



THÈSE

En vue de l'obtention du **DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE**

Délivré par l'Université Toulouse 3 - Paul Sabatier

Présentée et soutenue par

Jean-Luc HAK

Le 18 juillet 2019

Résumé de la thèse

Ingénierie des annotations pour le support de processus de conception
de systèmes interactifs: une approche basée modèle et outillée

Ecole doctorale : **EDMITT - Ecole Doctorale Mathématiques, Informatique et
Télécommunications de Toulouse**

Spécialité : **Informatique et Télécommunications**

Unité de recherche :

IRIT : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Thèse dirigée par

Philippe PALANQUE et Marco WINCKLER

Jury

Mme Kathia MARCAL DE OLIVEIRA, Rapporteur

M. Jean VANDERDONCKT, Rapporteur

Mme Regina BERNHAUPT, Présidente du jury

M. Philippe PALANQUE, Co-directeur de thèse

M. Marco WINCKLER, Co-directeur de thèse

Table des matières

Présentation du document.....	1
Chapitre 1. Introduction.....	3
Chapitre 2. Synthèse des états de l'art.....	7
2.1. Aperçu des différents processus de développement.....	7
2.2. Analyse des annotations.....	8
2.3. Analyse des outils existants.....	11
2.4. Conclusion.....	13
Chapitre 3. Présentation des contributions.....	15
3.1. Cycle de vie des annotations.....	15
3.2. Une approche basée modèle pour décrire les annotations.....	19
3.3. Une architecture pour intégrer les annotations dans plusieurs types d'artefacts différents....	22
3.4. Application aux études de cas.....	25
3.5. Conclusion.....	29
Chapitre 4. Conclusion.....	31
Liste des publications.....	35
Références.....	37

Présentation du document

Ce document est un résumé du manuscrit de thèse de 143 pages rédigées en anglais intitulée « Engineering annotations for supporting the design process of interactive systems : A model-based approach and a tool suite » ou « Ingénierie des annotations pour le support de processus de conception de systèmes interactifs : une approche basée modèle et outillée ». Ce manuscrit est disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02268176>

Cette thèse a été soutenue le 18/07/2019 à Toulouse devant le jury composée de Mme Regina BERNHAUPT (Présidente du jury), Mme Kathia MARCAL DE OLIVEIRA (Rapporteur), M. Jean VANDERDONCKT (Rapporteur), M. Philippe PALANQUE (Co-Directeur de thèse), M. Marco WINCKLER (Co-Directeur de thèse) et M. Olivier NICOLAS (invité).

Chapitre 1. Introduction

Les annotations ont toujours été utilisées pour rajouter des informations sur un document. Ces annotations peuvent prendre plusieurs formes (ex. notes dans la marge, post-it, surlignage) et assurer différentes fonctions sur le document (ex. compléter, corriger, expliquer, distinguer les informations importantes). La Figure 1-1 ci-dessous montre deux exemples d'utilisation d'annotations sur des textes imprimés. Ces annotations présentent plusieurs caractéristiques telles que leur positionnement au sein du document, l'utilisation de flèches pour indiquer certains passages de texte, ou encore l'utilisation d'un code couleur pour donner une sémantique spécifique aux annotations.

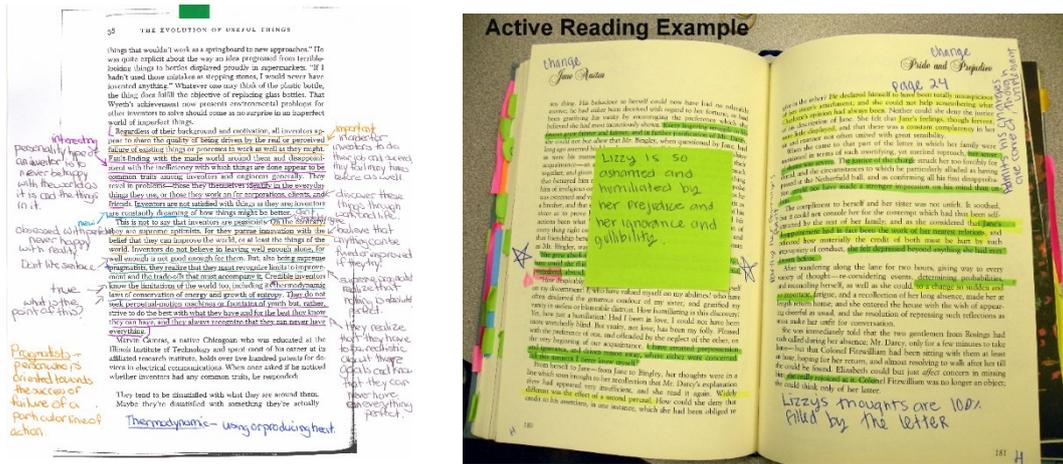


Figure 1-1 Exemple d'annotations sur des documents écrits

Les annotations ne sont pas limitées aux textes imprimés et peuvent très bien être utilisées aussi bien sur des prototypes papier que sur des documents digitaux, ce qui inclut donc les prototypes haute-fidélité par exemple. Dans le cas où l'on annote des prototypes, il est à noter qu'il est tout à fait possible de commenter la partie « Présentation » du système interactif représenté, la partie « Dialogue » ou encore la partie « Noyau fonctionnel ».

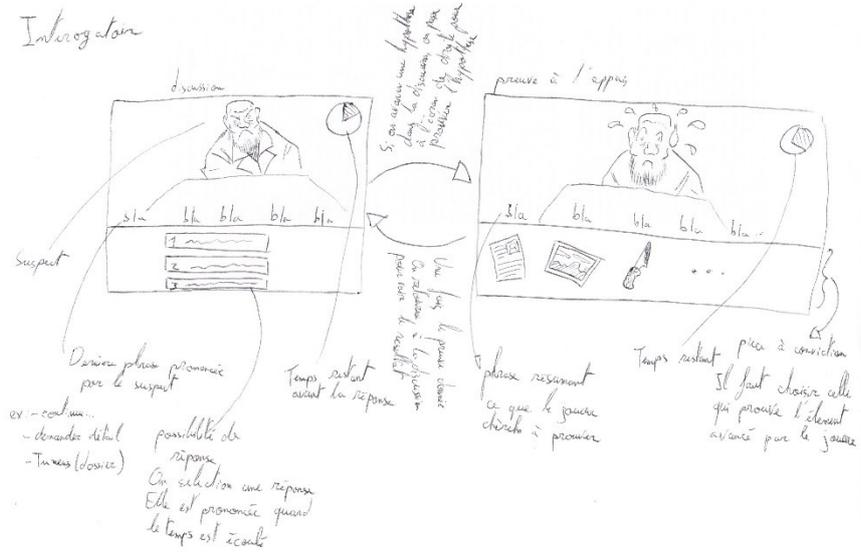


Figure 1-2 Prototype papier d'un mini-jeu

La Figure 1-2 ci-dessus présente un prototype papier sur lequel de nombreuses annotations ont été rajoutées afin d'expliquer le design. Ainsi, on retrouve des notes textuelles rattachées à des éléments de l'interface via des traits, des explications sur les transitions entre les deux fenêtres avec une proximité

du texte avec les flèches représentant le dialogue mais aussi un titre situé en haut à gauche du prototype qui concerne le document dans son ensemble.

De manière générale, nous observons que les artefacts ne sont pas auto-suffisants pour expliquer et représenter un système interactif et que l'utilisation d'annotations permet de pallier ce problème. Néanmoins, les annotations sont également utilisées pour de nombreuses autres raisons comme par exemple pour communiquer au sein d'une équipe ou pour organiser et planifier des tâches.

Dans le contexte de la conception de systèmes interactifs, de nombreux artefacts sont produits et utilisés au sein de différentes activités. Chacun de ces artefacts sont susceptible d'être annotés, ce qui peut provoquer des problèmes au niveau de la gestion des annotations. En effet, les annotations s'accumulent au fil du temps et les informations transportés dans les annotations sont éparpillés à travers différents artefacts et différentes versions d'artefacts.

Par ailleurs, l'annotation de documents digitaux présente des spécificités liées au support. En effet, contrairement aux documents physiques, les documents digitaux sont produits avec des outils spécifiques (ex. éditeur « Microsoft Word » pour rédiger des documents Word), possède un format lié à l'outil (ex. format « .doc ») et ces documents peuvent évoluer de manière significative.

Au cours de cette thèse, nous nous intéressons au rôle joué par les annotations durant le processus de développement de systèmes interactifs. Par ailleurs, étant donné la nature associative des annotations, nous considérons que les annotations pourraient constituer une solution pour répondre au problème de la traçabilité des choix de conceptions sur les artefacts. Les objectifs de ces travaux sur les annotations sont les suivants :

- i) Etudier une stratégie systématique pour connecter les idées et les choix de conceptions aux différents artefacts utilisés pour la conception et la production de systèmes interactifs
- ii) De promouvoir le développement d'outils permettant d'aider les équipes de développement à visualiser les choix de conceptions effectués au cours du processus de développement de systèmes interactifs

Les travaux de cette thèse s'appuient sur les prémisses suivantes :

- Les annotations doivent être formalisées afin de pouvoir construire des outils permettant de manipuler ces annotations
- Les annotations sont considérées comme étant des artefacts à part entière. Nous appelons ici artefacts tout élément produit dans le but de contribuer au développement du système interactif tel que les prototypes, les modèles, la spécification etc.
- Les annotations sont dynamiques et peuvent être amenés à changer/évoluer durant les itérations du processus de développement

Bien que nous suggérions que les annotations puissent être créées sur n'importe quels types d'artefacts, nous nous concentrons sur les annotations créés essentiellement sur les prototypes d'interface utilisateurs. Néanmoins, nous étendons l'étude aux modèles de tâches et aux modèles du dialogue afin d'illustrer la connexion d'artefacts via les annotations et de démontrer qu'il est possible d'utiliser les annotations afin de créer une vue cohérente du système interactif.

Nous faisons l'hypothèse que le contenu des annotations peut affecter l'évolution des prototypes et des artefacts utilisés lors du développement de système interactif. Ainsi, nous devrions pouvoir tracer

les choix de conceptions en suivant l'évolution des artefacts et des annotations connectés à ces artefacts.

Pour cette étude, nous avons adopté une approche d'ingénierie d'annotations qui consiste à faire une analyse de l'existant, afin de pouvoir ensuite proposer des modèles, des processus ainsi que des outils pour les annotations dans le contexte de conception de système interactifs.

Ce résumé est composé de 4 chapitres distincts.

Le **Chapitre 1** correspond à cette introduction.

Le **Chapitre 2** présente une synthèse des différents états de l'art réalisés pour cette thèse. Ces états de l'art sont présentés en détail dans les chapitres 2, 3 et 4 du manuscrit.

Le **Chapitre 3** est consacré à la présentation des trois différentes contributions de la thèse. La première contribution est une formalisation du cycle de vie des annotations et de ses cibles dont le détail se trouve dans le chapitre 5 du manuscrit. La seconde contribution présentée dans le chapitre 6 du manuscrit est une proposition de modèle pour les annotations créées dans un contexte de conception de systèmes interactifs. La troisième contribution de la thèse est présentée dans le chapitre 7 du manuscrit et consiste en une architecture conçue pour intégrer le support d'annotations dans un environnement de conception de système interactif, ce qui inclut également l'intégration d'annotations dans différents outils d'éditions.

Le **Chapitre 4** présente une conclusion de la thèse ainsi que la liste des publications relatives aux travaux présentés dans cette thèse.

Chapitre 2. Synthèse des états de l'art

Ce chapitre présente une synthèse des trois états de l'art réalisé au cours de cette thèse. Ainsi, ce chapitre est composé de 3 sections. La première section est dédiée à la synthèse de l'analyse des différents processus de développement. La seconde section présente les résultats liés à l'analyse des annotations. La troisième section donne un aperçu des différents outils existants permettant de créer et d'éditer les annotations.

2.1. Aperçu des différents processus de développement

Cette section présente une analyse synthétique des différents processus de développement de système interactifs. Cette analyse se base sur les travaux effectués par Célia Martinie dans [1] et a été étendue à d'autres processus tout en portant une attention particulière aux concepts liés à notre étude, ce qui comprend les artefacts produits au cours des processus, les personnes impliqués durant les activités de ces processus ainsi que le caractère itératif du processus durant lesquels les artefacts peuvent être révisés.

La Table 2-1 présente un récapitulatif des analyses effectués sur les processus de développement. Les résultats contenus dans ce tableau sont issu de la description des différents processus trouvés dans la littérature.

