateurs et facilitatrices de la fresque.

Questions de l’entretien:

Échauffement: Peux-tu te présenter et me donner ta pâtisserie préférée?

1. Depuis combien de temps es-tu fresqueur et combien de fresques as-tu fais?
2. Dans quel contexte et pourquoi es-tu devenu fresqueur?
3. Quel est ton objectif lorsque tu facilites un atelier?
4. Quel est l’objectif de l’asso selon toi?
5. Quelles sont les difficultés que tu as rencontrées par rapport à cet objectif? Quelles solutions as-tu mis en place?
6. Dans quelle mesure la fresque est un outil efficace pour lutter contre le dérèglement climatique selon toi?

Si ces enjeux n’ont pas été mentionnés:

7. Y a-t-il eu des problèmes pour inclure tout le monde dans tes ateliers? Quelles règles ou actions mets-tu en place pour la garantir?
8. Quels liens fais-tu entre la fresque et l’action pour le climat?
9. Comment gères-tu le retour aux émotions après la fresque?
10. Y a-t-il eu des problèmes d’anxiété suite à tes ateliers? Comment l’as-tu géré?

Le cadre voulu était un endroit neutre, j’ai proposé par défaut un parc. Mais un entretien s’est fait en distanciel et un chez la personne. J’ai réalisé quatre entretiens et quelques thématiques ont émergé souvent. J’adapte aussi les questions à la personne en fonction du genre, de la proximité pour le tutoiement. En termes de vécu, certains entretiens ont par exemple mêlé la

fresque du climat à d'autres ateliers dans le même thème des enjeux environnementaux.

## Résultats et discussion

Les quatre entretiens ont été réalisés avec des étudiants ingénieurs ayant une sensibilité pour l'écologie. Ils ont suivi une formation de 2 à 4 ans et ont participé à 2 à 6 fresques du climat. Chaque entretien a duré entre 25 et 45 minutes.

Les avis se rejoignent sur quelques points. La fresque du climat est vue comme un jeu par les participants la plupart du temps. Le public visé est important: la fresque n'est pas adaptée à tout le monde ou à un public trop hétérogène en termes de niveau de connaissances sur le dérèglement climatique. Pour l'atelier en soit, il est revenu trois fois sur quatre que la visualisation par une fresque est vraiment efficace pour comprendre les liens de cause à effet. Une des questions que je me posais sur la participation de tous et toutes et l'intelligence collective n'est pas revenue d'elle-même dans les entretiens hormis l'exclusion de personnes déjà très au courant des enjeux climatiques. Tous instaurent un cadre de bienveillance et de participation lors du briefing. Pour la partie émotion du débriefing, trois sur quatre utilisent une illustration appelée "arbre des émotions" où l'on s'identifie à des petits personnages tour à tour en expliquant pourquoi. La dernière technique mentionnée est un cercle de parole où chacun exprime tour à tour ses émotions si elle ou il le souhaite. L'objectif de l'association de meilleure compréhension des enjeux est bien cerné par les facilitateurs. Enfin, la partie de créativité est laborieuse pour trois des quatre facilitateurs, les participants ne s'impliquent pas dans l'activité.

L'anxiété des participants est perçue de manière différente dans les entretiens. Voici des verbatims qui montrent les différents points de vue. Entretien 1: "Je ne sais pas si la fresque ne mène pas plutôt à l'inaction. Je trouve qu'on se rend compte de l'immensité des mécanismes, des boucles de rétroactions et des conséquences horribles qu'il y a à la fin. Ces processus sont déjà tellement enclenchés qu'il y a un côté où les bras nous tombent, c'est presque impossible d'arrêter la machine." Ici la personne de l'entretien 1 pense que l'anxiété qui mène à l'immobilisme. Dans l'entretien 4: "J'ai eu le sentiment que ça leur semblait compliqué et inaccessible de changer les habitudes du quotidien pour pallier au changement climatique." Ce passage témoigne aussi de l'immobilisme installé à la fin de la fresque. Dans l'entretien 3 on observe quelque chose d'un peu différent: "On sent que ça nous touche, ça nous plombe, parce

