



**HAL**  
open science

## Compréhension narrative semi-automatique pour le debriefing de session de simulation

Ariane Bitoun, Anne-Gwenn Bosser, Martín Diéguez, Francois Legras

► **To cite this version:**

Ariane Bitoun, Anne-Gwenn Bosser, Martín Diéguez, Francois Legras. Compréhension narrative semi-automatique pour le debriefing de session de simulation. Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle (APIA), Jun 2022, Saint-Etienne, France. hal-03774095

**HAL Id: hal-03774095**

**<https://hal.science/hal-03774095>**

Submitted on 9 Sep 2022

**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.

# Compréhension narrative semi-automatique pour le *debriefing* de session de simulation

A. Bitoun<sup>1</sup>, A.-G. Bosser<sup>2</sup>, Martín Diéguez<sup>3</sup>, F. Legras<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MASA Group, S.A.

<sup>2</sup> ENIB, Lab-STICC CNRS UMR 6285

<sup>3</sup> Université d'Angers, LERIA

<sup>4</sup> Chercheur indépendant

ariane.bitoun@masagroup.net

## Résumé

Dans cette communication, nous décrivons les résultats du projet STRATEGIC autour de la mise-en-histoire semi-automatique des traces de l'activité lors d'une simulation utilisée dans le cadre de la formation. De nouveaux outils de représentation permettront de générer des vignettes correspondant aux moments décisifs identifiés par l'opérateur dans le graphe narratif et de proposer ainsi une synthèse du déroulement global du scénario, illustrée par des "photographies" instantanées de la situation tactique. Ceci facilitera le *debriefing*, et favorisera l'apprentissage coopératif.

## Mots-clés

Sensemaking, *Storification*

## Abstract

In this paper, we describe the results of the STRATEGIC project about the semi-automatic storification of activity traces of simulation sessions used for training. New representation tools will make it possible to generate thumbnails corresponding to the decisive moments identified by the operator in a narrative graph and thus to propose a synthesis of the overall progress of the scenario illustrated by instantaneous "photographs" of the tactical situation. This will facilitate *debriefing*, and promote cooperative learning.

## Keywords

Sensemaking, *Storifications*

## 1 Introduction

L'entraînement par la simulation est une forme de pédagogie très efficace. Elle peut utiliser des logiciels (la famille des jeux sérieux dédiés à l'apprentissage), associés à une phase de *debriefing* qui permet aux participants de comprendre ce qui s'est passé pendant l'entraînement [15]. Une telle solution, souvent avantageuse financièrement, fournit un contexte sécurisé dans lequel les participants peuvent apprendre en constatant les effets de leurs décisions et de leurs actions.

L'entraînement militaire, en particulier, repose souvent sur des simulations qui peuvent être instrumentées pour de l'entraînement collectif ou dédiées à l'entraînement des postes de commandement. Ainsi l'entraînement peut s'effectuer en utilisant des simulations sur des champs de batailles réels, virtuels, constructifs, ou mixtes. Dans un environnement réel, les unités utilisent des équipements opérationnels pour combattre des ennemis composés d'individus ou de cibles. Dans les environnements virtuels, les unités utilisent des simulateurs pour représenter l'équipement et les armes. Les effets des armes, le terrain et les forces ennemies sont générés par ordinateur. Dans des environnements constructifs, les résultats du champ de bataille sont déterminés par une simulation informatique afin de fournir la situation de combat nécessaire à la formation du commandement et de l'état-major. Quelle que soit la nature de la simulation, celle-ci doit fournir aux entraînés un retour les informant de la manière dont leurs actions ont contribué au succès ou à l'échec de la mission. En général, une session de formation commence par une phase de *préparation*, lors de laquelle l'environnement opérationnel réaliste est créé, suivie d'une phase d'*exercice* lors de laquelle les participants prennent part à la simulation et, enfin, une phase de *debriefing* lors de laquelle les participants échangent (aidés et guidés par un modérateur) afin de comprendre ce qui s'est passé pendant l'entraînement et pourquoi et comment améliorer ou maintenir leurs performances dans des situations similaires à l'avenir. Le moment où cette discussion a lieu et sa durée sont très importants [4] : trop de détails conduisent à un manque de concentration des participants, et si on la retarde trop, les participants peuvent oublier les raisons qui les ont poussés à adopter une ligne de conduite spécifique.

Cependant, l'énorme quantité de données générées durant l'entraînement complique cette tâche<sup>1</sup> : il est très difficile de mettre en forme les données à temps pour la préparation du *debriefing*.

Pour proposer une solution à ce problème, nous avons développé un prototype et des cas d'usage d'un outil d'aide à la création narrative, qui permet à un humain de four-

1. Une simulation courte peut générer 60000 rapports à traiter

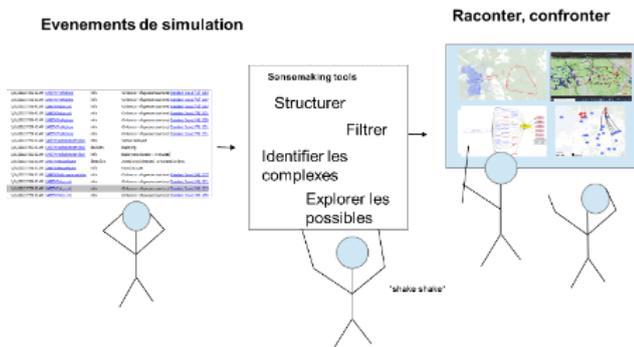


FIGURE 1 – Métaphore d’utilisation d’un outil de *sensemaking* narratif pour le *debriefing* de session de simulation.

nir des explications, sous la forme d’un récit illustré, aux autres participants de la simulation. L’idée est de fournir une analyse semi-automatisée du déroulement de la simulation sous la forme d’une reconstruction narrative des causes potentielles des événements qui se sont produits. Suivant une longue tradition de la représentation de la causalité sous forme de graphes [28], nous utilisons des diagrammes pour représenter les événements, leurs causes et conséquences. Ceux-ci peuvent ensuite être intégrés à l’interface de rejeu de la simulation au travers d’un système de *vignettes* qui fournit également aux participants d’autres informations de nature instantanée sur la simulation (figure 1).

## 2 Utiliser les récits dans le cadre de l’apprentissage par la simulation

Les humains ont de tout temps utilisé les récits pour faire sens du monde et expliquer le déroulement d’événements passés. Certaines approches de l’enseignement par le numérique ont donc tout naturellement utilisé la narration [13]. Dans de telles approches, raconter une histoire implique de formuler des relations causales entre des événements sélectionnés [33, 2]. Dans le domaine de l’éducation et des jeux sérieux, la *storification* [3] est le terme utilisé pour décrire la création d’une structure causale en établissant des liens entre les événements du récit. Un des défis dans ce domaine est de pouvoir automatiser, ou semi-automatiser cette activité afin de pouvoir s’adapter à différents profils d’utilisateurs. D’autre part, des recherches en psychologie au sujet de la compréhension des histoires ont aussi montré l’importance de la perception des relations causales entre les événements du récit [31].