	Actors of the process	Active involvement of the client	Active involvement of the end-users	Type of process	Artefacts produced
Waterfall process	Development team	No	No	Sequential	Requirements, Specifications, Code, Tests, Executable
V-Model	Development team	No	No	Sequential	Specification, Architecture design, Code, Tests, Executable
Nabla model	Development team, end-users	No	Yes (for the evaluation)	Sequential	Real model, Reference model, Evaluation results, Validation results, Code, Tests
Spiral model	Development team, Customer, Stakeholders, users, maintenance organization	Stakeholders for reviewing purpose	Optional for reviewing purpose	Iterative	Requirements, Specification, Alternative designs, Constraints, Risk analysis, Prototypes, Executable
Rational Unified Process	Development team, Tester team, Managers, Additional Workers, Customer	Yes for agreeing the description of the requirements	At the end of the process ("Product Release Milestone") during the "transition phase"	Iterative	Business case, Use Case model, Project plan, Risk assessment, Project description, Prototypes, Requirements, Specifications, Architecture description, Development plan, code, tests, Executable
Scrum	Scrum master, Development team, Product Owner	Yes as a Product Owner for prioritize requirements, tasks, and features through the Product Backlog	Only when the client is an end-user or when end-users participates to the creation of User Stories	Iterative	User stories, Product Backlog, Sprint Backlog, Increments, Releases
eXtreme Programming	Development team, Customer	Yes for planning and reviewing	Only when the client is an end-user or when end-users participates to the creation of User Stories	Iterative	Plans, User Stories, Releases, Tests, Code
Star model	Development team, End-Users	No	Yes for the evaluation	Iterative	Requirements, Specifications, Human-Computer Interface models, Prototypes, Implementation
Layered development process model	Development team, End-users	No	Yes	Iterative	Requirements, Users' task and analysis, Design, Implementation, Tests
The Object-Oriented User Interface	Development team, End-users	No	Yes for evaluating the prototypes	Iterative	Requirements, Users' task and analysis, Design, User's

					conceptual model, Prototypes, Implementation
Iterative cyclic process	Development team, End-users	No	Yes	Iterative	End-user requirements, Users' tasks analysis, Formal specifications, Design specifications Prototypes, Releases, Statistic, Interview, Assessment results, Tests
User-Centered System Design	Development team, End-users	No	Yes from the beginning to the end	Iterative	Usability Design Guide, Models, Scenarios, Conceptual design, prototypes, Evaluation results
Usage-Centered design	Manager, end-users, application domain experts, developers, and other stakeholders	Not mandatory	Yes	Iterative	Role models, Task models, Task cases, Content models, Visual and interaction design
ISO User-Centered Design	Development team, End-users	No	Yes from the beginning to the end	Iterative	End-Users' Requirements, Specification, Prototypes, Implementation, Evaluation results

Table 2-1 Analyse synthétique des processus de développement

Cette analyse donne un aperçu des différentes séquences d'activités effectuées lors des processus de conceptions ainsi qu'une liste d'artefacts produits durant ces activités. Bien que les annotations soient utilisées pour supporter les activités liées à l'évolution des artefacts, nous n'avons pas identifié de processus faisant explicitement mention d'annotations. Dans la pratique, nous observons que les annotations sont largement adoptées en tant qu'outils pour la conception d'artefacts. Cependant, l'importance des annotations et leurs intégrations dans les processus de conceptions sont encore négligées

2.2. Analyse des annotations

Cette section présente une analyse des annotations. Cette analyse présente une étude sur la structure et les propriétés des annotations, les différents usages des annotations puis se termine sur une présentation du standard d'annotation pour le web appelé « Web Annotation Data Model » [2].

- **Structure des annotations**

Durant notre analyse des annotations, nous avons identifié plusieurs définitions pour les annotations [3; 4; 5; 6; 7]. Ces définitions s'accordent à dire qu'une annotation peut être considéré comme étant une structure composée de 3 parties : le corps, la cible et l'ancre.

Le **corps** de l'annotation est une information possédant à une représentation (ex. texte, icône, tracés à main levée). Cette information concerne une **cible** qui contextualise cette information (ex. plusieurs documents, un document dans sa globalité, un fragment du document tel qu'un paragraphe du texte). L'**ancre** est une représentation explicite ou implicite du lien qui relie le corps de l'annotation à la cible permettant ainsi d'identifier la cible de l'annotation (ex. proximité géographique, surlignage, accolades).

- **Propriétés des annotations**

Dans [8], C. Marshall identifie plusieurs dimensions qui qualifient les annotations. Ces dimensions peuvent être utilisées pour distinguer les annotations selon ces différents critères. Parmi les dimensions identifiées dans [8], on peut noter les suivantes:

- Formelle/Informelle pour qualifier les annotations qui suivent ou non une structure définie par des standards ou des conventions

- Explicite/Tacite pour qualifier si les annotations peuvent être comprises sans avoir à interpréter le sens ou si au contraire elles requièrent des connaissances supplémentaires sur le contexte
- Annotation issues de l'activité de lecture/écriture pour qualifier si l'annotation relève plus de l'extraction/la collecte d'information (« collect, organize, interpret » [8]) ou si l'annotation relève plus de la contribution/discussion pour enrichir et analyser le document
- Hyperextensive/Extensive/Intensive pour qualifier si une annotation peut être assimilée à un lien hypertexte, si une annotation associe plusieurs documents ou si l'annotation ne concerne qu'un seul document
- Permanente/Transitoire pour qualifier la durée de vie d'une annotation, ce qui est généralement liée à sa pertinence sur le long terme
- Publique/Privée pour définir la visibilité d'une annotation. Il est à noter que cette dimension est similaire à la notion de « sphère de groupe » identifiée par Zacklad et al. [9].
- Globale/Institutionnelle/Groupe de travail/Annotation personnelle pour définir la portée de l'annotation

Parmi ces dimensions, il est possible d'identifier des liens entre plusieurs dimensions et les usages possibles des annotations. Par exemple, une note à soi-même pour un mémo pourra être informelle, tacite, privée et transitoire. Ainsi, en fonction du public visé par l'annotation, le niveau formel de l'annotation peut varier. De plus, les différentes sphères de groupe peuvent partager une convention de nommage, des codes qui peuvent ne pas être compréhensible par des personnes extérieures à ces sphères.

- **Usages des annotations sur des documents textuels**

Durant notre étude de la littérature sur les annotations, nous avons pu relever 4 fonctions principales pour les annotations sur des documents textuels : enrichir le document, supporter la communication, supporter une intention/l'activité de l'auteur de l'annotation et assurer la traçabilité d'un projet.

Concernant les annotations qui enrichissent un document, Zacklad [10] suggère qu'il est possible d'identifier 3 types d'annotations :

- Annotation-attentionnelle pour attirer l'attention de futurs lecteurs du document (ex. surlignage, soulignage, symboles) sur des éléments importants du document afin de faciliter la lecture en se focalisant sur des éléments importants du document
- Annotation-associative pour connecter un élément à un autre. Ces annotations peuvent être représentées par des flèches, des références etc.
- Annotation-contributive pour ajouter des informations en réaction ou en réponse à un fragment du document. Ces annotations peuvent compléter le document ou créer une discussion autour du document. Par ailleurs, il est possible que ces contributions intègrent le corps du document de manière similaires aux annotations pour l'élaboration identifiées par Lortal et al. dans [11]

A cette liste s'ajoute également les annotations descriptives telles que les annotations sémantiques [12].

Pour les annotations servant de moyen de communication, Bringay et al. [3] définissent les annotations collaboratives comme étant un moyen de communiquer afin d'accomplir 3 buts principaux :

- Fournir une aide éditoriale en servant de guide pour la rédaction d'un document en donnant des consignes, des contraintes, des suggestions, des critiques, des idées

- Argumenter pour discuter à propos du document
- Planifier en définissant des tâches à accomplir et gérer les personnes travaillant sur le projet

Parmi l'utilisation d'annotations pour supporter les intentions de l'auteur, nous avons pu relever dans la littérature [13 ; 14; 15] de nombreux usages différents (ex. clarifier, expliquer, prioriser, reformuler).

Enfin, nous avons relevé quelques pistes suggérant l'utilisation d'annotations pour assurer la traçabilité d'un projet. Ainsi, [16] propose 3 approches pour assurer la traçabilité (i.e. argumentation, communication et documentation) alors que Lortal [17] note que les annotations peuvent servir à tracer le design rationale, et les actions faisant suites aux décisions.

- **Usages des annotations pour les processus de conception centré utilisateur**

Dans [18], Gutierrez et al. ont mené une étude pour étudier comment les annotations pouvait impacter le développement de systèmes interactifs dans un processus de conception centré utilisateur. Les résultats de leurs étude ont montré que les participants de leurs expérimentations se sont servi des annotations pour construire une narration autour de leurs processus de conception et plus particulièrement comment les artefacts étaient reliés entre eux. De plus, Gutierrez et al. ont notés plusieurs utilisations pour les annotations au cours des différentes activités du processus de conception:

- Garder une trace des discussions incluant l'issue des discussions, les décisions et les tâches à venir
- Communiquer et informer les autres membres de l'équipe du travail accompli
- Rassembler les avis interne/externes sur les artefacts
- Effectuer des évaluations d'utilisabilité en documentant et enregistrant les conversations des membres de l'équipe de conception
- Rappeler et justifier les choix effectués lors du processus de conception
- Aider à documenter les choix de design en les décrivant de manière rétrospective

- **Le « Web Annotation Data Model »**

Le "Web Annotation Data Model" [2] a été créée pour spécifier un modèle et un format d'annotation pour assurer le partage et la réutilisation d'annotations à travers plusieurs plateformes différentes. Ce modèle est définis par un ensemble de classes, de propriétés et de relations en plus de la structure fondamentale des annotations (i.e. corps et cible de l'annotation). La Figure 2-1 ci-dessous donne une représentation partielle du Web Annotation Data Model.

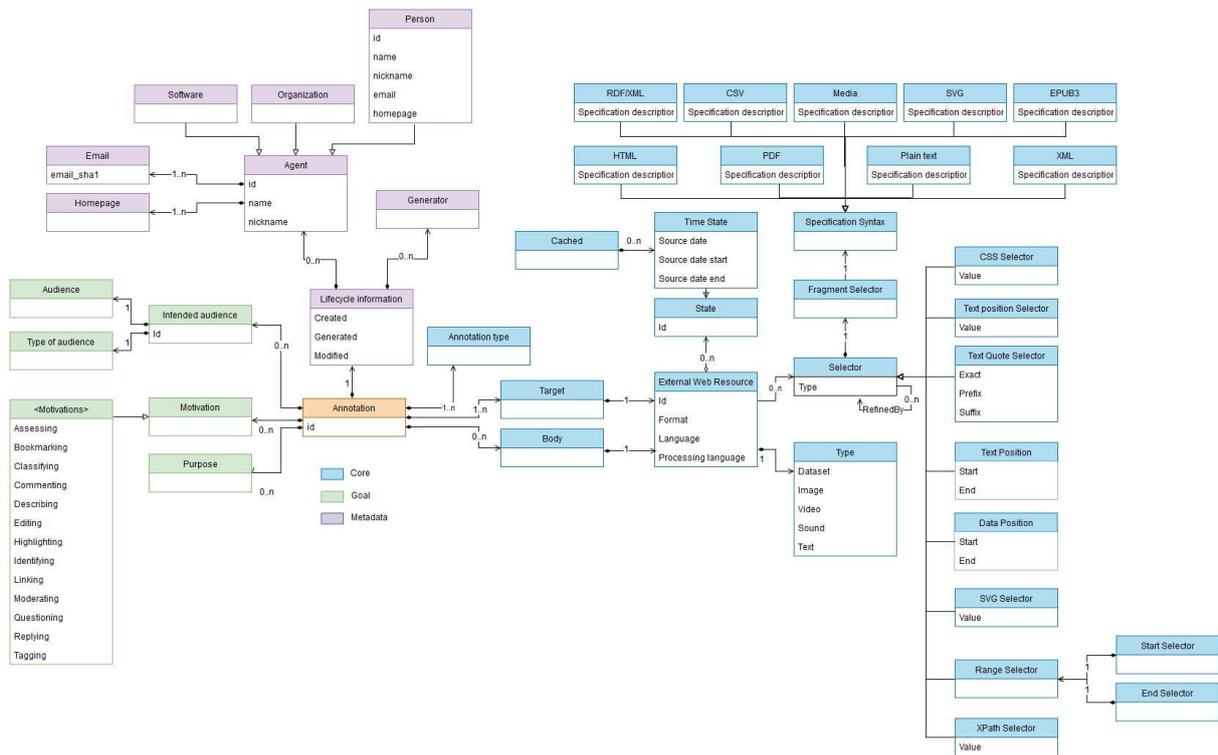


Figure 2-1 Représentation du Web Annotation Data Model

Dans ce modèle, il est possible de distinguer le cœur de l'annotation représenté en bleu et qui définit le type de l'annotation, sa cible et son corps. Les métadonnées sont représentées en mauve tandis que le but de l'annotation est représenté en vert.

- **Conclusion**

En conclusion de cette analyse, nous pouvons noter que les annotations sont des outils versatiles qui peuvent être utilisés dans n'importe quelle activité concernant un artefact (ex. analyse, création, évaluation). Les annotations sont contextualisés par leurs cibles dans un état donné. Néanmoins, les annotations et les artefacts évoluent au cours des activités du processus de développement et les annotations doivent être cohérentes avec leurs cibles. Cet aspect de cohérence entre les informations contenues dans l'annotation et les artefacts révèle une problématique dans le contexte d'un processus de conception de système interactif puisqu'il faut pouvoir assurer la coévolution de chaque artefact et annotation au cours des activités ou au moins être capable d'identifier les incohérences potentielles

2.3. Analyse des outils existants

Cette section présente deux études qui ont été menées sur les outils permettant de créer des annotations afin d'identifier les mécanismes existants pour la gestion des annotations et pour assurer la traçabilité des évolutions du design. Plus particulièrement, nous nous sommes intéressés aux différentes représentations d'annotations proposés par les outils, aux différents éléments pouvant être ciblé par les annotations, à la façon dont le ciblage était fait, et comment les outils gèrent le cycle de vie des annotations au fil du temps. Une partie des travaux présentés dans cette section ont été présenté au workshop INTERACT en 2015 [19].

La première étude se concentre sur les outils d'annotations et regroupe au total une analyse de 25 outils d'annotations tels que Neonion [20] et LiquidText [21]. La seconde étude quant à elle se concentre sur les outils de prototypage d'interface utilisateur et regroupe un total une analyse de 121

outils de prototypage. Cette seconde étude a fait l'objet d'une publication en 2017 dans le "Journal of Software Engineering and Applications" [22].

La liste complète des outils analysée est disponible dans les annexes 1 et 2 du manuscrit et les données issues de ces analyses dans l'annexe 3. Quant aux résultats détaillés de ces études, ils se trouvent dans le Chapitre 4 du manuscrit.