que tu prends conscience de l'ampleur du truc" et plus loin: "C'est important pour agir d'être un peu anxieux" et "c'est sain de déprimer" si on se demande après "comment on va s'élever collectivement.". Ici, on a encore de l'anxiété après les ateliers mais la point de vue est que c'est normal et que ça permet de passer à l'action. Lors de l'entretien 2, il est aussi mentionné l'anxiété, mais elle est censée arriver au milieu de l'atelier. Parfois la personne a observé que parfois l'anxiété reste jusqu'à la fin en fonction des participants. Sur les quatre entretiens, l'anxiété est présente chez les participants des facilitateurs de manière récurrente. C'est ce qu'on en fait qui diffère. Cette anxiété peut être très poussée en fonction des participants, comme dans l'entretien 4 à propos de l'arbre des émotions: "deux ont choisi le bonhomme qui tombe dans le vide". Aujourd'hui on sait que l'éco-anxiété peut créer des problèmes d'attention, des perturbations somatiques et d'autres problèmes (H. Jalin et al, 2024). Ce pourrait être une bonne idée de prévenir avant l'atelier, que si des personnes sont éco-anxieuses, il vaut mieux ne pas faire la fresque.

Pour le débriefing, il y a une partie qui pose souvent problème: le débat de fin et la décision de faire des actions individuelles ou collectives. Dans tous les entretiens, la plupart des actions sont à l'échelle individuelle avec aucun retour pour les facilitateurs donc aucun moyen de le savoir ici.

Enfin, dans l'utilité de la fresque du climat pour lutter contre le dérèglement climatique, outre les gestes individuels, les entretiens font sortir l'idée de "semmer des graines", "poser une première pierre" ou encore "ouvrir une porte". Personne ne m'a dit que cette première pierre allait créer un point de bascule qui allait changer la société.

Un des facilitateurs est aussi formé aux ateliers *2 tonnes et inventons nos vies bas carbone*. Il pense qu'il y a une bonne complémentarité en faisant une fresque puis les deux autres ateliers. Pour lui cela permet de passer à l'action et de comprendre pourquoi l'on veut atteindre 2 tonnes dans l'atelier du même nom par exemple.

## Conclusion

Les jeux peuvent être un outil efficace pour accélérer les transitions écologiques, particulièrement les jeux sérieux. Leurs apports sont de nature très diverses: relationnels, cognitifs, normatifs, et parfois ils mènent à l'action. Ils doivent être utilisés dans le bon contexte en fonction de leurs caractéristiques ou être conçus de manière adaptée au contexte. Il faut équilibrer la difficulté du jeu face aux capacités des joueurs. Il faut jongler entre la ludicité et le temps de jeu face à l'intérêt pour le thème abordé. La jouabilité s'oppose partiellement face à l'exactitude des mécaniques d'un nexus. En termes de relations de dominations et d'idéaux, les relations sociales dans le jeu peuvent parfois être différentes de celles du quotidien. Enfin, le concepteur doit aussi avoir un équilibre entre son temps et son énergie investies pour créer et perfectionner le jeu face à l'évolution de la situation et la menace de ne pas finir le jeu. Il n'y a pas de moyen rapide de créer un jeu sérieux complexe.

Un jeu, aussi sérieux qu'il soit, est fait pour s'amuser et permet d'obtenir une meilleure intuition de la réalité ou de meilleures compétences. Cette capacité à amuser fait sa force car il permet d'intéresser des publics restés hors de la question jusque là. C'est souvent un des problèmes d'autres outils comme les conférences qui n'informent souvent que les publics investis. Les jeux ont aussi des formes foisonnantes et cette diversité est un fardeau pour pouvoir les développer rapidement, les étudier ou les ranger dans un cadre précis. Mais c'est aussi une force qui leur permet de s'adapter à tous les enjeux sociaux et environnementaux. Les jeux peuvent créer du lien, des choix démocratiques ou des débats formateurs. Les transitions écologiques qui me semblent les moins destructrices en ont besoin pour avancer. Je ne sais pas si le jeu est l'outil le plus adapté pour accélérer les transitions mais il a le mérite d'amuser les participants en même temps.

Il faut finalement rappeler que tout le monde n'a pas le temps de jouer, que parfois l'ambiance n'est pas au jeu. Le jeu est un outil efficace qui permet de séduire un public large de volontaires, mais il reste basé sur du volontariat. Il a sa place dans les transitions écologiques mais ne répond pas à tous les problèmes.