Alors que la modélisation de la causalité occupe une place centrale en Intelligence Artificielle [28], le point de vue de l’Intelligence Narrative est plus proche de la notion de *commonsense reasoning* : celui ou celle qui raconte doit sélectionner les événements dignes d’être rapportés, exprimer les liens de cause et conséquence entre eux, et décider du niveau de granularité dans la définition des événements afin que le récit prenne son sens. L’idée est de fournir une explication sous une forme qui est compréhensible par les humains [29]. Cet objectif rejoint certains enjeux

qu’on retrouve dans le domaine de l’IA explicable [25]. Ajoutons cependant que dans un récit, il y a également un point de vue (ce que Genette appelle la voix narrative par exemple [17]). Cette conception des histoires racontées correspond bien à notre contexte : à partir du matériel de base on veut semi-automatiser la création d’un récit en prenant en compte la subjectivité potentielle de celui ou celle qui raconte.

Notre objectif n’était donc pas de produire un système complètement automatisé : notre système doit permettre la confrontation de plusieurs points de vue lors du *debriefing* ou d’activités d’apprentissage coopératif. Notre système doit pouvoir permettre à chaque utilisateur de construire et expliquer leur propre récit, subjectif, qui dépendra des informations auxquelles ils ont eu accès (selon le rôle des participants de la simulation cela peut varier grandement), et des raisons de leurs décisions. Le tuteur pourra avoir accès à toutes les informations et son récit sera également construit différemment.

## 3 Description de l’architecture proposée

Dans ce projet, nous combinons une approche de construction narrative qui a fait ses preuves dans le domaine de la génération narrative à partir de spécifications formelles, et des représentations instantanées liées à l’état de la simulation pour les enrichir sémantiquement. Le tout est construit sur la description des simulations définies pour SWORD, la simulation de champ de bataille de la société MASA<sup>2</sup>, ainsi que sur les rapports produits par chaque session de simulation. La figure 2 décrit l’architecture de la solution que nous proposons et que nous justifions plus avant dans la suite de cette section.

### 3.1 Une approche de la construction et de l’analyse narrative fondée sur la logique linéaire

La formalisation des récits est un problème qui a souvent été traité en Intelligence Artificielle du point de vue de la représentation des connaissances *Knowledge representation* et du raisonnement au sujet de l’action et du changement, en partant de la modélisation des actions narratives et en décrivant son impact sur l’environnement. Dans [8] on utilise la Logique Linéaire [18] pour leur modélisation, ce qui a donné lieu à des approches formelles autour de l’analyse et la vérification de propriétés des histoires en Logique Linéaire Intuitioniste [9, 11]. Un événement sera modélisé sous forme d’action narrative de base à l’aide de l’implication linéaire  $\multimap$ , qui permet de décrire comment la consommation de ressources peut en créer de nouvelles. Par exemple, on peut modéliser ainsi la réaction qui produit une molécule d’eau :  $H_2 \otimes O \multimap H_2O$

Cette approche permet de modéliser de manière déclarative chaque événement, en décrivant son impact sur l’environnement en termes de consommation ou de production

2. <https://masasim.com/en/notre-metier/defense/>

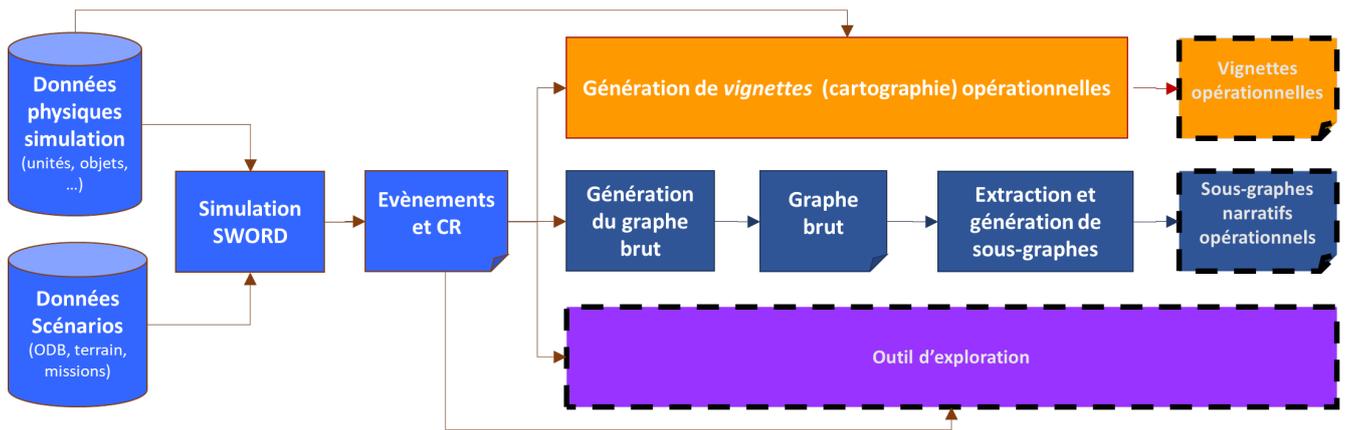


FIGURE 2 – La base de donnée de SWORD décrivant la session de simulation permet un encodage automatique des événements de la simulation, rendant possible une analyse narrative enrichie avec des vignettes fournissant différentes vues stratégiques pour un moment donné

des ressources. Cela a été appliqué également pour analyser d’un point de vue causal des séquences d’événements produites à partir d’une spécification sous forme d’actions en logique linéaire, comme au sein du système TeLLer<sup>3</sup> : en suivant, au fil du déroulement, quelle action va effectivement consommer une ressource produite par une autre action, on peut établir une relation de cause possible entre les deux événements ainsi modélisés. Cette approche a également été utilisée dans le cadre de systèmes de génération narrative fondés sur la programmation en logique linéaire pour étudier les récits ainsi créés sous la forme de leur représentation diagrammatique [22, 23].

Une des contribution dans ce projet a été d’appliquer ces mécanismes, dans un contexte où nous pouvions intégrer deux formes importantes de la compréhension humaine, toujours sous l’angle du récit : l’exploration contrefactuelle et la granularité des événements.