- **Etude des outils d'annotations**

Pour la première étude, nous avons sélectionné 25 outils d'annotations présentés dans divers publications dans les conférences CHI entre 2009 et 2017 et dans les conférences IAnnotate de 2014 à 2017. L'analyse des outils a été réalisée en étudiant divers fonctionnalités listés dans la table 4-1 du manuscrit. Pour cela, nous nous sommes basés sur trois sources d'informations pour chacun des outils : la publication associée à l'outil dans le cas des outils académiques, l'utilisation de l'outil quand il était disponible, et la documentation disponible en ligne (ex. site officiel, tutoriels, vidéos de présentations, pages d'aides et forums).

- **Etude des outils de prototypage**

Pour la seconde étude, nous avons sélectionné 121 outils de prototypages qui sont présentés dans des conférences HCI depuis 1982 ou qui sont disponible sur le web. Pour cette étude, en plus des fonctionnalités associées aux annotations, nous avons également analysé les fonctionnalités relatives à la conception du prototype, à la représentation du dialogue, et à la gestion des versions des prototypes. De la même manière que pour la première étude, nous nous sommes basés sur une utilisation de l'outil et la documentation en ligne pour réaliser l'analyse des outils.

Une première analyse de ces outils a montré que seulement 56 des outils de prototypage supportaient la création d'annotations.

- **Observations liés aux résultats des études**

A l'issue de ces deux études sur le support des annotations par les outils, nous avons pu faire plusieurs observations à partir des résultats des études. Ces observations peuvent être classées sous 3 catégories différentes : le modèle des annotations, le ciblage, et l'évolution des artefacts et annotations.

Concernant le modèle des annotations, nous avons identifié que les annotations ne sont considérés que comme étant une fonctionnalité annexe d'un outil principal, chaque outil propose son propre modèle d'annotation, et que les annotations sont disséminés à travers chaque version d'artefacts et chaque type d'artefacts.

Pour le ciblage, nous avons observé que les outils ne permettaient pas de cibler plusieurs artefacts à la fois pour une annotation, le ciblage est limité aux types artefacts supportés par l'outil, les annotations sont dépendantes d'une version d'un artefact.

Pour l'évolution des artefacts et des annotations, nous avons pu identifier quelques mécanismes pour adapter le ciblage d'annotation suite à une évolution d'artefact et l'utilisation d'une métadonnée correspondant au statut d'une annotation pour spécifier son état par rapport au cycle de vie de l'annotation.

Toutes ces contraintes impliquent que les annotations ne sont pas interopérables à travers les différents artefacts d'un espace de travail d'un projet et rends la gestion des annotations plus difficile.

- **Conclusion**

Durant ces analyses d'outils permettant de créer des annotations, nous avons pu identifier plusieurs moyen de créer des annotations, de spécifier leurs cible et plusieurs représentations différentes. Néanmoins, nous avons pu identifier plusieurs limites concernant l'utilisation des annotations dans un contexte plus global en considérant l'ensemble des outils et artefacts produits lors des différentes activités du processus de conception centré utilisateur.

Aussi, nous suggérons que les annotations doivent être considérées comme des artefacts indépendants au même niveau que n'importe quel modèle ou document d'un espace de travail d'un projet.

2.4. Conclusion

Les différentes analyses présentées dans ce chapitre nous ont permis de dresser une vue globale du contexte dans lequel nous étudions les annotations, comprendre à la fois les différentes caractéristiques des annotations, de mieux connaître les différents outils d'annotations et les fonctionnalités qu'ils offrent.

L'analyse des processus de développement met en lumière le fait que de nombreuses parties prenantes collaborent autour de plusieurs artefacts de différents types au cours des différentes activités du processus de développement. Chacun de ces artefacts utilise des notations différentes et sont créés dans un but spécifique. Par exemple, certains artefacts servent à organiser l'avancement du processus de conception (ex. Product backlog pour la méthode SCRUM) tandis que d'autres servent à spécifier et décrire le système interactif (ex. prototypes papier). Dans le cas des processus itératifs, les artefacts produits évoluent au cours du temps et sont révisés au fil du déroulement du processus. Bien que des annotations soient créées sur ces artefacts, aucun processus de conception ne mentionne l'usage ni l'utilité des annotations.

Dans la littérature, nous avons pu identifier la définition d'une structure pour les annotations, des dimensions servant à qualifier ces annotations ainsi que de nombreuses utilisations dans divers contextes tels que la lecture active sur des documents écrits ou encore au cours d'un processus de conception.

L'analyse des outils pour les annotations quant à elle nous a permis d'identifier plusieurs lacunes vis-à-vis de la gestion des annotations dans un contexte de processus de conception de système interactif avec notamment des limitations pour annoter plusieurs artefacts de différents types.

Chapitre 3. Présentation des contributions

Ce chapitre présente une synthèse des différentes contributions de la thèse. Ce chapitre est décomposé en 3 sections. La première section présente une formalisation du cycle de vie des annotations et de ses cibles. La seconde section présente un modèle d'annotations pour décrire les annotations dans le contexte de la conception de systèmes interactifs. La troisième section présente une architecture pour intégrer les annotations dans plusieurs types d'artefacts différents.

3.1. Cycle de vie des annotations

Cette section présente la première contribution de cette thèse qui est consacrée à une proposition d'un cycle de vie des annotations et des artefacts dans le contexte d'une conception centrée utilisateur. Cette proposition de cycle de vie a pour but de mettre en évidence la relation entre une annotation et un artefact auquel il est rattaché. Le détail des activités lié à chaque étape des cycles de vie n'est pas présenté dans cette thèse. Ces deux propositions de cycle de vie se basent sur deux prémisses : chaque évolution dans le cycle de vie est issue d'une décision prise par les acteurs du processus de conception et chaque décision peut être influencée ou motivée par des éléments extérieurs.

- **Le cycle de vie des artefacts**

La Figure 3-1 ci-dessous représente le cycle de vie d'un artefact.

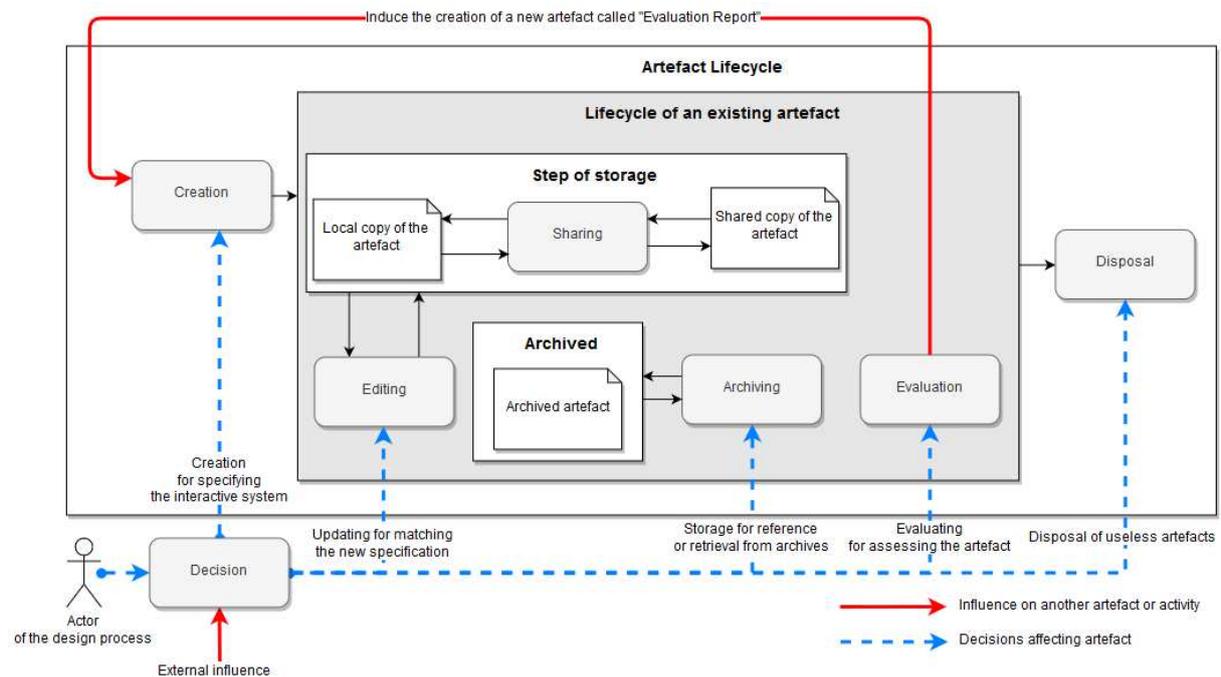


Figure 3-1 Cycle de vie des artefacts

Ce cycle de vie commence par la décision d'un acteur du processus de conception de créer un artefact au sein de l'espace de travail d'un projet. Cette décision représentée en bas à gauche de la figure peut être motivée par le besoin de spécifier le système interactif avec un outil ou une notation particulière.

Une fois l'artefact créé, il entre dans l'état « Existant » représenté par le rectangle gris. En fonction des outils collaboratifs utilisés, l'artefact peut être soit stocké et utilisé depuis un dépôt local, soit partagé avec d'autres acteurs. La duplication d'artefacts entre les différentes copies locales implique un effort

de synchronisation pour l'équipe de conception. La gestion des copies et les différents aspects collaboratifs ne seront pas détaillés dans cette thèse et ont été simplifiés par une activité appelée « Partage » qui permet soit de partager l'artefact, soit de récupérer une copie.

Outre les aspects de partage collaboratif, les artefacts dans l'état « Existant » peuvent faire l'objet de 4 différentes actions tout au long de leur cycle de vie.

La première action est l'édition de l'artefact afin de le mettre à jour, de le corriger, ou de l'enrichir par exemple.

La deuxième action est l'archivage qui consiste à garder l'artefact dans son état actuel et de le rendre accessible au besoin. Cet archivage peut se faire de manière implicite ou explicite par l'équipe de conception. Un artefact archivé peut être récupéré, réintégré à l'itération du processus de conception et utilisé à n'importe quel moment.

La troisième action est l'évaluation de l'artefact qui peut conduire à la création d'un nouvel artefact ou nouvel ensemble d'artefact. En effet, l'évaluation d'un artefact conduit tout d'abord à la création d'un artefact appelé « Résultats d'évaluation » qui pourra être mis en forme sous plusieurs artefacts qui auront leur propre cycle de vie. Ces résultats d'évaluations pourront ensuite être utilisés pour justifier et motiver des futures décisions sur les artefacts du processus de conception.

La dernière action est la suppression de l'artefact lorsque celui-ci n'est plus utile pour le projet.

- **Le cycle de vie des annotations**

Les annotations disposent de leur propre cycle de vie. En effet, bien qu'elles soient créées sur un artefact, les annotations peuvent évoluer de manière indépendante de l'artefact auquel elles sont rattachées. La Figure 3-2 illustre le cycle de vie des annotations.

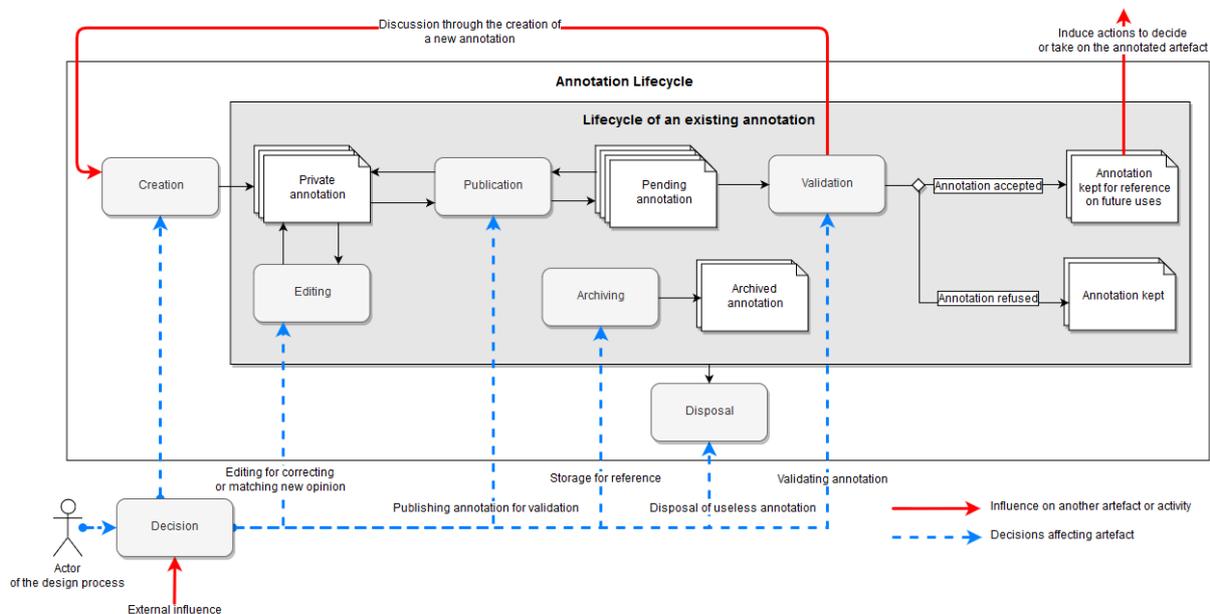


Figure 3-2 Cycle de vie des annotations

Le cycle de vie des annotations commence de la même manière que le cycle de vie des artefacts avec la décision de créer l'annotation qui peut être motivée ou justifiée par une influence extérieure (ex. réaction à d'autres annotations, au contenu d'un artefact).

La création d'une annotation peut survenir lorsqu'un artefact est consulté, édité ou évalué. Après la création d'un artefact, une annotation reste privée et uniquement visible par son auteur. Cette annotation peut ensuite être éditée ou publiée afin de la rendre visible aux destinataires de l'annotation.