# Bibliographie

- Abdelali, Slimani, Sbert Mateu, Boada Imma, Elouaai Fatiha, et Bouhorma Mohammed. 2005. « IMPROVING SERIOUS GAME DESIGN THROUGH A DESCRIPTIVE CLASSIFICATION : A COMPARATION OF METHODOLOGIES ».
- Alexandre, Borthomieu, Berthe Antonin, et Fauste Léon. « Global Systemic Risks Fresco - GRSF ».
- Becu, Nicolas. 2020. « Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative: contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires ».
- Boissier, Mathilde, Vincent Jost, Mathieu Mangeot, et Léa Viénot. 2023. « DESIGNING SERIOUS GAMES TO UNDERSTAND THE CHALLENGES OF THE ANTHROPOCENE ». *Proceedings of the Design Society* 3: 1397-1406. doi:[10.1017/pds.2023.140](https://doi.org/10.1017/pds.2023.140).
- Brougère, Gilles. 2017. « Qu'entendre par jeu dans l'enseignement et l'apprentissage des langues : diversité des situations et des modalités d'apprentissage ». *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité - Cahiers de l'APLIUT* (Vol.36 N°2). doi:[10.4000/apliut.5652](https://doi.org/10.4000/apliut.5652).
- Calvin, Katherine, Dipak Dasgupta, Gerhard Krinner, Aditi Mukherji, Peter W. Thorne, Christopher Trisos, José Romero, et al. 2023. *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. First. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). doi:[10.59327/IPCC/AR6-9789291691647](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647).
- De La Ville, Valerie-Inès, Gilles Brougère, et Nathalie Boireau. 2010. « How Can Food Become Fun? Exploring and Testing Possibilities ... » éd. Simona De Iulio. *Young Consumers* 11(2): 117-30. doi:[10.1108/17473611011065809](https://doi.org/10.1108/17473611011065809).
- Felicia, Patrick, éd. 2011. *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches*. IGI Global. doi:[10.4018/978-1-60960-495-0](https://doi.org/10.4018/978-1-60960-495-0).
- Ferrand, Nils, Emeline Hassenforder, et Wanda Aquae-Gaudi. 2021. « Quand les acteurs modélisent ensemble leur situation, principes ou plans pour décider et changer durablement, en autonomie »: *Sciences Eaux & Territoires* N° 35(1): 14-23. doi:[10.3917/set.035.0014](https://doi.org/10.3917/set.035.0014).

- Garris, Rosemary, Robert Ahlers, et James E. Driskell. 2002. « Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model ». *Simulation & Gaming* 33(4): 441-67. doi:[10.1177/1046878102238607](https://doi.org/10.1177/1046878102238607).
- Gurbuz, Suleyman C., et Metin Celik. 2022. « Serious Games in Future Skills Development: A Systematic Review of the Design Approaches ». *Computer Applications in Engineering Education* 30(5): 1591-1612. doi:[10.1002/cae.22557](https://doi.org/10.1002/cae.22557).
- Hassenforder, Emeline, Anne Dray, et William's Daré. 2020. *Manuel d'observation des jeux sérieux*. Montpellier, France: ComMod; CIRAD. doi:[10.19182/agritrop/00113](https://doi.org/10.19182/agritrop/00113).
- Hassenforder, Emeline, Nils Ferrand, Raphaëlle Ducrot, Caroline Lejars, et Wanda Aquae-Gaudi. « Recherches participatives et démarches participatives dans des projets de recherche : des pratiques et des attendus différents ? Exemple de l'approche CoOPLAGE ».
- Jalin, H., C. Chandès, A. Congard, et A.-H. Boudoukha. 2024. « Appréhender l'éco-anxiété : une approche clinique et phénoménologique ». *Psychologie Française* 69(1): 35-47. doi:[10.1016/j.psfr.2022.03.003](https://doi.org/10.1016/j.psfr.2022.03.003).
- Jensen, Mads Møller, et Kaj Grønbaek. 2016. « Design Strategies for Balancing Exertion Games: A Study of Three Approaches ». In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems*, Brisbane QLD Australia: ACM, 936-46. doi:[10.1145/2901790.2901843](https://doi.org/10.1145/2901790.2901843).
- Richardson, Katherine, Will Steffen, Wolfgang Lucht, Jørgen Bendtsen, Sarah E. Cornell, Jonathan F. Donges, Markus Drüke, et al. 2023. « Earth beyond Six of Nine Planetary Boundaries ». *Science Advances* 9(37): eadh2458. doi:[10.1126/sciadv.adh2458](https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458).
- Riddell, Rebecca, Nabil Ahmed, Alex Maitland, Max Lawson, et Anjela Taneja. 2024. *Inequality Inc. How corporate power divides our world and the need for a new era of public action*. Oxfam International. doi:[10.21201/2024.000007](https://doi.org/10.21201/2024.000007).
- Ritterfeld, Ute, et Rene Weber. 2005. « Video Games for Entertainment and Education ».
- Sansone, Carol, et Judith M. Harackiewicz. 2000. *Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Search for Optimal Motivation and Performance*. San Diego: Academic Press.
- Scanagatta, Mauro, Michela Ferron, Giulia Depplieri, et Annapaola Marconi. 2020. « Calibration of Game Dynamics for a More Even Multi-Player Experience ». In *Proceedings of the 25th International Conference on Intelligent User Interfaces*, Cagliari Italy: ACM, 443-53. doi:[10.1145/3377325.3377521](https://doi.org/10.1145/3377325.3377521).