- *le raisonnement contrefactuel* est la simulation mentale de scénarios alternatifs de type “et si ...”, ou la modification d’un ou plusieurs événements qui se sont produits mènent à la déduction d’une situation alternative. Cette forme de raisonnement joue un rôle central dans les jugements de causalité associés aux événements [24]. En IA, le raisonnement contrefactuel a été formalisé par Lewis [21], qui a fourni une sémantique claire fondée sur des *spheres* et a donné lieu à de nombreux résultats en argumentation [30], causalité [27] et raisonnement hypothétique [19]. La question a été récemment revisitée par [7] qui a fourni une nouvelle formalisation en *Answer Set Programming* [10]. Explorer des scénarios contrefactuels implique de pouvoir analyser des variants produits par la simulation en *moderejeu* qui est disponible avec l’outil SWORD, et peut être modifié à cet effet.
- *Granularité* : plusieurs travaux se sont intéressés au lien entre le nombre de relations causales au sein d’un ensemble d’événements et l’importance perçue de cet

événement [24, 32, 31]. Ces travaux nous permettent de formuler des heuristiques fondées sur la centralité de certains événements par exemple, et de les regrouper en un seul événement composé, de niveau sémantique plus élevé. D’autres heuristiques, spécifiques au domaine, ont aussi été explorées.

### 3.2 SWORD, une simulation constructive pour l’entraînement militaire

Le logiciel de formation que nous utilisons repose sur une simulation constructive, qui est utilisée pour entraîner les personnels de commandement de brigade et de division à l’aide de scénarios de conflits de grande envergure tels que des opérations de déstabilisation, des attaques terroristes, ou des catastrophes naturelles. Il simule des situations variées dans des environnements réalistes, et permet aux entraînés de mener des milliers d’unités autonomes sur un terrain virtuel. Des agents peuvent recevoir des ordres d’opérations à mener donnés par les entraînés, et les exécutent en adaptant leur comportement au fur et à mesure de l’évolution de la situation.

Les modèles qui capturent ces comportements sont composés d’algorithmes qui permettent aux agents de percevoir, se déplacer, de communiquer et de tirer, et de la description des capacités de l’équipement correspondant, stockée dans une base de donnée. La base de donnée pour une session de simulation contient trois types d’informations :

- **Données des éléments physiques** : La constitution des unités est décrite. La simulation étant constructive, la plupart des caractéristiques des équipements ou unités sont décrites par leurs effets ou leurs capacités.
- **Données d’initialisation du scénario** : ceci inclut les informations suivantes : terrain, ordre de bataille, météo, données fournies par la simulation telles que les événements, connaissances obtenues par les agents.
- **Données générées par la simulation, décrivant l’évolution de la situation** : elles incluent tous les événements, les connaissances à propos de l’environnement, et tous les rapports liés aux missions.

3. <https://github.com/jff/TeLLer>

Toutes ces informations sont présentées aux participants sous forme de messages échangés par les agents durant la session de simulation. Ci-dessous un exemple de ce qui est présenté aux participants :

```
[07:29:47] - Report - ENG.Counter mobility
                platoon: Disembarkment started
.....
[07:30:17] - Report - INF.Mortar troop: Unit
                detected at ...
.....
[07:30:17] - Report - INF.Rifle platoon:
                Unit detected at ...
```

### 3.3 Processus de traitement proposé

Après avoir traduit les données de SWORD, les éléments de la simulation et les messages échangés en descriptions d'actions formelles, on procède à une première analyse du flot des ressources manipulées au travers de ces actions, sous une forme similaire à ce qui a été proposé précédemment pour la génération narrative [22]. Puis, nous montrons comment le graphe obtenu peut être traité pour soutenir le discours d'un participant qui raconte son expérience. L'outil SWORD est équipé d'une fonction de *rejeu* qui peut être améliorée et intégrer ces analyses graphiques, qui peuvent alors être elles mêmes complétées : les outils traditionnels des postes de commande militaires sont un bon point de départ pour enrichir l'interface d'un tel outil (calques cartographiques affichant des symboles spécifiques), mais afin de vraiment faire sens, certains points de vue devront être utilisés pour chacun des noeuds, afin de refléter la situation, et les relations entre les noeuds. Nous proposons d'utiliser des *Vignettes* pour représenter les noeuds les plus saillants du graphe narratif<sup>4</sup>. La suite de cet article détaille ces différents traitements

## 4 Construction du graphe narratif

La production de graphe narratif comporte deux étapes : dans un premier temps, un graphe causal brut est construit à partir des rapports de la simulation pour créer un graphe dont les noeuds sont des événements liés par des relations causales, puis des sous-graphes peuvent être extraits par l'utilisateur, et automatiquement retravaillés afin d'être plus lisibles.

### 4.1 Graphe causal brut

Nous avons produit une description formelle des traces des événements SWORD en actions atomiques, qui correspondent aux noeuds du graphe causal brut. Ces actions expriment ce qui, dans la simulation, a été modifié lors de la production de l'événement. Ce composant fournit à la fois le moyen de traiter les événements et les traduire en actions automatiquement à partir des bases de données décrivant la session de simulation et à la fois la production du graphe causal *brut* décrivant les causes contributives aux événements. L'algorithme effectue un traitement séquentiel

4. La sélection des noeuds du graphe importants à explorer se fera à l'aide de routines automatiques ou au choix de l'utilisateur

de l'état de la session de simulation au cours de son déroulement, ce qui nous permet d'envisager pour l'implémentation finale au sein de SWORD une construction au fur et à mesure du déroulement de l'exercice (actuellement le prototype est un composant séparé). En effet, l'état de la session de simulation est maintenu en permanence, et permet de connaître pour chacun de ses *instants* le statut opérationnel complet de chaque unité, ainsi que les connaissances qu'ont les unités les unes par rapport aux autres. L'implémentation actuelle est faite en Go et le processus de génération du graphe à partir des traces prend environ 500ms sur un ordinateur portable de milieu de gamme pour nos scénarios les plus complexes. Le graphe produit est décrit dans les formats dot et json, ce qui facilite leur traitement avec des outils standard de traitement et de visualisation.

Les différents types d'événements et de rapports produits par la session de simulation (position et état des unités, échanges de tirs, événement de détection, de déplacement des unités, partage de connaissances entre unités,...) ont donc tous été traduits en formules de logique linéaire utilisant l'implication linéaire comme connecteur central. Les diagrammes obtenus à partir de l'analyse du flot des ressources dans la succession d'événements permet ainsi d'obtenir le réseau des causes contributives entre ces événements. La figure 3 montre un exemple de graphe calculé à l'aide d'un exemple très simple : une unité se déplace, et rencontre une zone minée.

### 4.2 Exploiter le graphe brut : identification de complexes d'événements, requêtes

Les résultats d'analyse narrative sur les exercices réalistes donnent des graphes de très grande taille, même sur des exemples simples. Le scénario nommé Ménéil Annelle est le plus gros scénario d'exercice :

| Scénario : | Egypt | Sweden | Ménéil Annelle |
|------------|-------|--------|----------------|
| noeuds     | 1902  | 5760   | 11891          |
| liens      | 4021  | 12620  | 22668          |

Les graphes résultants ne sont donc ni représentables, ni a fortiori manipulables ou interprétables par un utilisateur, même expert. Nous avons travaillé sur des factorisations automatiques de granularité des noeuds présentés ainsi que fait quelques aménagements d'affichage simples.