Les annotations publiées et visibles par les autres acteurs du processus de conception pourront alors faire l'objet d'une « validation ». Dans cette étape de validation, une analyse peut être effectuée par les acteurs du processus de conception afin d'étudier à la fois le contenu de l'annotation et sa pertinence pour l'artefact et la conception du système interactif. Par ailleurs, de nouvelles annotations peuvent être créées dans le cadre d'une discussion comme représenté par la flèche rouge dans la figure.

Si une annotation est validée, elle peut être utilisée comme référence pour de futures activités du processus de conception puisqu'elle est susceptible de contenir des informations utiles sur le système interactif ou son contexte d'utilisation. Ces informations peuvent alors avoir un impact sur des artefacts existants (ex. identification d'une erreur de conception) ou peut par exemple impliquer la création d'un nouvel ensemble d'artefact (ex. identification d'un nouveau besoin suite à l'analyse d'un artefact). Si une annotation n'est pas validée, celle-ci n'aura pas d'impact sur les autres artefacts.

De manière similaire aux artefacts, une annotation peut être archivée en l'état ou supprimée à n'importe quel moment.

- **La mise en relation entre les cycles de vie des artefacts et des annotations**

Les deux cycles de vies présentés précédemment montrent que les artefacts et les annotations évoluent en réaction à des influences extérieures, mais que ceux-ci peuvent également être la source d'évènement influençant d'autres artefacts ou annotations.

Ces influences sont représentées dans le schéma Figure 3-3 ci-dessous.

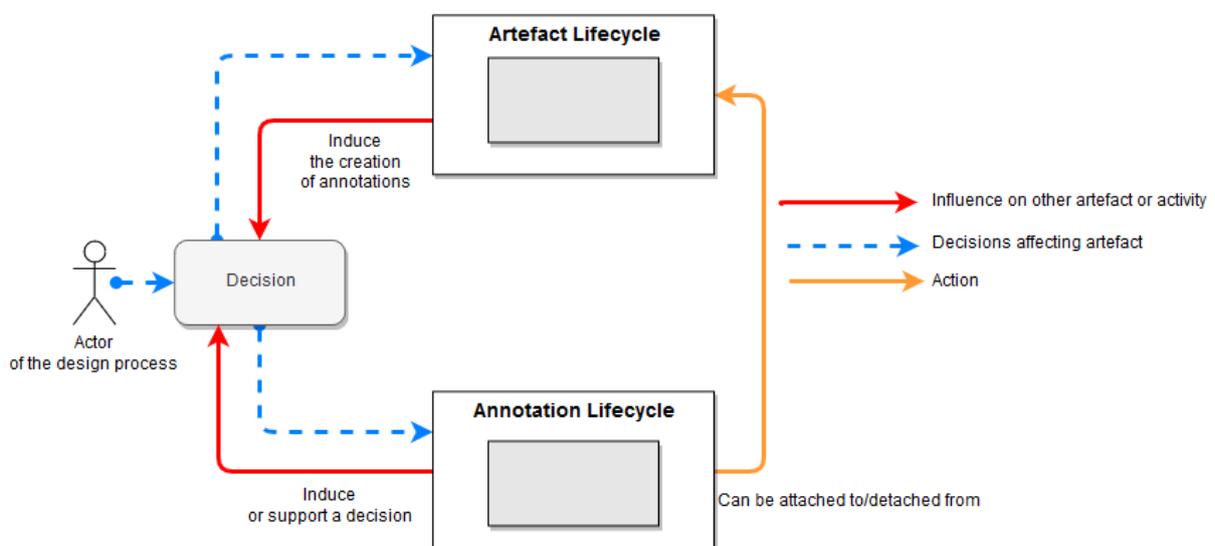


Figure 3-3 Interaction entre les cycles de vies à travers la décision

Ainsi, une annotation est créée ou mise à jour en réaction au contenu d'un artefact comme illustrée par la flèche rouge « Induce the creation of annotations ». Après la création d'une annotation, celle-ci peut être attachée ou détachée à n'importe quel artefact ou fragment d'artefact comme représenté par la flèche orange. En retour, l'annotation peut avoir un impact sur l'artefact auquel il est attaché. En effet, une annotation peut être utilisée comme moyen de communication pour discuter, pour contribuer à l'élaboration de l'artefact ou indiquer des modifications à effectuer.

Bien que les annotations peuvent avoir un impact sur l'artefact auquel elle est rattachée, elles ne sont pas toujours factuelles et peuvent refléter des opinions qui doivent être nuancés ou vérifiés avec d'autres opinions ou des faits concrets avant de prendre des décisions. Ainsi, l'impact d'une annotation sur un artefact peut varier selon plusieurs facteurs. Premièrement, l'annotation doit être évaluée afin de déterminer son poids en vérifiant par exemple les personnes impliquées dans la création de l'annotation, leurs rôles dans le processus de conception, la fiabilité ou encore la pertinence des informations transmises dans l'annotation. Deuxièmement, une estimation peut être faite sur les modifications potentielles à effectuer et les coûts de ces modifications. En fonction des coûts estimés des modifications, le processus de décision peut être influencé.

De manière générale, il est possible de considérer qu'un artefact et une annotation déclenchent des mises à jour mutuellement comme illustré dans l'exemple de la Figure 3-4. En effet, le contenu d'un artefact peut influencer la création d'une annotation qui à son tour influence une édition de l'artefact, et afin d'assurer la cohérence de la relation entre l'artefact et l'annotation, l'annotation peut être mise à jour suite à l'édition de l'artefact.

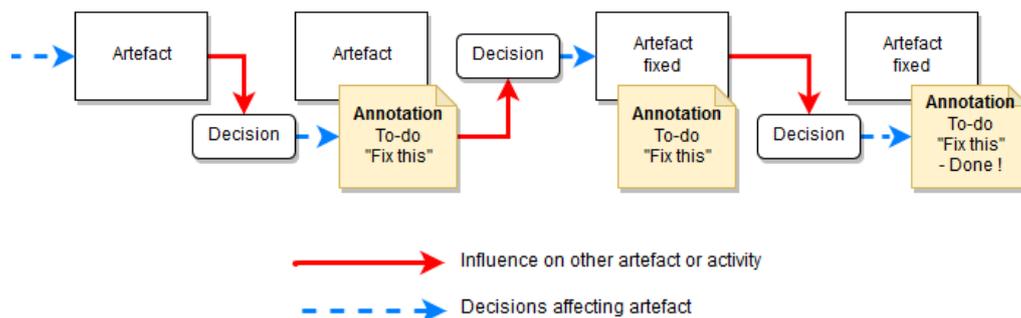


Figure 3-4 Exemple d'influence mutuelle

Néanmoins, il est à noter que ce diagramme est une simplification des interactions entre un artefact et une annotation. En effet, au cours du processus de conception, il est tout à fait possible qu'une annotation puisse concerner plusieurs artefacts différents et qu'un artefact soit la cible de plusieurs annotations différentes comme illustré dans la Figure 3-5.

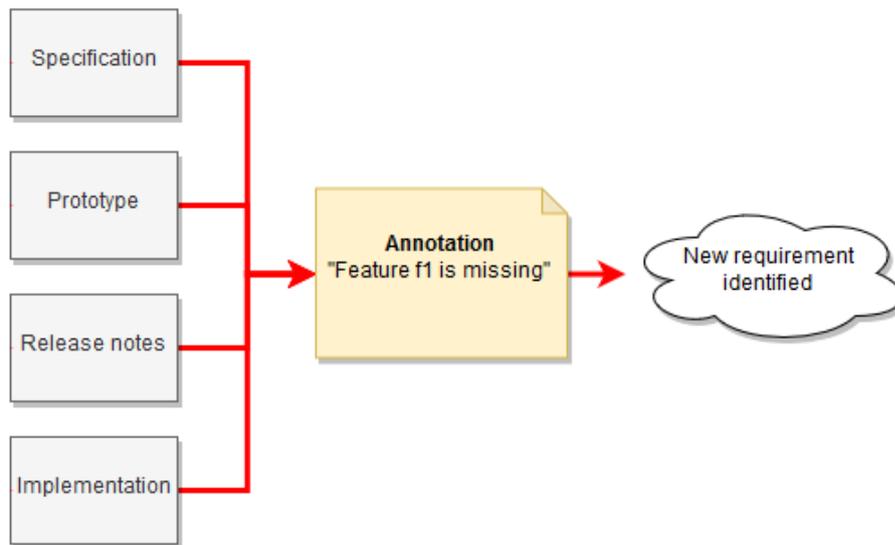


Figure 3-5 Exemple d'annotation sur plusieurs artefacts

Aussi, la cohérence entre les informations contenues dans une annotation et ses cibles doivent être considérée dans leurs ensembles. L'exemple de la Figure 3-5 mentionne une fonctionnalité manquante qui n'a pas été intégrée dans 4 artefacts différents. L'implémentation de cette fonctionnalité dans un des artefacts peut avoir un impact sur la relation entre cet artefact et l'annotation mais elle ne doit pas remettre en cause les relations entre les autres artefacts et l'annotation.

- **Conclusion**

Cette section met en avant les interactions entre les artefacts et les annotations à travers un système de décision. Bien que le processus de décision n'ait pas été étudié en détail, il est à noter que les annotations peuvent jouer un rôle significatif dans l'évolution des artefacts et dans la traçabilité de ces évolutions. Par ailleurs, il est possible d'envisager d'utiliser les annotations pour matérialiser les décisions prises au cours d'un processus de conception et de les connecter aux artefacts concernés par les décisions afin d'assurer leurs traçabilité.

Le chapitre 5 du manuscrit de la thèse détaillant cette contribution présente également quelques exemples d'utilisations d'annotations durant le processus de conception. Aussi, nous avons notés dans ces exemples la nécessité de maintenir les annotations afin d'assurer leurs cohérences et pertinences avec leurs cible.

Cette nécessité n'est qu'une des différentes contraintes liés à l'intégration des annotations. En effet, le nombre croissant d'annotations créés au fil des activités du processus de conception peut entraîner un surcoût lié à la gestion des annotations et peut diminuer la lisibilité d'un artefact pour les annotations « in-situ » (c.-à-d. affichées par-dessus l'artefact). Ces contraintes soulignent le fait qu'un équilibre doit être trouvé vis-à-vis de l'utilisation des annotations pour les processus de conception entre les gains potentiels qu'elles peuvent apporter et entre les surcoûts liés à leurs gestions.

3.2. Une approche basée modèle pour décrire les annotations

Cette section présente la deuxième contribution de la thèse qui est un modèle pour décrire les annotations créés dans le cadre d'un processus de conception de système interactif. Ce modèle d'annotation se base sur le modèle du W3C « Web Annotation Data Model » [2] auquel nous

proposons des ajustements et des ajouts afin qu'il puisse être compatible avec une utilisation au sein de la conception centrée utilisateur.

Pour cela, ce modèle doit permettre :

- Le développement d'outils spécialisés dans la création et la gestion d'annotations afin d'aider les équipes de conceptions à utiliser les annotations
- De décrire n'importe quelle annotation d'un projet, quel que soit l'artefact auquel elle est rattachée
- De décrire les évolutions des annotations tout au long du processus de développement
- De pouvoir supporter les traitements d'annotations qu'ils soient automatisés ou non grâce à une formalisation des annotations

Les prémisses de ce modèle sont les suivant :

- Une annotation doit être indépendante de ses cibles
- Le modèle doit être flexible pour assurer son interopérabilité
- Le ciblage doit être formel afin d'avoir une connexion fiable et précise

Néanmoins, ce modèle présente plusieurs challenges techniques liés à la flexibilité (c.-à-d. supporter plusieurs types d'artefacts tout en assurant une précision dans le ciblage) et à l'évolution des artefacts (c.-à-d. gérer les relations entre annotations et artefacts malgré leurs évolutions respective et assurer la traçabilité des évolutions).

La description détaillée du modèle et de son implémentation est disponible dans les sections 6.2.3 et 6.3 du manuscrit.

- **Fonctionnalités héritées du « Web Annotation Data Model »**

La première fonctionnalité héritée du Web Annotation Data Model est l'indépendance des annotations par rapport à leurs cibles ainsi que l'unicité du format d'annotation, quel que soit le type de la cible. Comme indiqué dans le chapitre 5 du manuscrit, les annotations et les artefacts disposent de leurs propres cycles de vie et chacun peut influencer plusieurs autres artefacts ou annotations du processus de conception. Ainsi, contrairement aux implémentations des annotations observées dans les outils de prototypage et de la plupart des outils d'annotation, les annotations doivent être indépendantes de leurs cibles afin que la suppression d'une version d'un artefact n'entraîne pas la suppression de toutes les annotations qui lui sont associés. Par ailleurs, cette fonctionnalité est liée au fait de pouvoir cibler plusieurs artefacts différents pour une seule annotation.

La deuxième fonctionnalité héritée du modèle du W3C est la possibilité de spécifier une ou plusieurs cibles tout en indiquant une version ou un état pour cette cible. En effet, les informations contenues dans une annotation ne sont pas limités à un seul artefact et peuvent concerner plusieurs artefacts, un artefact dans un état donné ou encore plusieurs versions d'un artefact. Par exemple, une annotation peut informer sur un besoin qui doit être pris en compte sur plusieurs artefacts (ex. prototypes, spécifications, modèles de tâches). Dans le modèle du W3C, cette fonctionnalité est supportée par la définition des classes « Target » et « Selector »

La troisième fonctionnalité est le support du cycle de vie d'une annotation. En effet, le modèle du W3C permet de tracer les événements qui surviennent sur une annotation avec la classe « Lifecycle information ». Cette classe contient des informations tels que la date de création de l'annotation ou encore sa dernière modification. Stocker les informations sur les évolutions d'une annotation tout au

long de son cycle de vie permettrait d'assurer une forme de traçabilité sur cette annotation et ses cibles.