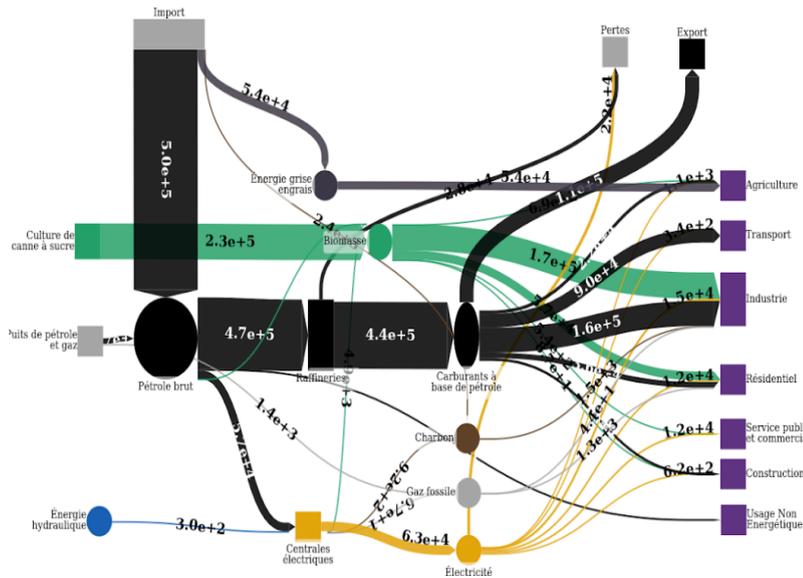
# Liste des Figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Comparaison du pentagone de la ludicité et des six piliers de l'engagement                   | 6  |
| Figure 2 : Type ou degré d'engagement dans l'apprentissage  | 8  |
| Figure 3 : Hypothèse centrale de l'entertainment-education  | 9  |
| Figure 4 : Trois paradigmes de l'entertainment-education  | 10 |
| Figure 5 : Tableau de caractéristiques des paradigmes   | 11 |
| Figure 6 : Paradigmes des méthodes de conception  | 11 |
| Figure 7 : Comparaison du jeu de rôle avec la simulation informatique                                   | 13 |
| Figure 8 : Origines géographiques des approches de design dans la littérature                           | 14 |
| Figure 9 : Année de sortie des approches de design dans la littérature                                  | 15 |
| Figure 10 : Approches de conception qui supportent le développement de compétences                      | 15 |
| Figure 11 : Parties du jeu servant à développer des compétences en fonction des approches               | 16 |
| Figure 12 : Indicateurs pour classer des méthodologies de conception                                    | 16 |
| Figure 13 : développement du bas et haut niveau des méthodologies de conception                         | 17 |
| Figure 14 : Couches des méthodologies de conception et fréquence de leur utilisation                    | 17 |
| Figure 15 : Outils utilisés dans les méthodologies de conception  | 18 |
| Figure 16 : Vitesse et type de rodage des méthodologies de conception                                   | 18 |
| Figure 17 : Mécaniques de jeux de société et classification selon Rotenberg                             | 20 |
| Figure 18 : Les briques gameplay 3.0 comme grammaire des mécaniques de jeu                              | 21 |
| Figure 19 : Exemple de brique molécule faite avec des briques atomiques                                 | 21 |
| Figure 20 : Structure de la brique molécule "récolter"  | 21 |
| Figure 21 : Structure de débriefing selon Nicolas Bécu  | 22 |
| Figure 22 : Structure de débriefing selon le collectif ComMod   | 23 |
| Figure 23 : Part de victoires et différences de scores selon le type d'équilibrage                      | 25 |
| Figure 24 : Ressenti des compétences des joueurs perdants après équilibrage                             | 25 |
| Figure 25 : Perception de la tension de la partie en fonction de l'équilibrage                          | 25 |
| Figure 26 : Tableau des jeux symétriques compétitifs choisis pour la comparaison                        | 26 |
| Figure 27 : Donut de l'économie de Raworth  | 29 |
| Figure 28 : Tableaux de résultats dépendant des entrées   | 31 |
| Figure 29 : Pavages réguliers dans certains jeux célèbres.  | 31 |
| Figure 30 : Pavages semi-réguliers et irréguliers   | 32 |
| Figure 31 : Dés communs dans les jeux de rôles papier   | 33 |
| Figure 32 : Plateau de Tzolk'in: le calendrier maya   | 33 |
| Figure 33 : Plateau de terraforming mars  | 34 |
| Figure 35 : Jeux de ressources comparés   | 35 |
| Figure 36 : Nombre de jeux en fonction du nombre de ressources des jeux comparés                        | 35 |
| Figure 37 : Nombre de jeux par le nombre de fonctions de transformation visibles pour les jeux comparés | 36 |
| Figure 38 : Levier de rééquilibrages des relations de domination pour la posture de non-neutralité      | 37 |
| Figure 39 : Nombre d'éléments évalués dans les approches de design                                      | 38 |
| Figure 40 : Éléments évalués dans les méthodes de design de jeux sérieux                                | 38 |
| Figure 44 : Cadre ENCORE de l'approche CoOPLAGE   | 39 |
| Figure 45 : Exemple de fresque du climat aboutie  | 40 |