Nous avons testé des heuristiques de traitement, en commençant par des simplifications (unification des déplacements atomiques par exemple), nous avons travaillé également sur les contraintes de placement des noeuds du graphe pour en faciliter la lisibilité d'un point de vue temporel, et ainsi faciliter la perception de trajectoires événementielles. Nous nous sommes reposés sur des algorithmes et heuristiques classiques de représentation des graphes, et avons identifié cet aspect comme un enjeu futur nécessitant un travail spécifique, intégré aux cas d'utilisations futurs et à des enjeux ergonomiques. En jaune sur la figure 4, on peut voir un noeud représentant un échange de tirs, dont la conséquence est la destruction d'unités. Ce sont des missions ayant entraîné des déplacements, qui ont provoqué des détections mutuelles d'unités, qui ont mené à cet échange.

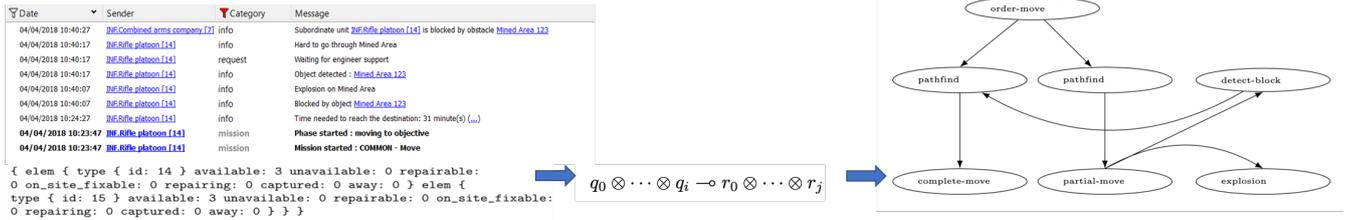


FIGURE 3 – A partir des rapports de la simulation, encodage des événements en actions narratives, en décrivant leurs effets en logique linéaire, puis production du graphe exprimant les relations causales entre ces dernières

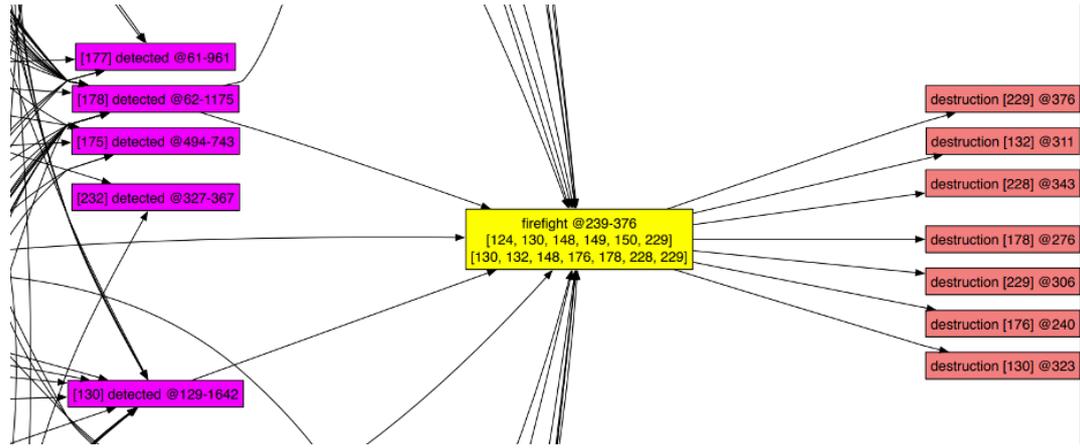


FIGURE 4 – Un extrait de graphe post-traitement automatique sur la granularité des événements présentés

Certaines heuristiques que nous considérons prometteuses, comme l'utilisation des bascules de rapport de force, se sont finalement révélées inefficaces et redondantes pour repérer et factoriser les événements marquants par rapport à une analyse de la centralité causale de certains nœuds. En revanche, des mécanismes simples de rassemblements de complexes d'actions à partir de leur proximité spatio-temporelle, ainsi que mettant en valeur la saillance nécessaire de certains événements d'un point de vue métier (destructions, pertes humaines), se sont révélés très efficaces. Du point de vue des performances, la production de ce graphe narratif peut prendre quelques minutes sur le plus gros scénario mais une fois généré, les requêtes se font dans des temps interactifs. De plus, nous n'avons pas essayé d'optimiser.

Une fois ces traitements appliqués, le graphe *narratif* global obtenu est d'une taille plus à même d'être compréhensible, comme l'indique le tableau ci-dessous, mais pas encore autoporteur (pour vous en convaincre, vous pouvez également consulter de loin le graphe narratif du scénario Egypt, le plus simple de nos scénarios réalistes, sur la figure 5 :

| Scénario : | Egypt           | Sweden | Ménil Annelle |
|------------|-----------------|--------|---------------|
|            | Graphe brut     |        |               |
| noeuds     | 1902            | 5760   | 11891         |
| liens      | 4021            | 12620  | 22668         |
|            | Graphe narratif |        |               |
| noeuds     | 326             | 973    | 2072          |
| liens      | 503             | 1429   | 2798          |

Des filtres sont ensuite appliqués, et offrent des vues partielles du graphe narratif. Par exemple, on peut demander l'histoire d'une unité spécifique, ou inventorier les événements qui forment les causes d'un événement donné. Le graphe en résultant détaille les missions des unités concernées, leurs déplacements, les ennemis détectés, les échanges de tir et les dommages. Les vues peuvent alors être enrichies de vignettes décrivant les contextes opérationnels.

### 5 Vignettes pour l'enrichissement du graphe narratif

Notre étude nous a menés à identifier quatre grandes familles de vignettes :

- les synthèses automatiques de la situation tactique courante et de la manœuvre en cours ;
- des analyses métier permettant à un officier d'une cellule d'un poste de commandement d'accéder en un instant aux principaux indicateurs ;
- les vues plus abstraites fondées directement sur des critères décisionnels doctrinaux ;
- des vues permettant des calculs prévisionnels, de délais par exemple, prenant en compte la situation tactique.

Nous donnons dans cette partie quelques exemples de vignettes. Les vignettes ont été validées par des experts.