La dernière fonctionnalité héritée est le support de différentes formes de représentations d'annotations. Ces représentations sont décrites avec la classe « Body » qui définit le contenu et le type de contenu d'une annotation. Par exemple, il est possible de définir une annotation via du texte, des images, du son ou des vidéos.

- **Spécificités du modèle d'annotation proposé**

Le Web Annotation Data model a été conçu pour unifier les annotations créés sur des ressources web. Cependant, dans le contexte de la conception de systèmes interactifs, plusieurs artefacts de types et de format différents peuvent être produits et partagés au cours d'un projet. Ainsi, notre modèle d'annotation doit pouvoir supporter la création et gestion d'annotations sur ces artefacts. Pour cela, plusieurs extensions ont été réalisées.

La première spécificité de ce modèle est la gestion d'un système de ciblage générique pouvant être utilisée sur n'importe quel type d'artefact. Ce système de ciblage supporte deux niveaux de granularité de manière similaire au modèle du W3C : artefact et fragment. Le niveau « Artefact » permet de spécifier quel fichier ou document est ciblé par une annotation, ainsi, n'importe quel artefact pouvant être identifié (ex. par son chemin d'accès, par son nom) peut être ciblé. Le niveau « Fragment » sert à spécifier un ensemble de cible à l'intérieur d'un fichier. Hors, la description d'un fragment est spécifique à chaque type d'artefact et chaque type de notation. Ainsi, notre modèle d'annotation permet de spécifier de nouvelles classes spécifiques à la sélection de fragments pour chaque type d'artefact.

La seconde spécificité est le support pour la personnalisation d'annotations que ce soit en termes de représentation ou de structure. Ainsi, les équipes de conceptions peuvent définir de nouveaux types d'annotations pouvant être spécifiques à leurs projets, leurs équipes ou à un type d'artefact. Ces nouveaux types de représentations ou de structure peuvent en outre être associés à une certaine sémantique. Par exemple, des annotations représentées en rouges peuvent signifier qu'il y a une erreur. Cette personnalisation d'annotation est rendue possible par la structure d'annotation proposée dans notre modèle : une annotation peut être définie comme une composition de corps basique (ex. texte, image) pouvant comporter des contraintes vis-à-vis du contenu de ces corps basique. Cette structure a été utilisée pour définir des annotations de type « Scénario » qui est présentés dans l'étude de cas du chapitre 8 du manuscrit.

La troisième spécificité de ce modèle est la gestion des annotations et leurs indexations qui sont nécessaire lorsque le nombre d'annotations augmente au cours des itérations du processus de conception. Cette gestion et indexation des annotations se fait au moyen de trois différentes fonctionnalités. La première est la définition de tags pour trier les différentes annotations. Ces tags sont basés sur les différentes utilisations d'annotations identifiés dans la littérature et présentés en détails dans la section 3.4 du manuscrit. Il est à noter que ce système de tags n'est pas figé et peut être personnalisé par la définition de nouveaux tags par les utilisateurs. La deuxième fonctionnalité pour la gestion des annotations est liée au versionnement des annotations et de leurs cibles. Cette fonctionnalité est détaillé dans les sections 5.4.2 et 7.3 du manuscrit. La troisième fonctionnalité dédiée à la gestion des annotations est le support du cycle de vie des annotations via la définition d'un attribut représentant l'état de l'annotation. Cette fonctionnalité est décrite en détail dans les sections 5.2.2 et 7.3 du manuscrit.

La quatrième spécificité de ce modèle d'annotation est l'utilisation des annotations pour supporter les décisions prises au cours du processus de conception afin de pouvoir assurer la traçabilité des choix de conception. La première utilisation des annotations pour la décision consiste à les considérer comme sources d'informations et d'argumentation pour les processus de prises de décisions. En effet, les annotations peuvent contenir des informations pouvant influencer le processus de conception et le système interactif en cours de conception (voir l'influence des cycles de vies des annotations et artefacts dans le chapitre 5 de la thèse). La deuxième utilisation des annotations pour la décision consiste à représenter une décision par une annotation et d'associer à cette annotation tous les artefacts/annotations ayant motivés la décision et tous les artefacts/annotations impactés par la décision.

- **Conclusion**

Dans cette section, nous avons présenté un modèle d'annotation basé sur le Web Annotation Data Model du W3C. Le modèle d'annotation proposé a pour objectif d'être adapté à une utilisation des annotations dans le cadre d'un processus de conception centré utilisateur. Pour cela, nous avons adapté le modèle afin qu'il puisse prendre en compte plusieurs spécificités d'un tel contexte (plusieurs types d'artefacts, évolution des artefacts au fil des itérations etc.). Ainsi, ce modèle promeut l'indépendance des annotations vis-à-vis de leur cible tout en assurant la généralité de la spécification des cibles d'annotations afin que ces annotations puissent être rattachées à plusieurs types d'artefacts et affichées dans plusieurs outils différents.

En outre, l'indépendance des annotations va permettre de faciliter la gestion des annotations d'un projet via leur centralisation. Néanmoins, cette centralisation pose deux défis techniques. La première est d'assurer l'affichage des annotations par-dessus les artefacts auxquelles elles sont rattachées. En effet, l'affichage d'une annotation dans son contexte et la proximité de sa cible permet de mieux la comprendre, ce qui est particulièrement le cas pour les annotations implicites ou les représentations des ancres telles que les accolades ou les soulignements. Le deuxième défi technique est lié à la spécification des cibles d'une annotation. En effet, la spécification d'une cible doit être suffisamment générale pour être applicable à n'importe quel type d'artefact, mais elle doit aussi être extensible afin de permettre un ciblage précis de fragment d'un artefact quel que soit son type.

Pour adresser ces problèmes techniques, nous proposons dans la section 3.3 une architecture logicielle pour les annotations basée sur le modèle présenté dans ce chapitre.

[3.3. Une architecture pour intégrer les annotations dans plusieurs types d'artefacts différents](#)

Cette section présente la troisième contribution de la thèse qui est une architecture logicielle pour la gestion d'annotations basées sur le modèle d'annotation définie dans la section 3.2. Cette architecture a pour but de rendre possible la création d'annotation sur des artefacts dans le contexte où ils sont créés (c.-à-d. une intégration dans les outils dédiés à leurs créations) et de permettre de faire des références croisées sur de multiples artefacts différents via l'usage des annotations.

- **Présentation de l'architecture**

Cette architecture est composée de deux parties complémentaires : un plugin et un éditeur.

Le plugin est destiné à être intégré dans différents éditeurs afin de permettre la création, l'édition et l'affichage d'annotations sur les artefacts gérés par ces éditeurs tout en respectant le modèle décrit dans la section 3.2. Les annotations créées par ce plugin sont stockées dans un dépôt d'annotation partagé afin de centraliser les annotations créées sur les différents artefacts. Une première

implémentation de ce plugin a été développée pour les études de cas présentés dans le chapitre 8 et le chapitre 9 de la thèse. Cette implémentation se base sur le framework « NetBeans Platform » pour l'interface utilisateur dédié aux actions pour les annotations et sur la librairie « NetBeans Visual Library » pour l'affichage et la représentation des annotations.

L'éditeur est un outil indépendant intégrant le plugin d'annotation. Cet éditeur est dédié à la gestion et l'affichage des annotations contenues dans le dépôt partagé. L'implémentation de cet outil appelé ARMADILLO¹ a été réalisé en Java avec le framework « NetBeans Platform » et la librairie « NetBeans Visual Library ». Une présentation plus détaillé de cet éditeur est disponible dans la section 7.5 du manuscrit.

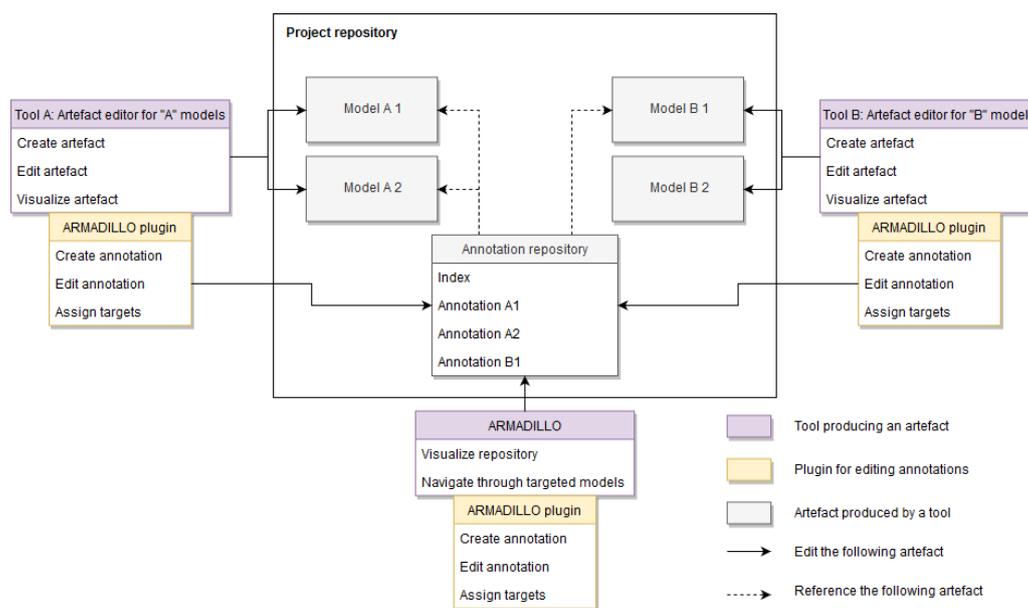


Figure 3-6 Vue globale de l'architecture d'annotation incluant l'outil ARMADILLO, son plugin et le dépôt d'annotation partagé

La Figure 3-6 présente une vue globale de l'architecture logicielle pour les annotations proposée dans cette thèse. La partie centrale de la figure représente le dépôt de fichiers d'un projet qui est utilisé à la fois pour stocker les annotations ainsi que les différents artefacts produits pour décrire le système interactif (modèles A1, A2, B1, B2). Les artefacts sont créés et édités par les outils représentés en violet (Outil 'A' et 'B'). Les annotations sont créées et édités par le plugin d'annotation représenté en jaune pour ensuite être stockées dans le dépôt d'annotations. Ce dépôt d'annotations contient également un index qui référence chaque artefact et chaque fragment d'artefacts du dépôt du projet. Cet index est ensuite utilisé pour identifier les artefacts et fragments ciblés par chaque annotation. Enfin, l'outil ARMADILLO représenté en violet en bas de la figure permet de visualiser les annotations stockées dans le dépôt.

- **Intégration et extension du plugin d'annotation**

Afin d'intégrer le plugin d'annotation dans un nouvel outil, il est nécessaire d'implémenter une module servant à adapter la gestion des annotations définis dans le plugin. L'implémentation du module possède trois objectifs distincts :

¹ ARMADILLO = **A**nnotating by **R**eferencing **M**odels, **A**rtefacts, **D**ocuments to **I**dentify **L**ogically **L**inked **O**bject

- Rendre disponible dans l'outil ciblé les interfaces utilisateurs pour l'édition et l'affichage des annotations qui sont définis dans le plugin d'annotation
- Définir un adaptateur pour cibler des fragments d'artefact associé à l'outil permettant ainsi le support du second niveau de granularité « Fragment »
- Fournir un point d'extension permettant de spécifier des annotations personnalisés et des traitements sur ces annotations (cet aspect est présenté dans le chapitre 8 du manuscrit)

Dans le cas où l'outil dans lequel le plugin doit être intégré utilise une technologie différente (c.-à-d. n'utilisant pas NetBeans Platform ou NetBeans Visual Library), le module devra également implémenter de nouvelles interfaces utilisateurs pour afficher et gérer les annotations.

- **ARMADILLO : un outil d'annotation pour gérer les annotations d'un projet**

L'outil ARMADILLO a été conçu au sein de l'équipe ICS à l'IRIT et a pour but de gérer les annotations créées au cours d'un projet.

Pour cela, ARMADILLO a été conçu en tant qu'éditeur d'annotation pour permettre la visualisation des annotations présentes dans le dépôt partagé d'un projet. En outre, il permet de créer des annotations indépendantes et de rattacher ces annotations à des artefacts ou fragment d'artefacts en les définissant comme cibles de l'annotation. Pour assurer la compatibilité des annotations créées avec les autres éditeurs, ARMADILLO intègre également le plugin d'annotation décrit en détail dans le chapitre 7 de la thèse.

L'affichage des annotations dans cet outil se fait par le moyen d'un graphe composé de plusieurs arbres comme illustré dans la Figure 3-7. Chaque arbre représente une annotation et ses cibles : la racine de l'arbre correspond à la représentation graphique de l'annotation et chaque feuille représente une cible de l'annotation représentée par icône correspondant au type de l'artefact ciblé.