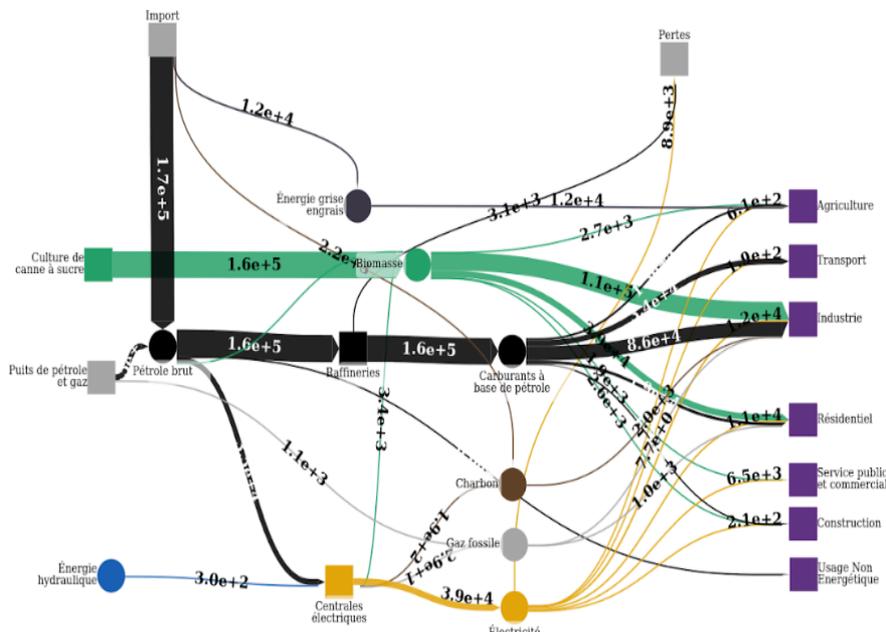
# Annexes

## Annexe 1 : Passage d'un nexus à un jeu, exemple de Cuba

Le but de cette annexe est de tester les étapes de passage d'un nexus à un jeu à partir de l'exemple d'un nexus que l'on va beaucoup simplifier. Voici le diagramme de sankey des flux d'énergie à Cuba en 1989:



Puis voici les flux en 1993:



Toutes les unités des digrammes sont en équivalent TJ.

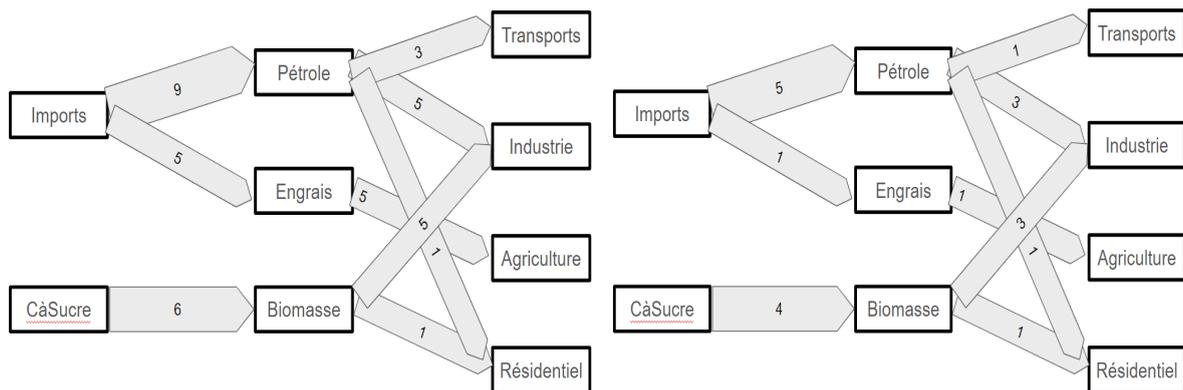
Suite à la chute de l'URSS, Cuba a été forcée de réduire sa consommation de pétrole et d'engrais venus de l'URSS. Prenons un but du jeu en tant que

concepteur: montrer les dangers de la dépendance au pétrole et importations en général en prenant le cas de Cuba.