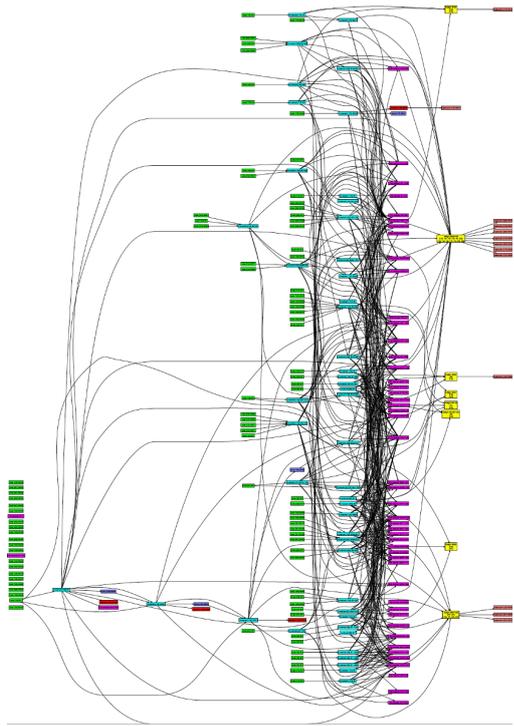


FIGURE 5 – Le graphe narratif complet pour le scénario réaliste le plus simple, Egypt (pas encore autoporteur !)

### 5.1 Synthèse : cartographie de l'avancement de la manoeuvre

Après avoir étudié la façon dont on travaille au sein d'un poste de commandement, en particulier lors de la préparation de *briefing*, il est apparu nécessaire de générer une cartographie de l'avancement des troupes contenant les principales lignes de bataille (FLOT (*Forward Lines of Own Troops*), la LOA (*Lines Of Attack*), LC (*Lines of Contact*), ...). La simulation permettant de calculer la situation tactique attendue, il est possible, en la comparant à la situation courante, de proposer un calcul de l'avancement des missions en cours et de proposer des indicateurs de succès des missions. Un exemple d'une telle vignette est présenté figure 6.

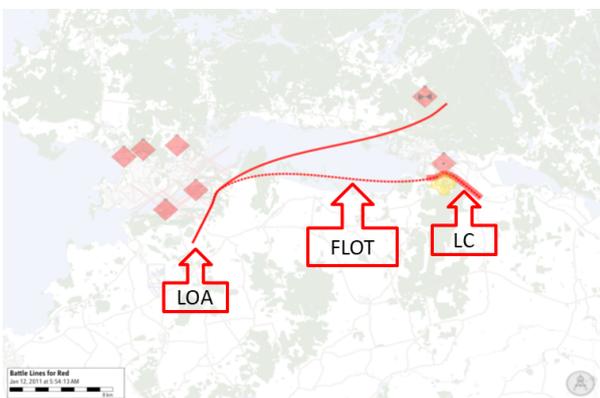


FIGURE 6 – Vignette de Synthèse : cartographie de l'avancement de la manoeuvre

### 5.2 Synthèse : cartographie contextualisée de l'emprise terrain des troupes

Grâce à un travail de contextualisation des données capacitaires brutes des unités réalisé par la simulation, il est possible de calculer des valeurs réalistes des capacités des unités (portée de tir, de portée de capteur, ...) en les combinant à des données plus abstraites. Par exemple, la portée de détection effective est fonction non seulement de sa portée théorique mais également de la vitesse de déplacement courante d'une unité, sa mission, de sa posture ou de la dangerosité du lieu.

### 5.3 Synthèse : cartographie des effets courants des troupes sur le terrain

Doctrinalement, chaque mission est caractérisée par un effet principal attendu et un ou deux effets secondaires. En enrichissant et combinant les vignettes précédentes, il est possible de proposer une cartographie des principaux effets appliqués sur le terrain : acquisition d'information, avance offensive, aide à la mobilité, contre-mobilité, contrôle de zone, etc. Ceci permet d'obtenir une vue simplifiée de la situation et ainsi d'apprécier la manoeuvre en cours. Un exemple d'une telle vignette est présenté figure 7.

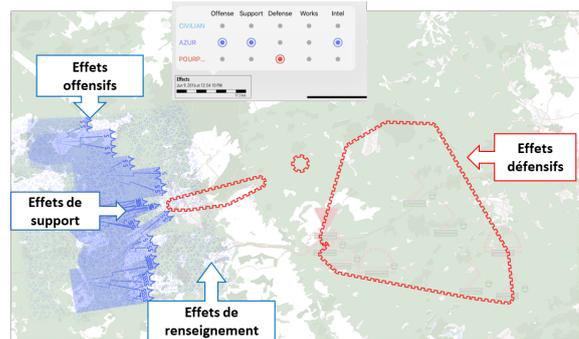


FIGURE 7 – Vignette de Synthèse : cartographie des effets courants des troupes sur le terrain

### 5.4 Analyse métier : cartographie des rapports de forces locaux

Il est possible également de proposer un autre contexte fondé sur une cartographie de la dangerosité locale de l'ennemi. Une estimation de cette dangerosité est calculée par la simulation pour chaque unité. Doctrinalement, le comportement à adopter étant, selon les missions, fonction de l'estimation du rapport de force et de l'environnement (zone urbaine, zone ouverte), il est donc possible d'extrapoler les risques concernant les missions en cours et d'alerter les officiers en charge. Un exemple d'une telle vignette est présenté figure 8.

### 5.5 Outils de projection : soutien à l'élaboration d'hypothèses d'évolution de la situation

En reprenant l'exemple précédent, une nouvelle détection ennemie risque de faire basculer le rapport de force local,

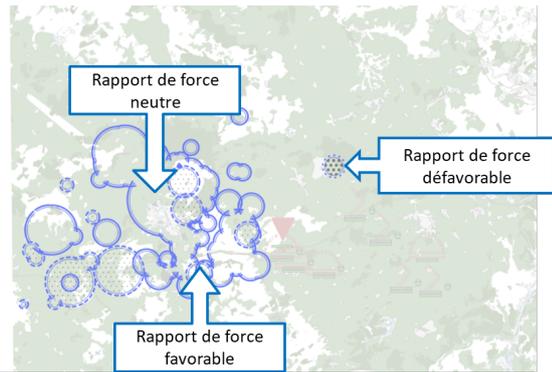


FIGURE 8 – Vignette d’analyse métier : cartographie des rapports de forces locaux

il est peut-être nécessaire de renforcer le dispositif rapidement. En combinant les capacités de déplacement et de tir, le terrain et ses évolutions, les obstacles connus (zones minées, etc.), les connaissances ennemies (et dans l’ambiance de vitesse à adopter localement), la météo courante et prévisionnelle, etc., la simulation peut calculer des délais de déplacement réalistes (et non théoriques). La vue interactive propose une sélection triée des unités les plus à même de soutenir une unité bleue en difficulté ou d’appliquer des tirs sur un ennemi désigné. Le but n’est pas ici d’avoir une estimation précise des délais mais de comparer les délais potentiels entre les unités. Un exemple d’une telle vignette est présenté figure 9.