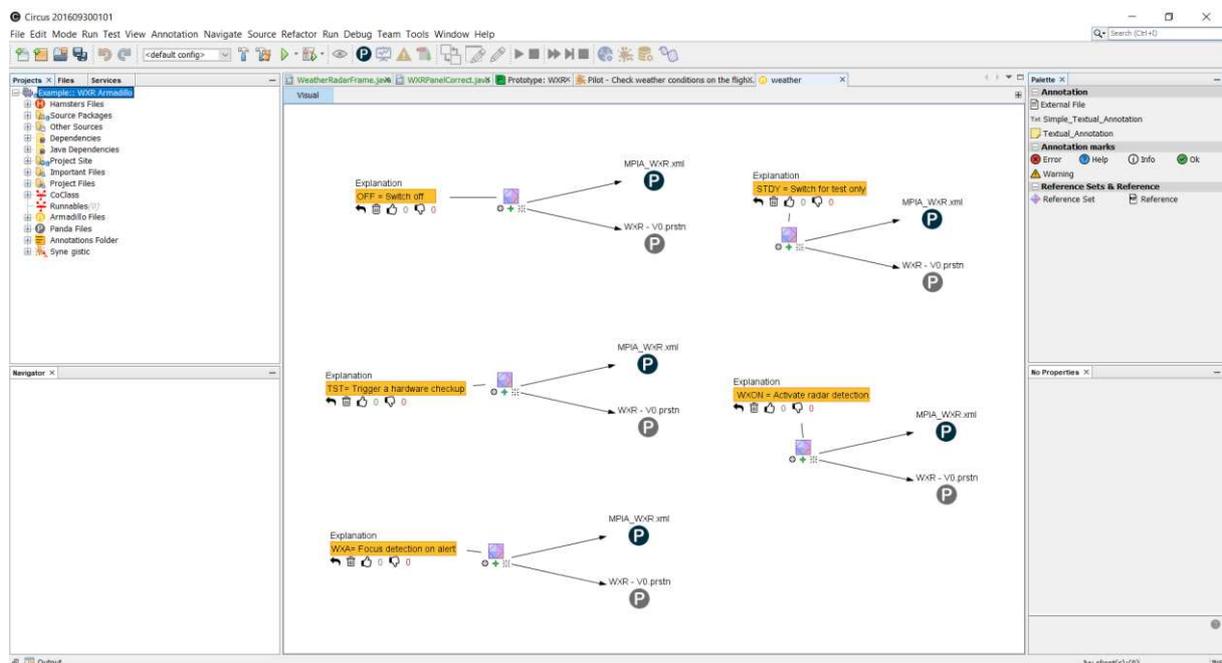


Figure 3-7 Capture d'écran de l'outil ARMADILLO

- **Conclusion**

L'architecture logicielle présentée dans ce chapitre permet de créer et d'éditer des annotations respectant le modèle décrit dans la section 3.2 sur différents types d'artefacts. Cette architecture a été

conçue de manière à assurer la création d'annotations sur différents artefacts tout en gardant une structure commune et générique pour ces annotations. Cette architecture est composée d'un plugin dédiée à la création et l'édition d'annotations pouvant être intégré dans d'autres outils ainsi que d'un outil appelé ARMADILLO dédié à la gestion des annotations.

Cette architecture peut être considérée comme une plateforme évolutive et flexible. En effet, l'intégration du plugin d'annotations dans chaque nouvel outil permet de supporter la gestion des annotations sur de nouveaux artefacts. De plus, de nouveaux types d'annotations et de nouveaux traitements sur les annotations peuvent être conçus pour enrichir le plugin.

Pour illustrer cette architecture, une implémentation a été réalisée en JAVA avec le framework « NetBeans Platform » et la librairie « NetBeans Visual Library ».

3.4. Application aux études de cas

Les différentes contributions présentées dans ce chapitre ont été appliquées dans trois différentes études de cas. Ces études de cas sont présentées en détail dans les chapitres 8, 9 et 10 du manuscrit. Chacun de ces études de cas illustrent un aspect différent des contributions.

- **Intégration et traitement des annotations dans l'outil « PANDA »**

Dans la première étude de cas présentée dans le chapitre 8 du manuscrit, nous avons intégré le plugin d'annotation dans un éditeur de prototype appelé PANDA. L'intégration de ce plugin dans PANDA permet de créer 6 différents types d'annotations comme illustré dans la Figure 3-8.

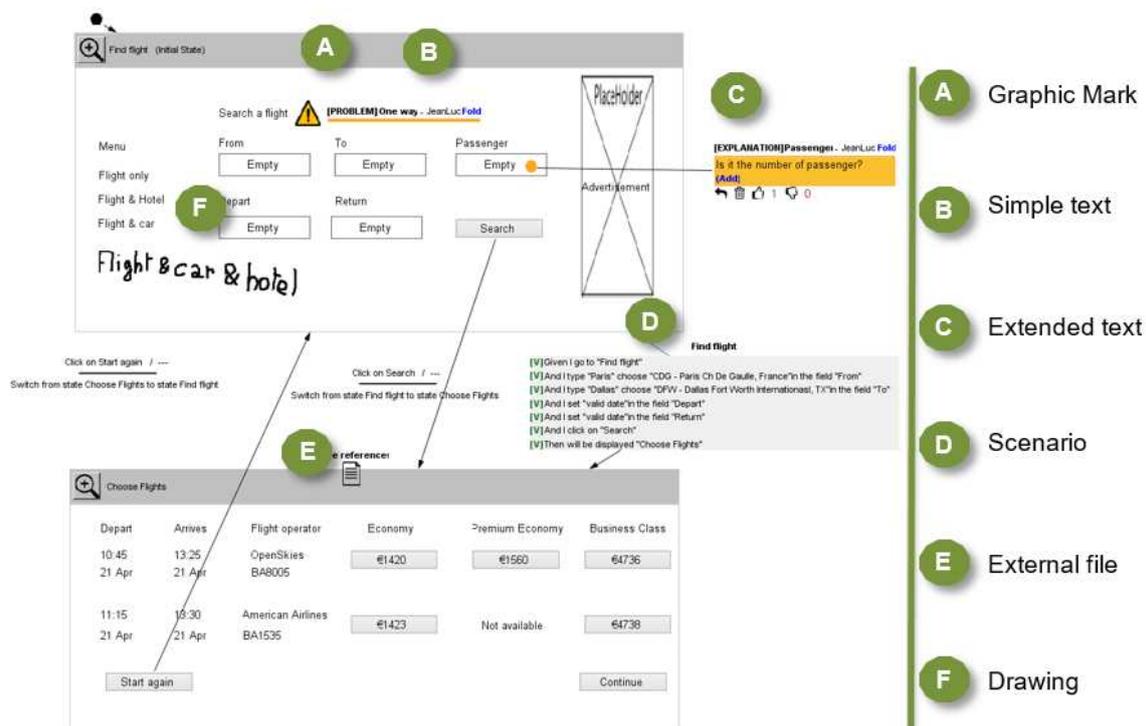


Figure 3-8 Aperçu des annotations intégrées dans PANDA

En plus de ce support pour les annotations au sein de l'outil, l'intégration du plugin a rendu possible l'implémentation de traitement sur ces annotations. Ainsi, dans cette étude de cas, nous avons implémenté un système de test automatisé basé sur les annotations de type scénario. Un scénario peut être exécuté afin de vérifier si le scénario est compatible avec le prototype. Le résultat de chaque étape du scénario est indiqué par un code couleur et un symbole comme le montre la Figure 3-9. Un

« V » vert indique que l'étape du scénario peut être réalisée sur le prototype, un « X » rouge indique qu'il n'est pas possible de la réaliser tandis qu'un « ? » noir indique que l'étape n'a pas encore été évaluée par PANDA.

- [M] Given I go to "Find flight"
- [X] And I type "Paris" choose "CDG - Paris Ch De Gaulle, France" in the field "From"
- [X] And I type "Dallas" choose "DFW - Dallas Fort Worth Internationasl, TX" in the field "To"
- [M] And I set "valid date" in the field "Depart"
- [M] And I set "valid date" in the field "Return"
- [M] And I click on "Search"
- [?] Then will be displayed "Choose Flights"

Figure 3-9 Résultat de l'exécution d'un prototype

• **Vue intégrée des annotations avec l'outil « ARMADILLO »**

Dans la deuxième étude de cas présentée dans le chapitre 9 du manuscrit, nous avons intégré notre plugin d'annotations dans un second éditeur de modèle appelé PetShop puis proposé un outil permettant de visualiser l'ensemble des annotations contenus dans le dépôt des annotations créé par le plugin ARMADILLO.

PetShop est un outil dédié à la spécification du dialogue d'un système interactif suivant le formalisme ICO [23] (

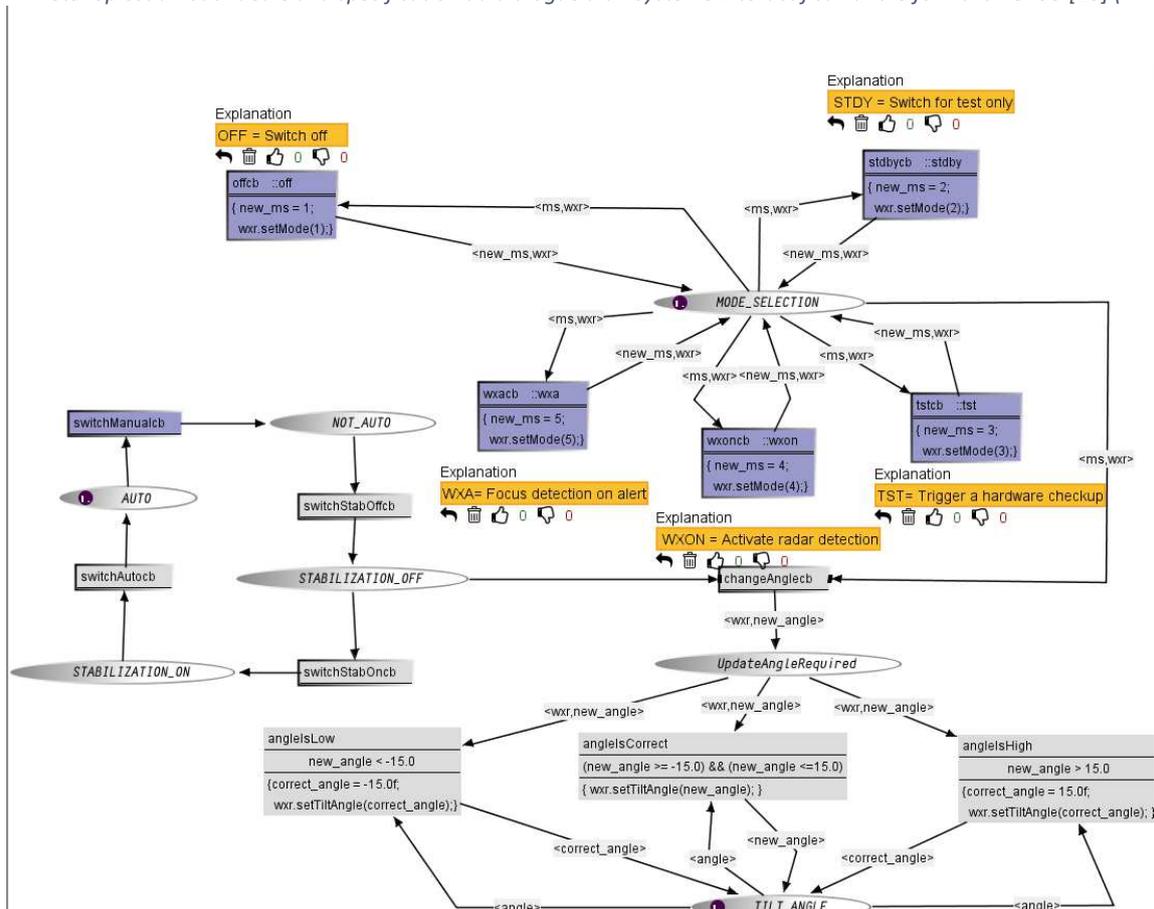


Figure 3-10).

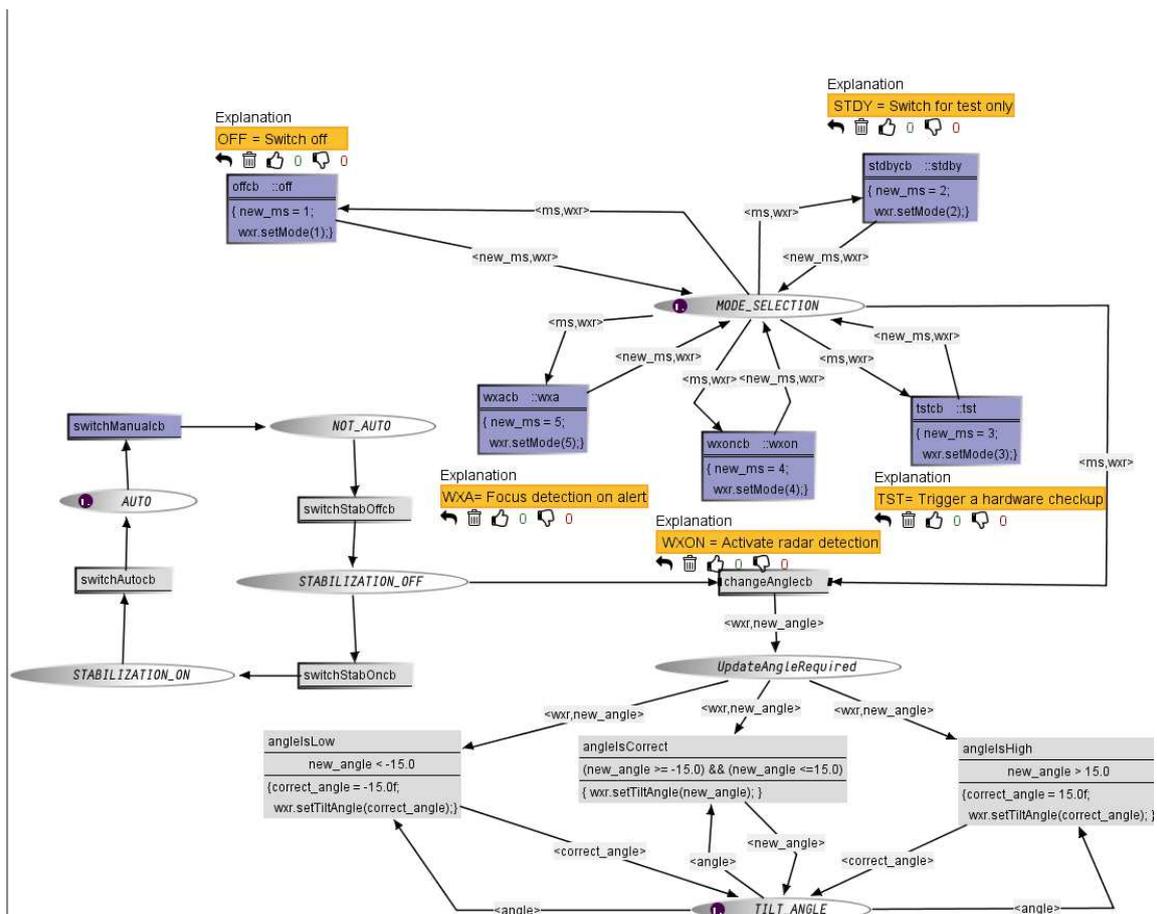


Figure 3-10 Modèle ICO spécifiant le comportement du panneau de contrôle dans l'étude de cas « WXR »

Cette seconde intégration du plugin d'annotation nous a permis de montrer que notre modèle d'annotation et notre architecture pour le support d'annotation permet de créer des annotations sur différents types d'artefacts. Par ailleurs, la centralisation des annotations qui est au cœur de notre architecture rends possible le ciblage de plusieurs artefacts de différents types pour une même annotation. Ainsi, une annotation peut être rattachée à plusieurs modèles différents. Dans l'étude de cas présentée dans le manuscrit, une annotation a été créée puis rattachée à un prototype PANDA et un modèle ICO.