Je veux simplifier les diagrammes pour donner de la visibilité au jeu par rapport à la situation. En compilant les étapes 1 et 2 de la proposition de passage d'un Nexus à un jeu, je néglige les flux les plus faibles et je définis une unité arbitraire (u.a.) à partir des flux de la ressource pétrole qui est celle avec le plus d'amplitude. 1 u.a. de pétrole représente  $3.3 \cdot 10^4$  TJ cette unité représente environ ce que demande le secteur des transports ou du résidentiel en pétrole en 1993. Les flux étant séparés avec la canne à sucre et les engrais que j'ai choisi comme autres ressources, je définit aussi leur unité arbitraire de la même manière:

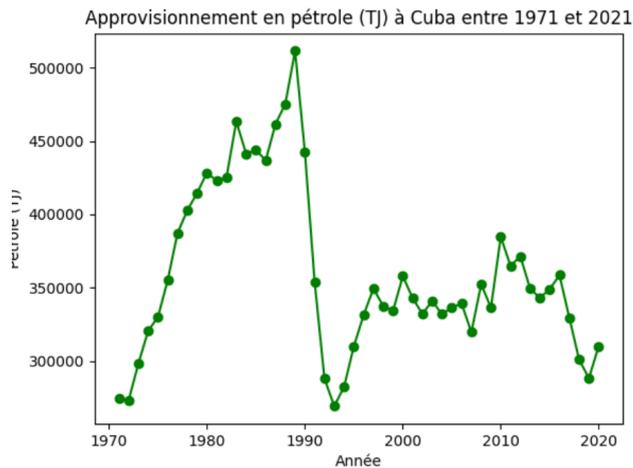
- 1 u.a. d'engrais représente  $1.1 \cdot 10^4$  TJ
- 1 u.a. de canne représente  $4.0 \cdot 10^4$  TJ

J'obtiens deux diagrammes de flux simplifiés en discret: À gauche avant la chute de l'URSS et à droite après



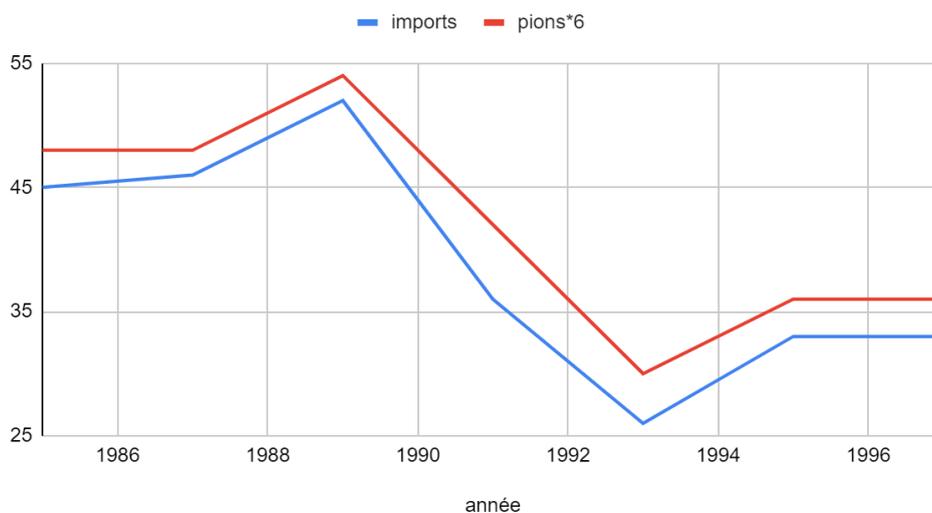
Les arrondis sont bien tombés, excepté les imports de pétrole en 1989 qui valaient 10, mais la valeur continue était proche de 9 avec les simplifications. J'ai choisi de la rabaisser à 9 pour conserver un système cohérent.