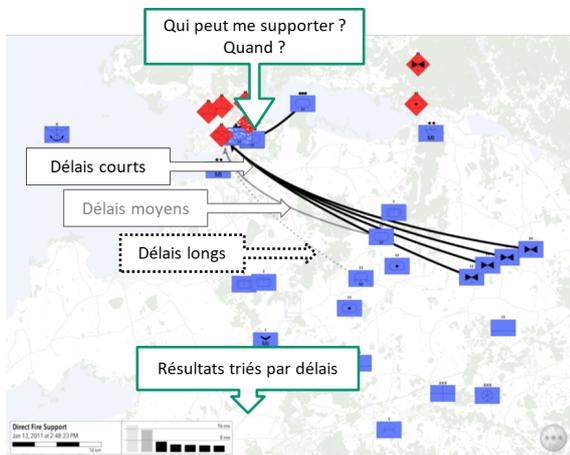


FIGURE 9 – Vignette de projection : soutien à l’élaboration d’hypothèses d’évolution de la situation

## 6 Cas d’utilisation proposé

Les heuristiques de type bascules de rapport de force (rebondissements, conflits et adversité) ainsi que d’autres que nous avons identifiées lors de travaux parallèles au champ d’investigation principal du projet n’ont pas toutes donné des résultats très intéressants du point de vue de la factorisation des événements dans le graphe, mais elles peuvent toujours se révéler très intéressantes pour une identification

des moments saillants d’une simulation, proposant ainsi à l’utilisateur des points d’entrées méritant une investigation plus poussée pour l’analyse de la simulation. En guise d’illustration de l’intégration future de nos résultats dans la simulation SWORD, nous décrivons ici un cas d’utilisation.

### 6.1 Scénario de la simulation

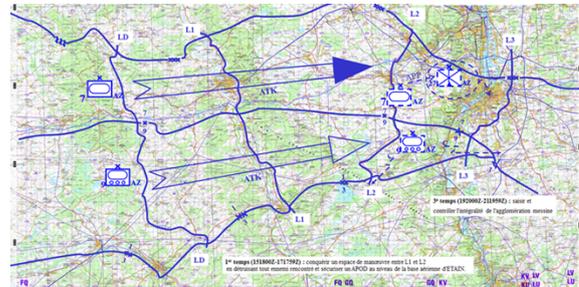


FIGURE 10 – Manœuvre entraînée : Conquérir la zone comprise entre L1 et L2 en neutralisant tout ennemi rencontré. Livrer une ligne de débouché sur la L2 pour le 17 juin

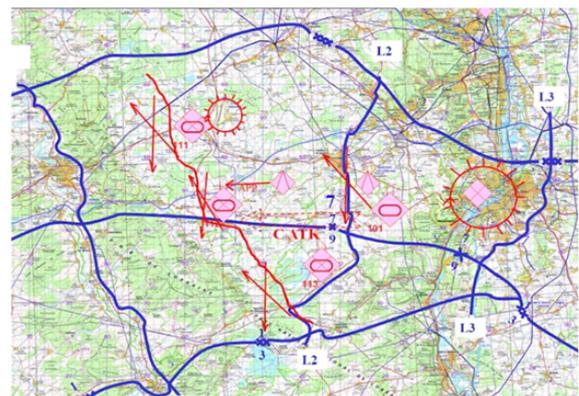


FIGURE 11 – Manœuvre Ennemie : Deux bataillons installés sur la ligne de défense. Réseaux d’obstacles minés entre la Meuse et la ligne de défense rouge. L’objectif de l’ennemi installé en défensive est d’interdire les accès Ouest de Metz tout en essayant de défendre la base aérienne d’Étain.

Les figures 10 et 11 décrivent un scénario de simulation pour respectivement : la manoeuvre objectif des entraînés (en bleu) et la manoeuvre ennemie (en rouge). L’opération bleue est un succès mais il y a de nombreuses pertes. Il apparaît que l’essentiel des pertes est constitué d’un bataillon de reconnaissance. Un rejeu de SWORD peut alors proposer ce bataillon comme élément saillant à étudier, pour essayer d’identifier les causes de ces pertes et déterminer si elles auraient pu être évitées.

### 6.2 Comprendre les causes des pertes

Pour comprendre l’origine des pertes, nous générons un sous-graphe narratif centré sur l’une des patrouilles d’éclairage détruite (figure 12). Cette extrait permet de comprendre facilement son histoire et de la raconter : La patrouille

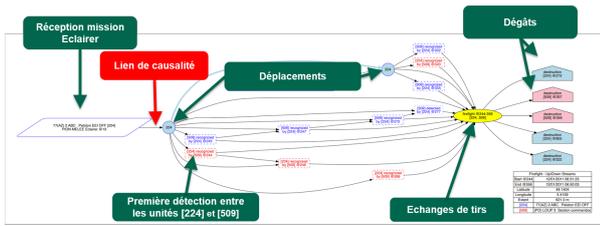


FIGURE 12 – La portion de graphe narratif relatif à l’unité 224

d’éclairage AT4CS [224] reçoit la mission « éclairer » à 11h35 (tic 224), elle se déplace et rencontre l’unité ennemie [509] deux minutes plus tard (tic 245). Les deux unités se détectent mutuellement, échangent des tirs et se créent mutuellement des dégâts entre 11h43 (tic 273) et 12h21 (tic 500). Pour une meilleure compréhension, il semble alors utile de regarder une synthèse de la situation tactique à cet instant. Les vignettes présentées figure 13 proposent une vi-

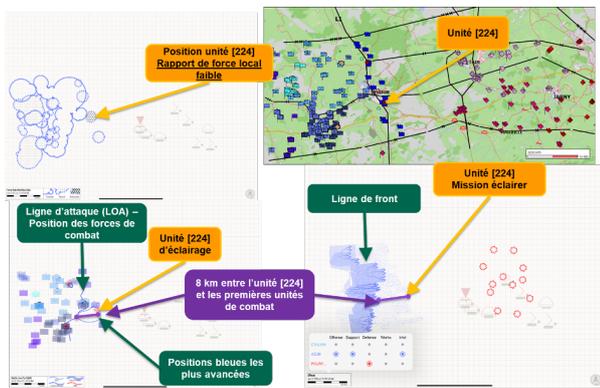


FIGURE 13 – Contexte tactique de l’unité 224 durant l’échange de tir fatal : capacités de soutien plusieurs-contre-un vers l’unité bleue centrale contre les unités rouges (à gauche). Capacités de soutien un-contre-plusieurs de l’unité en bas à gauche vers d’autres unités amies (à droite). Sur ces vignettes, la capacité d’assistance rapide et efficace est codée à l’aide de couleurs : de bonne (verte) à médiocre (rouge). Nous utilisons la *symbologie militaire interarmées* de l’OTAN [1]

sualisation du contexte tactique lorsque l’unité [224] a été prise à partie : la vignette du rapport indique que l’unité était isolée et les deux autres vignettes montrent qu’elle était en première ligne, éloignée de plus de 8km des plus proches forces de combat.