Une fois qu'une annotation a été rattachée à plusieurs artefacts différents, il est possible de visualiser cette annotation ainsi que ses différentes cibles dans l'outil « ARMADILLO » comme le montre la Figure 3-11. Dans cette figure, l'ensemble des annotations stockées dans le dépôt est représenté par un arbre. La racine de l'arbre représente l'annotation tandis que les feuilles indiquent les cibles de l'annotation.

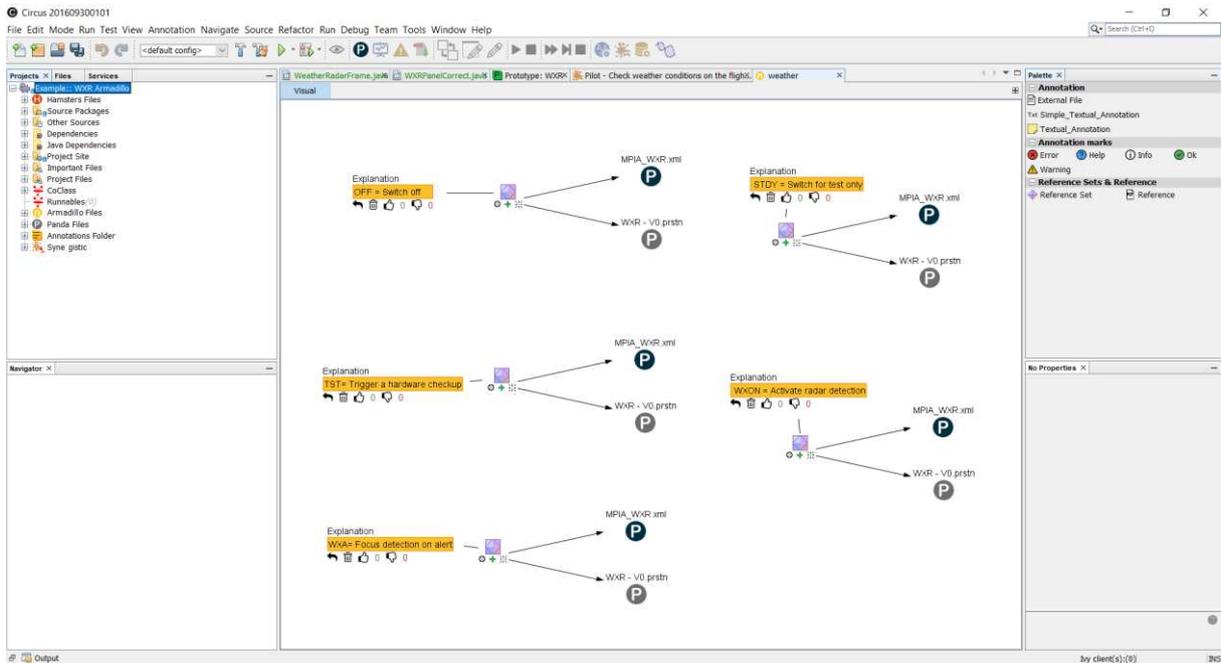


Figure 3-11 Aperçu des annotations dans l'outil ARMADILLO

- **Transfert industriel des contributions avec l'outil « eazly™ »**

Pour la troisième étude de cas, nous avons intégré différentes contributions de cette thèse dans un outil industriel appelé « eazly™ ». Cet outil est un éditeur conçu pour personnaliser des applications web de type e-services produit par la société Softeam qui a financé cette thèse dans le cadre d'une convention CIFRE. Le détail de cette étude de cas est disponible dans le chapitre 10 du manuscrit.

La Figure 3-12 illustre une simplification du processus de création et de personnalisation de l'application web grâce aux outils de la société Softeam. Dans un premier temps, un analyste métier (Business Analyst ou BA) spécifie l'application avec un éditeur appelé « e-Citizen Studio™ ». Une fois la spécification terminée, l'éditeur génère une application pouvant être déployée sur un serveur. Une fois l'application déployée, un expert fonctionnel (Functionnel Expert ou FE) va pouvoir utiliser l'éditeur « eazly Studio™ » afin de personnaliser l'application générée.

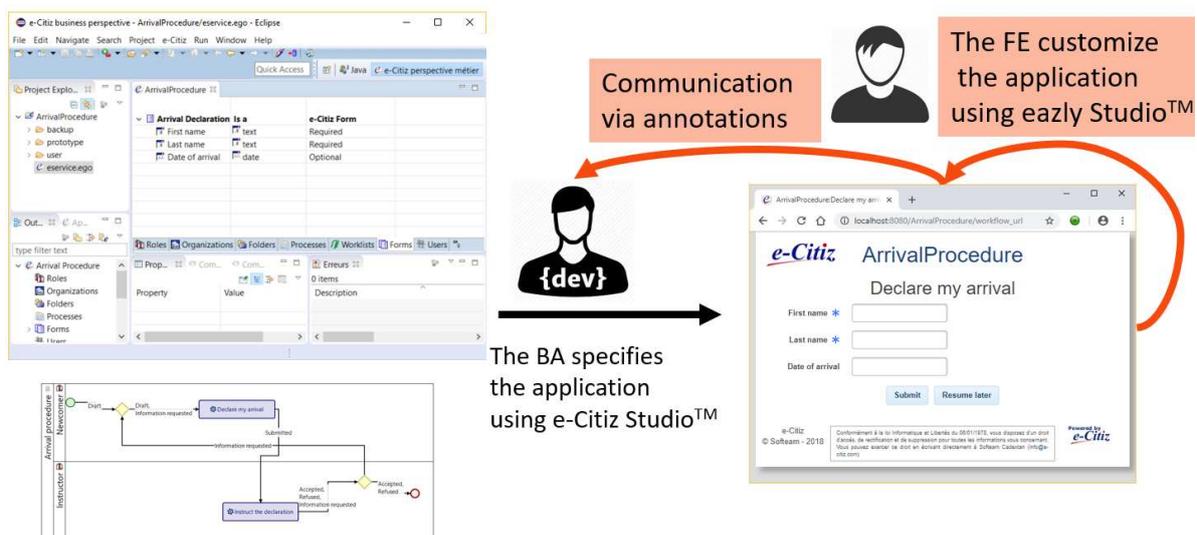


Figure 3-12 Schématisation du processus de conception d'une application e-Citizen™

Il est également possible pour le FE de communiquer avec le BA au moyen d'annotations afin de signaler par exemple une modification qu'il souhaiterait faire mais qui n'est pas réalisable avec le studio eazly™.

Ces annotations sont représentées dans le studio eazly™ sous la forme de post-it, comme le montre la Figure 3-13.

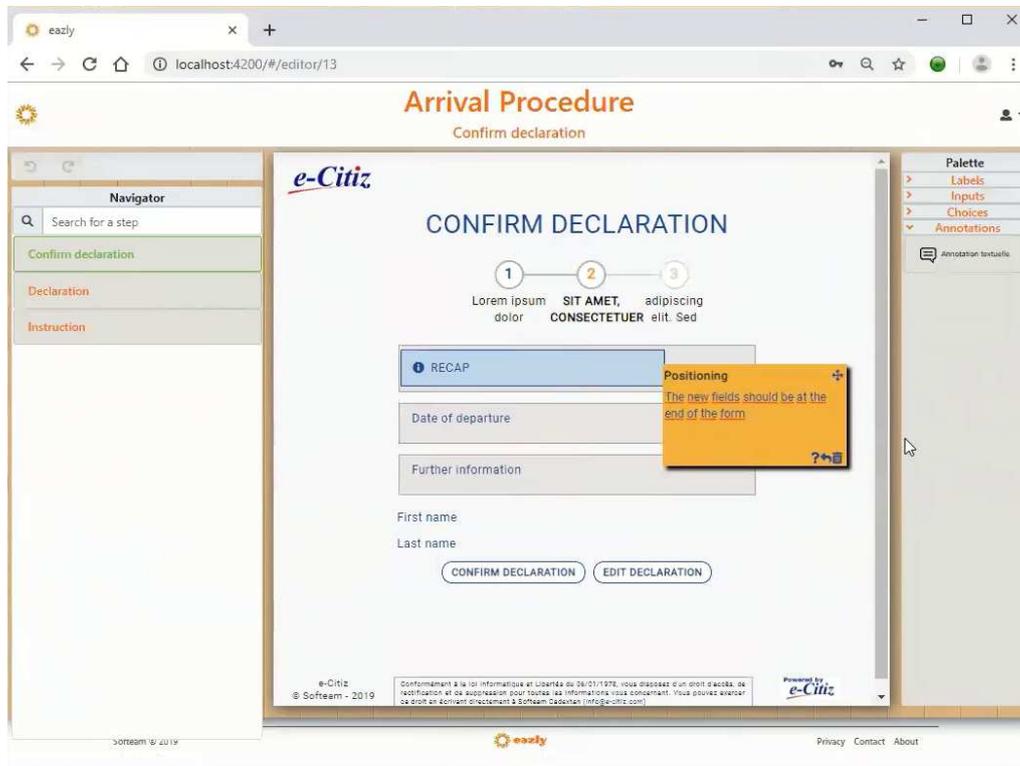


Figure 3-13 Capture d'écran d'annotations dans le studio eazly™

3.5. Conclusion

Cette thèse présente trois contributions distinctes en relation avec les annotations.

La première contribution concerne le cycle de vie des annotations et sa relation avec le cycle de vie d'un artefact. Dans cette contribution, nous suggérons que chaque évolution est précédée par une phase de décision qui peut être influencée ou motivée par des éléments extérieurs. Dans la deuxième contribution, nous proposons un modèle d'annotation permettant de décrire des annotations pouvant cibler n'importe quel type d'artefact. La troisième contribution est une architecture logicielle destinée à permettre l'intégration d'un système d'annotation centralisée dans différents outils d'édition d'artefact.

Ces contributions ont ensuite été appliqués à trois différents études de cas, démontrant chacune à la fois la faisabilité technique de l'intégration d'annotations pour la conception de système interactif mais aussi de potentiels utilisations des annotations dans ce contexte.

Chapitre 4. Conclusion

Le but de cette thèse était d'étudier les annotations ainsi que leurs rôles durant le processus de développement de systèmes interactifs. En effet, les annotations sont utilisées sur de nombreux artefacts tels que les prototypes papier. Ainsi, nous avons effectués de nombreuses études et proposés des contributions relatives aux annotations dans le contexte de la conception de système interactif.

Nous avons identifié dans la section 2.2 du Chapitre 2 le formalisme des annotations concernant leurs structures ainsi que différentes utilisations aux travers d'une étude extensive de la littérature et des outils d'annotation. Au cours de cette étude, nous avons noté que l'implémentation des annotations était limitée sur certains aspects avec notamment de fortes limitations sur le ciblage de ressources externes. Concernant le support des annotations dans les outils de prototypage, les annotations n'étaient présentées que comme des outils pour communiquer pendant la création du prototype et collecter des avis sur le design durant l'évaluation. Ces utilisations ne sont cependant qu'une partie des usages identifiés dans la littérature.

Nous avons également noté qu'un standard définissant les annotations sur le web a été proposé par le W3C et que ce modèle est déjà adopté par plusieurs outils. Cependant, ce modèle n'est pas adapté pour l'annotation de tous les différents types d'artefacts produits et utilisés durant le processus de conception.

Ainsi, ces différentes analyses ont motivés les différentes contributions de cette thèse.

Dans la section 3.1, nous avons formalisé les interactions entre une annotation et ses cibles tout en identifiant le problème de cohérence des informations présentés par chacun de ces éléments lorsqu'une évolution survient. En effet, les annotations et ses cibles s'influencent entre eux à travers l'activité de décision.

Après cela, nous avons proposé une approche basée modèle pour les annotations du processus de conception dans la section 3.2. Dans ce modèle d'annotation, la flexibilité et la précision du ciblage pour les annotations ainsi que le support de différentes structures de corps d'annotation ont été assurées afin que les annotations puissent être utiles durant les activités du processus de conception de systèmes interactifs. En effet, en structurant les annotations et en permettant de les rattacher à divers artefacts ou fragment d'artefact, il est possible de spécifier des informations concernant le système interactif en les remettants dans leur contexte. Par ailleurs, les annotations peuvent également être utilisées en tant que moyen de communication pour supporter différents buts comme l'a démontré la littérature. Ainsi, les annotations peuvent être considérées comme un outil versatile pouvant être utilisés au cours des différentes phases du processus de développement.