Voici l'évolution des approvisionnements de pétrole à Cuba:



Cette tendance nous permet de relier l'aspect dynamique du jeu à un aspect temporel de la réalité. J'ai fait le choix que chaque tour de jeu représentera deux ans. Il y aura un nombre de tours fixes couvrant les années 1985 à 1997 avec ces valeurs discrètes d'importation issues de la courbe ci dessous:

Imports réel et approximation discrète



Ce qui donne ces valeurs d'imports prédéfinies à chaque tour:

| Année   | 1985 | 1987 | 1989 | 1991 | 1993 | 1995 | 1997 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pétrole | 8    | 8    | 9    | 7    | 5    | 6    | 6    |
| Engrais | 4    | 4    | 5    | 3    | 1    | 2    | 2    |

Maintenant on peut y ajouter des mécaniques de jeu. Je les applique sur les relations que je ne connais pas. Par exemple quels lien entre engrais répandus dans les champs et production de canne à sucre après?

Voici des propositions de ressources, indicateurs et fonctions de transformation que l'on pourrait intégrer:

| Ressources  | indicateurs                            | Fonctions de transformation                           |
|---|--|---|
| Pétrole<br>canne à sucre<br>engrais<br>sucre<br>carburant | population<br>niveau de vie<br>exports | Agriculture<br>Résidentiel<br>Transports<br>Industrie |

Voici quelques idées de mécaniques:

- Chaque fonction de transformation demande des ressources et influe sur les indicateurs et parfois les ressources
- A la fin de chaque tour, on regarde les indicateurs, et on applique ses effets en fonction du niveau de l'indicateur
- Possibilité d'introduire des points de victoire en fonction des indicateurs en fin de partie

Il est aussi possible, si certains mécanismes sont non-linéaires, d'introduire des mécaniques de jeu spécifiques:

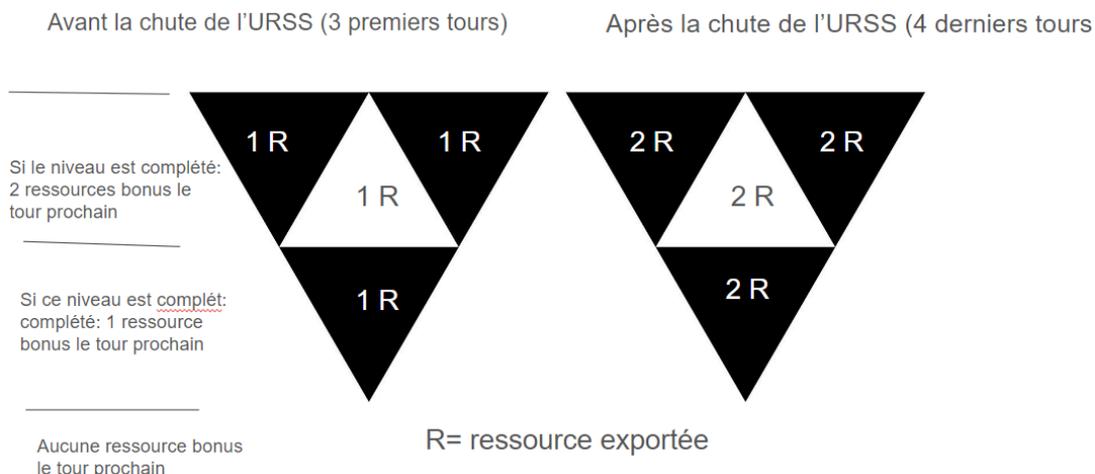
- Niveau de vie avec un seuil: seuil de vie digne, en dessous, il y a des malus
- Mécanique d'engine building pour montrer le retard de production des champs, leur besoins en engrais qui commence à grandir les années après la rupture
- Pour la productivité des champs, elle dépend de l'engrais toujours en terre, du travail fourni et des aléas climatiques. J'ai beaucoup simplifié les entrées de la fonction de production "agriculture" qui ne prend que l'engrais. Cela cache les autres mais rend le jeu plus simple. Pour l'aléa, prenons les dés de *betrayal at the house on the hill*, avec une probabilité égale de faire 0, 1 ou 2. Selon la quantité d'engrais que l'on va avoir sur le champ, on tire le même nombre de ces dés pour obtenir la quantité de canne à sucre l'année d'après

- Possibilité de développer un arbre de compétence sur un fonctionnement similaire à codex naturalis pour développer d'autres modes d'agriculture par exemple (agriculture urbaine, agroécologie, ...).
- Il peut aussi y avoir un système de niveau de vie de la population basé sur l'investissement dans l'agriculture, le transport et le résidentiel. Si on y investit respectivement 6, 2 et 3 fois, on obtient un niveau de vie rehaussé du minimum des trois indicateurs à savoir 2.