## 7 Travaux proches

Niehaus et al. [26] expliquent que l’utilisation de l’intelligence narrative pour le *sensemaking* est une piste de recherche prometteuse, avec des applications potentielles dans le domaine militaire, de la santé, ou le milieu des affaires. Ils proposent de suivre une approche fondée sur l’apprentissage machine qui prend en compte la structure narrative ainsi que les liens causaux entre les différents évé-

nements d’un récit.

Nos travaux diffèrent de [26] dans l’approche : nous voulons que les participants de la simulation soient capables de produire eux-mêmes (avec l’assistance de l’outil) ce qui s’est passé, de leur propre point de vue. Bien que nous ayons envisagé d’incorporer dans le futur localement un peu d’apprentissage machine supervisé pour faciliter les tâches répétitives, nous ne recherchons pas à réaliser un système de storification complètement automatique basé sur ces méthodes.

Le système *Bardic* [6] propose des *narrativisations* pour décrire l’activité dans des domaines complexes afin que l’information devienne accessible à des non-experts. Ce système traduit un fichier de log donné en une théorie logique du premier ordre exprimée avec *Impulse* [14]<sup>5</sup> et à partir de ces représentations, le système produit un graphe causal à partir des préconditions des actions et de leurs effets. Il y a plusieurs similarités entre ces travaux et les nôtres : les deux systèmes sont fondés sur des logiques, et les deux outils sont orientés vers la production de graphes causaux à partir de données brutes. La manière d’extraire ce graphe brut est un peu différente. *Bardic* repose sur une approche semblable à *STRIPS* [16] qui fonctionne sur des modification d’états. Nous travaillons à partir d’une représentation des ressources et de leur consommation, ce qui nous fournit une représentation plus détaillée et générique (les états aussi peuvent être encodés sous forme de ressources), plus à même de représenter les liens de causalité au sein du réseau, moins ad-hoc.

## 8 Perspectives et travaux futurs

### 8.1 Reception du projet

Suite à de multiples démonstrations et présentations du projet auprès des opérationnels et de la DGA, des profils variés se sont montrés très intéressés par les résultats. Les équipes en charge du programme de formation SOULT ont commandé des « smart diagrams » pour la supervision d’exercices mobiles et l’AAR. La section EMAT, en charge de l’analyse et de la recherche opérationnelle, a également commandé des schémas intelligents liés à l’amélioration du renseignement. Cette section a pour mission d’analyser les données numériques, tant organiques qu’opérationnelles, pour présenter des vues objectives et consolidées.

### 8.2 Intégration dans SWORD

L’algorithme de construction du graphe brut procède séquentiellement sur l’état de la simulation au fur et à mesure du temps, ce qui laisse envisager une construction et une sauvegarde du graphe au fur et à mesure du déroulement de la simulation (au travers d’une intégration avec SWORD au lieu d’un composant dissocié). Cet état maintient à chaque instant de la simulation l’ensemble du statut opérationnel des unités de la simulation ainsi que les connaissances des unités les unes par rapport aux autres. Outre l’impression de gain de performance qu’une intégration plus synergique

5. *Impulse* fournit un cadre temporel (intervalles de Allen [5]) et épistémique ([34])

à SWORD pourrait procurer à l'utilisateur final, cela permet également de prévoir des cas d'utilisation différents (consultation des graphes narratifs en cours de simulation) et une exploration contrefactuelle en rejeu de session de simulation, qui permettrait à l'utilisateur d'aller au delà d'une analyse fondée sur des causes contributives en construisant différents graphes à partir de moments donnés de la simulation. Il pourrait ainsi retrouver les causes "réelles" (actual causes) au sens de [20], qui décrit bien (et caractérise formellement) comment causes et responsabilités telles que perçues par les humains font intervenir non seulement le raisonnement sur ce qui s'est produit, mais aussi sur ce qui aurait pu être si certains événements ou choix n'avaient pas eu lieu.

### 8.3 Perspectives de recherche

Plusieurs pistes de travaux futurs ont été identifiées à l'issue du projet. Des travaux concernant l'introduction de la notion de ressources dans le paradigme sous-tendant ASP (sémantique *stable models*) ont été envisagés un temps. Cette proposition permettrait à terme de combiner les avantages d'une représentation des ressources qui a fait ses preuves en narration computationnelle [23] avec un langage de programmation logique de niveau industriel. À terme cela facilitera l'intégration de travaux similaires aux nôtres dans d'autres applications que SWORD. Nous avons également identifié plusieurs pistes pour l'amélioration du graphe narratif : par exemple, des techniques de classification ont été envisagées dans l'objectif de déterminer la probabilité d'apparition d'une séquence d'actions, de détecter les séquences peu probables, voire de prédire la suite d'une séquence, avec comme objectif à terme d'identifier des anomalies. Enfin, nous désirons combiner des techniques d'énumération de motifs dans les graphes (tels que [12]) avec des motifs dynamiques issus de la narratologie structurale pour proposer des factorisations d'événements d'un niveau sémantique élevé.

## 9 Conclusion

Le projet STRATEGIC a permis d'explorer l'utilisation d'outils de storification fondés sur la logique linéaire pour le *debriefing* de sessions de formation par la simulation. Ces outils assistent la construction de supports pour les personnes entraînées et leurs tuteurs, mêlant des représentations causales sous forme de diagrammes à des vues instantanées décrivant le contexte à des moments choisis (sous forme de vignettes). Nous remarquons que ces techniques peuvent être adaptées à d'autres types de simulation que celle que nous considérons, qui relève du domaine militaire. Dans une simulation SWORD, les graphes narratifs obtenus permettent notamment :

- d'expliquer l'histoire d'une unité ;
- de comprendre le rôle de toutes les unités impliquées dans une phase donnée, par exemple des échanges de tir, et évaluer leur importance dans ce contexte ;
- de visualiser le rôle des unités dans la manœuvre, et évaluer leur importance (une mission peut avoir des

conséquences multiples, ou n'avoir aucun effet) ;

Le développement du prototype et ses performances en termes de passage à l'échelle sont représentatifs de l'intégration finale : le projet prend en compte toutes les missions, mises à part quelques-unes liées à la logistique. En ce qui concerne le graphe narratif, nous avons identifié les pistes pour permettre aux utilisateurs d'améliorer son exploitation par une intégration dans SWORD : points d'entrée des requêtes grâce à la proposition de moments-clés, modifications du mode rejeu pour l'exploration de scénarios contrefactuels à partir de moments-clés).

De plus, afin d'appréhender le contexte tactique global pour un événement du graphe, nous avons proposé des vignettes permettant d'avoir une vision multifacette de la situation tactique à un moment donné :

- un calcul des capacités des unités au sol en fonction du contexte tactique (mission en cours et vitesse de l'unité, météo, expérience de l'unité, ...)
- un calcul des principaux effets appliqués sur le terrain en fonction des missions assignées aux unités ;
- un calcul du rapport de force (ou des forces locales des unités) à partir de leur connaissance de l'ennemi ;
- un calcul des principales lignes tactiques (FLOT, LC, LOA).