Nous avons ensuite illustré les utilisations de nos contributions à travers trois différentes études de cas dans les chapitres 8, 9 et 10 du manuscrit. Chacune de ces études de cas montre un aspect spécifique des différentes contributions proposées dans cette thèse dans des contextes différents. En effet, nous avons pu voir par exemple l'exécution de tests automatisés définis dans des annotations, l'utilisation d'annotations pour connecter différents modèles ou encore pour communiquer sur un point particulier d'un artefact. En plus de ces utilisations, nous avons également identifiés d'autres moyens pour exploiter les annotations tels que leurs utilisations pour assurer la traçabilité d'un projet ou pour aider les concepteurs durant le processus de décision.

Dans l'état actuel des contributions, nous pouvons noter plusieurs limitations concernant le support des annotations ou leurs intégration et exploitations dans le processus de conception. Plusieurs concepts ont été mis de côtés afin de limiter la complexité de l'implémentation des annotations telle

que la spécification d'un destinataire pour une annotation. Néanmoins, les concepts clés des contributions de cette thèse sont l'importance des annotations dans le processus de conception et les fonctionnalités à considérer pour l'implémentation d'un système d'annotation pour annoter différents types d'artefact.

Dans l'ensemble, nous pouvons considérer que les buts initiaux définis pour ces travaux ont été atteints dans une certaine mesure grâce aux contributions présentés dans cette thèse : l'utilisation du mécanisme de ciblage inhérents aux annotations pour connecter les artefacts nous ont permis de structurer les artefacts du processus de conception. En matérialisant les décisions avec des artefacts tels que les annotations, le modèle et les processus que nous proposons permettent de connecter les idées et choix de conceptions aux les artefacts.

Ainsi, les contributions de cette thèse représentent les fondations de futurs travaux sur l'utilisation des annotations dans le contexte du design de système interactifs. En effet, nous avons définis plusieurs objectifs à court et à long terme dans la continuité des travaux présentés dans cette thèse.

Concernant les objectifs à court terme, nous avons identifiés deux buts relatifs à l'état actuel des travaux déjà effectués :

- Premièrement, beaucoup de contributions présentées dans cette thèse sont en cours d'édition pour pouvoir être publiés dans diverses conférences et ainsi disséminer les connaissances apportées par cette thèse
- Deuxièmement, l'implémentation des différents outils qui ont été présentés dans les études de cas ne sont pas encore suffisamment complets et nécessitent d'avantage de développement

Au-delà de la soumission des contributions de cette thèse dans diverses conférences, nous avons également l'intention de poursuivre les travaux sur différents sujets ayant pour base le modèle d'annotation et l'architecture présentée :

- Le premier objectif à moyen terme est d'étudier le processus de prise de décision et l'utilisation des annotations pour supporter ce processus. Pour ces travaux, nous considérons étudier l'évaluation d'annotations par rapport à leurs pertinence et leurs popularité, l'extraction d'information sur les décisions ou les choix de conceptions contenus dans les annotations ainsi que les sources extérieures pouvant impacter l'évolution du design
- Le deuxième objectif à moyen terme est de commencer l'analyse et l'étude pour la traçabilité des évolutions du design et comment les annotations peuvent contribuer à assurer cette traçabilité
- Le troisième objectif à moyen terme est de se baser sur les travaux sur la traçabilité des évolutions du design pour étudier la traçabilité des communications effectuées par les acteurs du processus de conception et pour examiner comment ces communications sont pris en compte par la suite au cours du processus de conception
- Le quatrième objectif est de poursuivre les travaux initiés sur la gestion des annotations
- Le dernier objectif à moyen terme est d'effectuer des expérimentations sur le terrain afin d'étudier le système d'annotation que nous avons développé et l'utilisation des annotations durant plusieurs itérations d'un processus de conception. Ainsi, nous souhaiterions savoir si les annotations sont des outils fiables et utilisables pour structurer les artefacts d'un espace de travail associé à un projet, pour aider les parties prenantes durant le processus de décision et pour assurer la traçabilité des évolutions du design.

Une fois ces objectifs à moyen terme terminés, nous avons identifié trois objectifs à long terme dans la continuité des travaux présentés:

- Le premier objectif à long terme est d'étendre le système d'annotations aux artefacts tangibles. En effet, la conception de système interactif ne se limite pas aux artefacts numériques et à la conception d'interface utilisateurs et au comportement du système. De plus, les systèmes interactifs peuvent utiliser des périphériques d'entrées ou de sortie pouvant être prototypés. Pour adresser ce problème, plusieurs solutions peuvent être envisagées comme l'utilisation de la réalité augmentée pour créer des annotations sur des artefacts tangibles avec un système de reconnaissance d'image pour identifier les cibles. Une autre approche serait de convertir les artefacts et les annotations physiques en numérique et vice versa. Ce transfert pourrait être réalisé par une intelligence artificielle de reconnaissance de formes pour identifier et générer des annotations à partir de leur représentation physique
- Le deuxième objectif à long terme est d'étudier et concevoir une plateforme pour gérer les projets. Cette plateforme pourrait être utilisée pour rassembler les différentes contributions liés à cette thèse et proposer une vue globale des artefacts qui serait complémentaires à la vue proposée par ARMADILLO
- Le troisième objectif à long terme est d'exploiter et analyser la traçabilité de précédents projets afin de construire un système de recommandation pour le développement de systèmes interactifs. En effet, en rassemblant les données et les décisions effectuées au cours de différents projets, nous estimons qu'il est possible d'identifier des patterns de choix de conceptions qui pourront être proposés dans de futurs projets.

Liste des publications

1. Thiago Silva, Jean-Luc Hak, Marco Winckler. A Review of Milestones in the History of GUI Prototyping Tools. Workshop on User Experience and User-Centered Development Processes 2015 (IFIP WG 13.2). INTERACT 2015 Adjunct Proceedings vol:22. p:267-279. University of Bamberg Press.
2. Silva, Thiago & Hak, Jean-Luc & Winckler, Marco. (2016). Testing Prototypes and Final User Interfaces Through an Ontological Perspective for Behavior-Driven Development. 9856. 86-107. 10.1007/978-3-319-44902-9_7.
3. Jean-Luc Hak, Marco Antonio Winckler, David Navarre. PANDA: prototyping using annotation and decision analysis. 8th ACM SIGCHI conference Engineering Interactive Computing Systems (EICS2016), Jun 2016, Brussels, Belgium. EICS '16: Proceedings of the 8th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, pp. 171-176, 2016. <hal-01712526>
4. Rocha Silva, Thiago and Hak, Jean-Luc and Winckler, Marco Antonio. An Approach for Multi-Artifact Testing Through an Ontological Perspective for Behavior-Driven Development. (2016) Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly, 7. 81-107. ISSN 2255-9922
5. T. R. Silva, J. Hak and M. Winckler, "A Behavior-Based Ontology for Supporting Automated Assessment of Interactive Systems," 2017 IEEE 11th International Conference on Semantic Computing (ICSC), San Diego, CA, 2017, pp. 250-257. doi: 10.1109/ICSC.2017.73
6. Silva, Thiago & Hak, Jean-Luc & Winckler, Marco. (2017). A Formal Ontology for Describing Interactive Behaviors and Supporting Automated Testing on User Interfaces. International Journal of Semantic Computing. 11. 513-539. 10.1142/S1793351X17400219.
7. Silva, T. R., Hak, J.-L., Winckler, M. & Nicolas, O. (2017). A Comparative Study of Milestones for Featuring GUI Prototyping Tools. Journal of Software Engineering and Applications, 10 (06), pp. 564-589. DOI: <http://doi.org/10.4236/jsea.2017.106031>. (Silva et al., 2017)
8. Jean-Luc Hak, Olivier Nicolas, Marco Winckler, Philippe Palanque, An Attempt to Fathom the Role of Annotations in User-Centered Design Process. Workshop on Research and Practice Challenges for Engineering Interactive Systems while Integrating Multiple Stakeholders Viewpoints, EISMS 2019

Références

1. Martinie De Almeida, Célia. « Une approche à base de modèles synergiques pour la prise en compte simultanée de l'utilisabilité, la fiabilité et l'opérabilité des systèmes interactifs critiques. » Ph.D. dissertation, Université Toulouse III -Paul Sabatier, 2011.
2. Sanderson, Robert, Paolo Ciccarese, and Benjamin Young, eds. 2017. "Web Annotation Data Model." W3C Recommendation, February 23. Accessed 2019-04-18.
3. Bringay S., Barry C., Charley J., Annotations: A new type of document in the Electronic Health Record. Paper presented at the 2nd International Conference on Document Research and Development in Sciences, arts and business: DOCAM 2004, University of California, Berkeley, Etats-Unis, octobre 2004.
4. José Kahan and Marja-Ritta Koivunen. 2001. Annotea: an open RDF infrastructure for shared Web annotations. In Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web (WWW '01). ACM, New York, NY, USA, 623-632.
DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/371920.372166>
5. Robert Sanderson, Paolo Ciccarese, Herbert Van de Sompel, 2013. Open Annotation Data Model, Community Draft. Available at: <http://www.openannotation.org/spec/core/>
6. Sanderson, Robert, Paolo Ciccarese, and Benjamin Young, eds. 2017. "Web Annotation Data Model." W3C Recommendation, February 23. Accessed 2019-04-18.
7. Agosti M. and Ferro N. 2007. A formal model of annotations of digital content. ACM Trans. Inform. Syst. 26, 1, Article 3 (November 2007), 57 pages. DOI = 10.1145/1292591.1292594
<http://doi.acm.org/10.1145/1292591.1292594>
8. Catherine C. Marshall. 1998. Toward an ecology of hypertext annotation. In Proceedings of the ninth ACM conference on Hypertext and hypermedia : links, objects, time and space---structure in hypermedia systems: links, objects, time and space---structure in hypermedia systems (HYPERTEXT '98). ACM, New York, NY, USA, 40-49.
DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/276627.276632>
9. Zacklad, Manuel & Lewkowicz, Myriam & Boujut, Jean-François & Darses, Françoise & Et, Françoise & Détienne, Françoise. (2003). Formes et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative.
10. Manuel Zacklad. Annotation : attention, association, contribution. Annotations dans les Documents pour l'Action, Hermes science publications, pp.29-46, 2007. <sic 00180781>
11. Gaëlle Lortal. Médiatiser l'annotation pour une herméneutique numérique : AnT&CoW, un collectif pour une coopération via l'annotation de documents numériques. Autre [cs.OH]. Université de Technologie de Troyes, 2006. Français. <tel-00136042>
12. José Kahan and Marja-Ritta Koivunen. 2001. Annotea: an open RDF infrastructure for shared Web annotations. In Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web (WWW '01). ACM, New York, NY, USA, 623-632.
DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/371920.372166>
13. Amir M. Naghsh, Andy Dearden, and Mehmet B. Özcan. 2005. Investigating annotation in electronic paper-prototypes. In Proceedings of the 12th international conference on Interactive Systems: design, specification, and verification (DSVIS'05), Stephen W. Gilroy and Michael D. Harrison (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 90-101.
DOI=http://dx.doi.org/10.1007/11752707_8

14. Virbel Jacques. Annotation dynamique et lecture expérimentale : vers une nouvelle glose ?. In: Littérature, n°96, 1994. Informatique et littérature. pp. 91-105. doi : 10.3406/litt.1994.2354 http://www.persee.fr/doc/litt_0047-4800_1994_num_96_4_2354
15. Maristella Agosti, Giorgetta Bonfiglio-Dosio, and Nicola Ferro. 2007. A historical and contemporary study on annotations to derive key features for systems design. *Int. J. Digit. Libr.* 8, 1 (October 2007), 1-19. DOI=<http://dx.doi.org/10.1007/s00799-007-0010-0>
16. Shipman, F.M., McCall, R.J.: Integrating Different Perspectives on Design Rationale : Supporting the Emergence of Design Rationale from Design Communication. *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf.* 11, 141–154 (1997)
17. Lortal G., Lewkowicz M., Todirascu-Courtier A., 2005, Annotation: Textual Media for Cooperation, in Proceedings of Annotation for Cooperation Workshop November 24-25th (p.41-50)
18. Marisela Gutierrez Lopez, Gustavo Roveló Ruiz, Kris Luyten, Mieke Haesen, and Karin Coninx. 2018. Re-thinking Traceability: A Prototype to Record and Revisit the Evolution of Design Artefacts. In *Proceedings of the 2018 ACM Conference on Supporting Groupwork (GROUP '18)*. ACM, New York, NY, USA, 196-208. DOI: <https://doi.org/10.1145/3148330.3148334>
19. Thiago Silva, Jean-Luc Hak, Marco Winckler. A Review of Milestones in the History of GUI Prototyping Tools. Workshop on User Experience and User-Centered Development Processes 2015 (IFIP WG 13.2). INTERACT 2015 Adjunct Proceedings vol:22. p:267-279. University of Bamberg Press.
20. Claudia Müller-Birn, Tina Klüwer, André Breitenfeld, Alexa Schlegel, and Lukas Benedix. 2015. neonion: Combining Human and Machine Intelligence. In Proceedings of the 18th ACM Conference Companion on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW'15 Companion). ACM, New York, NY, USA, 223-226. DOI: <https://doi.org/10.1145/2685553.2699012>
21. Craig S. Tashman and W. Keith Edwards. 2011. LiquidText: a flexible, multitouch environment to support active reading. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11). ACM, New York, NY, USA, 3285-3294. DOI: <https://doi.org/10.1145/1978942.1979430>
22. Silva, T. R., Hak, J.-L., Winckler, M. & Nicolas, O. (2017). A Comparative Study of Milestones for Featuring GUI Prototyping Tools. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10 (06), pp. 564-589. DOI: <http://doi.org/10.4236/jsea.2017.106031>. (Silva et al., 2017)
23. Navarre D., Palanque P., Ladry J-F. & Barboni E. ICOs: A model-based user interface description technique dedicated to interactive systems addressing usability, reliability and scalability. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 16(4), 18:1–18:56. 2009