Exemple de mécanismes utilisant les pavages pour les imports/exports:

Si le systèmes de répartition des ressources du régime communiste suivait à peu près la tendance d'une racine carrée, il est possible d'utiliser un pavage pour le représenter. Bien sûr, les liens des imports/exports de Cuba sont beaucoup plus complexes, j'utilise cette situation pour illustrer l'exemple des pavages. Dans cette hypothèse, on peut considérer que pour une ressource exportée, on peut en importer une en plus au prochain tour. Pour quatres ressources exportées, on peut en importer deux au prochain tour, ... Et l'on peut prendre un pavage régulier triangle pour le représenter.

### Mécanismes de pavages pour les imports/exports



Maintenant qu'on a un système cohérent pour un joueur, on peut essayer de voir les options pour en avoir plusieurs. Une possibilité est de se partager le territoire avec certaines personnes qui ont certains moyens et pouvoirs. Une autre possibilité serait de décider des actions au jugement majoritaire et de mettre des rôles cachés comme au loup-garou, twitch plays pokemon ou encore à undercover, ... le but étant pour la majorité de survivre au choc. Une dernière possibilité serait de mettre un territoire comme celui-ci à chacun et de

permettre le commerce, forcer le partage. Si le jeu n'est pas collaboratif, on peut ajouter des mécaniques de handicaps ou autres. Il existe d'autres façon d'en faire un jeu multijoueur.

Avec cet exemple de Cuba, il reste à équilibrer le jeu et surtout le confronter au réel en faisant des tests de parties et son évaluation.

## Annexe 2 : Tableau comparatif des jeux de ressources à 3+ joueurs

| Titre                           | Nr p | Nr-Nrp  | Fonctions <b>visibles</b>                     | Commerce                 | Limite fin du jeu                                  | Différentiation   |
|---------------------------------|------|---|---|--------------------------|--|---|
| Catan                           | 5    | 4-5   | 4+ports (9)                                   | oui, accord              | 10 pv  | carte, images et symboles   |
| 7 wonders                       | 8    | 0-bcp   | 7 à 2   | oui, proches sans accord | fin tours  | carte, images et symboles   |
| Agricola                        | 9    | 6 3 jetons, 3 liés joueur)                          | 27 (10 cartes 17 cases plateau)               | non                      | fin tours  | couleur, forme, congruence  |
| Little town                     | 4    | pieces (argent or)                                  | 13  | oui, sans accord         | fin tours  | couleur, forme, congruence  |
| Res Arcana                      | 5    | 0   | 7   | non                      | 10 pv  | carte-images, taille, formes et couleur congruantes                       |
| Splendor                        | 6    | 0-bcp   | 16  | non                      | 15 pv  | couleur, composition, congruence + cartes                                 |
| Power grid                      | 4    | argent+2  | 4 (+ 4 visibles non achetable), 8 en phases 3 | non sauf enchères        | tours et conditions                                | couleur congruante, cartes images   |
| Everdell                        | 4    | 2 (écureuils, marqueurs)                            | 8+4 communes, 6-8 cartes perso                | non                      | 15 tours   | formes, couleur, plateau 3D,  |
| Aventuriers du rail usa/ europe | 9    | 2 (wagons et gares)                                 | 5 + pioche                                    | oui sans accord (gare)   | plus que 2 wagons                                  | cartes images, formes   |
| Terraforming mars               | 5    | 5 (argent, nv terraf., tuiles villes, ocean, forêt) | 10 début, 16 max                              | non                      | finit lorsque oxy, temp au max et ous océans posés | marqueurs bronze argent or pour chaque ressource, aspect, taille, couleur |
| Lords of waterdeep              | 4    | 3 or,agents pv                                      | 10 à 14 puis 1,4,3                            | non                      | 8 tours  | couleur, cartes images pr Fp et pions agents                              |
| Puerto rico                     | 5    | 5 (11)(pièces 1;5, colons,                          | 7 puis 5/5/6/12                               | non                      | plus de colons ou pv dans réserve                  | forme, couleur, symbole, congruance                                       |

|  |  |   |  |  |                               |                               |
|--|--|---|--|--|-------------------------------|-------------------------------|
|  |  | pv, 5<br>plantations<br>,carrière,<br>navires |  |  | ou plus de place<br>bâtiments | pas de cartes mais<br>cartons |
|--|--|---|--|--|-------------------------------|-------------------------------|

### Annexe 3 : Jeux de société utilisant l'engine building

- maracaibo
- Race for the galaxy
- it's a wonderful world
- Splendor
- Century: la route des épices
- Dominion
- 7 Wonders

Merci d'avoir lu!