Les premiers résultats sont prometteurs et certains travaux ont déjà été commandés par l'armée dans un cadre qui dépasse largement le cadre du *debriefing* post-session de simulation. L'armée de terre française a commandé de nombreux diagrammes intelligents dans un cadre de formation, mais aussi pour l'évaluation du renseignement. À l'avenir, nous pensons que ces travaux pourraient également être utilisés au sein de systèmes d'aide à la décision et d'alerte. L'approche de *debriefing* narratif peut également être transférée à la simulation dans d'autres domaines.

## Remerciements

Le projet STRATEGIC (2017-2021) a été financé par la Direction Générale de l'Armement au travers du programme ASTRID Maturation.

## Références

- [1] Nato joint military symbology (MIL-STD-2525D), 2014. Department of Defense Interface Standard.
- [2] Mitchel Y Abolafia. Narrative construction as sensemaking : How a central bank thinks. *Organization Studies*, 31(3) :349–367, 2010.
- [3] Sanne Akkerman, Wilfried Admiraal, and Jantina Huizenga. Storification in History education : A mobile game in and about medieval Amsterdam. *Computers & Education*, 52(2) :449–459, 2009.
- [4] G. Allen and R. Smith. After action review in military training simulations. In *Proceedings of Winter Simulation Conference*, pages 845–849, 1994.

- [5] J. Allen. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, (11) :832–843, 1983.
- [6] Camille Barot, Michael Branon, Rogelio E Cardona-Rivera, Markus Eger, Michelle Glatz, Nancy Green, James Mattice, Colin M Potts, Justus Robertson, Makiko Shukonobe, et al. Bardic : Generating multimedia narrative reports for game logs. In *10th International Workshop on Intelligent Narrative Technologies*, 2017.
- [7] Fiona Berreby, Gauvain Bourgne, and Jean-Gabriel Ganascia. Event-based and scenario-based causality for computational ethics. In *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, AAMAS '18, pages 147–155, 2018.
- [8] Anne-Gwenn Bosser, Marc Cavazza, and Ronan Champagnat. Linear Logic for non-linear storytelling. In *ECAI 2010*, volume 215 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press, 2010.
- [9] Anne-Gwenn Bosser, Pierre Courtieu, Julien Forest, and Marc Cavazza. Structural analysis of narratives with the Coq proof assistant. In *Proceedings of Interactive Theorem Proving - Second International Conference (ITP-2011)*, 2011.
- [10] Gerhard Brewka, Thomas Eiter, and Mirosław Truszczyński. Answer set programming at a glance. *Commun. ACM*, 54(12) :92–103, 2011.
- [11] Thomas Cabioch, Ronan Champagnat, Anne-Gwenn Bosser, Jean-Noël Chiganne, and Martin Dieguez. Timing Interactive Narratives. In *2019 IEEE Conference on Games (CoG)*, pages 1–8, August 2019. ISSN : 2325-4289.
- [12] Raphaël Charbey, Cécile Bothorel, and L. Brisson. Énumération de motifs dans un graphe d'évolution de communautés (Pattern mining in community evolution graph). In *MARAMI*, 2020.
- [13] Giuliana Dettori and Ana Paiva. *Narrative Learning in Technology-Enhanced Environments*, pages 55–69. Springer Netherlands, Dordrecht, 2009.
- [14] M. Eger, C. Barot, and R. M. Young. Impulse : a formal characterization of story. In *CMN'15*, 2015.
- [15] Ruth M Fanning and David M Gaba. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in healthcare*, 2(2) :115–125, 2007.
- [16] Richard E. Fikes and Nils J. Nilsson. STRIPS : A new approach to the application of theorem proving to problem solving. *Artificial Intelligence*, 2(3) :189 – 208, 1971.
- [17] Gerard Genette. *Narrative Discourse : An Essay in Methods*. 1979.
- [18] Jean-Yves Girard. Linear logic. *Theoretical Computer Science*, 50 :1–102, 1987.
- [19] J. Y. Halpern. Hypothetical knowledge and counterfactual reasoning. *International Journal of Game Theory*, 28(3) :315–330, 1999.
- [20] Joseph Y. Halpern. *Actual Causality*. The MIT Press, 2016.
- [21] D. Lewis. *Counterfactuals*. Blackwell, 1973.
- [22] Chris Martens, Anne-Gwenn Bosser, Joao F Ferreira, and Marc Cavazza. Linear logic programming for narrative generation. In *International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, pages 427–432. Springer, 2013.
- [23] Chris Martens, Joao F Ferreira, Anne-Gwenn Bosser, and Marc Cavazza. Generative story worlds as linear logic programs. In *Seventh Intelligent Narrative Technologies Workshop*, 2014.
- [24] Lawrence J Mazlack. Granular causality speculations. In *Fuzzy Information, 2004. Processing NAFIPS'04. IEEE Annual Meeting of the*, volume 2, pages 690–695. IEEE, 2004.
- [25] Tim Miller. Explanation in artificial intelligence : Insights from the social sciences. *Artificial Intelligence*, 267 :1–38, February 2019.
- [26] James Niehaus, R. Michael Young, Scott Neal Reilly, Peter Weyhrauch, and James Tittle. Towards intelligent narrative-based interfaces for information discovery. In *10th International Workshop on Intelligent Narrative Technologies*, 2017.
- [27] C. L. Ortiz. Explanatory update theory : Applications of counterfactual reasoning to causation. *Artificial Intelligence*, 108(1) :125 – 178, 1999.
- [28] Judea Pearl. *Causality : Models, Reasoning and Inference*. Cambridge university press, 2009.
- [29] M. O. Riedl. Computational narrative intelligence : a human-centered goal for artificial intelligence. In *Proceedings of the CHI 2016 Workshop on Human Centered Machine Learning*, 2016.
- [30] C. Sakama. Counterfactual reasoning in argumentation frameworks. In *Computational Models of Argument - Proceedings of COMMA'14*, pages 385–396, 2014.
- [31] Tom Trabasso and Linda L Sperry. Causal relatedness and importance of story events. *Journal of Memory and Language*, 24(5) :595 – 611, 1985.
- [32] Tom Trabasso and Paul van den Broek. Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24(5) :612 – 630, 1985.
- [33] Susan W. van den Braak, Herre van Oostendorp, Henry Prakken, and Gerard A. W. Vreeswijk. Representing narrative and testimonial knowledge in sense-making software for crime analysis. In *Proceedings of the 2008 Conference on Legal Knowledge and Information Systems*, pages 160–169. IOS Press, 2008.
- [34] H. van Ditmarsch, J.Y. Halpern, W. van der Hoek, and B.P. Kooi. *Handbook of Epistemic Logic*. College Publications, 2015.