

Modèles et Architecture d'une Mémoire d'Annotation context-aware pour l'Enseignant

Abdelaziz OUADAH¹, Faïçal AZOUAOU¹, Cyrille DESMOULINS²

¹ Ecole nationale Supérieure en Informatique (E.S.I)
Oued Smar Alger, Algérie
{a_ouadah, f_azouaou}@esi.dz

² CLIPS- IMAG, université Joseph Fourier
BP 53 38041 Grenoble cedex 9 France
{Cyrille.desmoulin}@imag.fr

Résumé. Cet article décrit un modèle conceptuel et une architecture globale pour une mémoire d'annotation context-aware. Cette mémoire permet à l'enseignant de gérer les annotations qu'il crée sur ses documents pédagogiques et adapte son comportement aux différents contextes de l'activité de cet enseignant, lui offrant ainsi une grande utilisabilité tout en minimisant son effort (effortless). Le modèle de l'annotation que nous proposons est composé de trois facettes: cognitive, sémantique et contextuelle. L'architecture globale de notre mémoire d'annotation est présentée comme un ensemble de modules à base de services web, et cela pour faciliter son intégration avec les autres outils utilisés par l'enseignant comme par exemple les plateformes eLearning. La communication entre les différents modules est concrétisée par des messages XML.

Mots-clés : annotation, context-aware, modèle du contexte, adaptation, services web.

1 Introduction

L'enseignant pendant ses activités d'enseignement (conception de cours, présentiel, tutorat...) manipule un nombre important de documents pédagogiques, supports de ces activités. Ces documents sont la plupart du temps en format numérique. Afin de mémoriser les éléments dont il veut se rappeler, l'enseignant crée sur ces documents, différents types d'annotation, afin de les réutiliser comme une mémoire de travail. L'enseignant se constitue ainsi une mémoire externe pour ses activités d'enseignement.

Cette mémoire est composée de l'ensemble des documents pédagogiques d'un enseignant et des annotations créées sur ces documents. L'enseignant utilise cette mémoire pour mémoriser ses annotations, les conserver et de les restituer en cas de besoin.

Cette mémoire permet à l'enseignant par exemple de mémoriser une idée qu'il ne veut pas oublier, en vue de la retrouver par la suite d'une manière rapide, ou de créer une annotation dans un contexte donné en vue de la réutiliser dans un autre contexte.

Afin que cette mémoire externe soit utile/exploitable pour l'enseignant, la mémoire d'annotation (l'ensemble des annotations) doit être bien structurée selon la sémantique des annotations et afin que cette mémoire soit utilisable (facile d'usage), cette mémoire doit s'adapter au contexte courant de l'activité de l'enseignant, et ceci afin de permettre à l'enseignant de l'exploiter de manière fluide sans efforts (effortless).

Dans le présent travail, nous commençons d'abord par exposer le besoin d'une mémoire d'annotation adaptative pour l'enseignant. Nous exposons après, une version améliorée du modèle conceptuel de l'annotation proposé par Azouaou & Desmoulin [1] que nous réutilisons. Ensuite, nous décrivons le modèle conceptuel du contexte que nous proposons. Enfin, nous proposons une nouvelle architecture informatique globale de la mémoire d'annotation adaptative avec une description détaillée des fonctionnalités offertes par chaque module de l'architecture.

2 Problématique

Actuellement, l'enseignant au cours de ses activités trouve des difficultés pour créer et consulter les annotations sur des documents pédagogiques. Généralement il utilise des annotations manuelles qui sont très difficiles à gérer, à exploiter et à capitaliser. L'enseignant travaille de plus en plus sur des documents électroniques que des documents manuels. A cet effet, l'existence d'une mémoire d'annotation pour gérer toutes ces annotations est nécessaire pour l'enseignant.

Or, un document pédagogique peut être annoté plusieurs fois, dans des contextes différents, dans des endroits différents et lors des moments différents aussi, ce qui peut rendre le document illisible au moment de sa consultation. En plus, un enseignant crée une annotation en vue de la réutiliser dans un autre contexte, par conséquent, un outil d'annotation doit s'adapter au contexte qui entoure l'activité d'annotation.

L'enseignant utilise en parallèle d'un outil d'annotation d'autres outils informatiques comme une plateforme e-learning ou un agenda. Un outil d'annotation doit être conçu de telles manières à faciliter son intégration et son interopérabilité avec ces outils.

Un outil d'annotation context-aware doit être d'une grande utilisabilité et n'altère pas le travail courant de l'enseignant, en lui demandant un minimum d'effort (effortless), et cela à travers par exemple le remplissage automatique des propriétés de l'annotations via son couplage avec le contexte de l'activité de l'annotation.

3 Modèle conceptuel d'annotation

Dans cette partie nous exposons une version améliorée du modèle de l'objet annotation dédié à l'enseignant proposé par Azouaou & Desmoulins [1]. Ce modèle est dérivé en particulier du modèle d'annotation du web sémantique [2], et de celui de Tazi [3] qui représente l'objet l'annotation comme un acte de langage. Notre modèle est dédié à l'annotation de l'enseignant et par conséquent prend en charge les spécificités de l'annotation personnelle de l'enseignant.

Ces modèles proposent des éléments communs, tel que les aspects physiques de l'annotation (ancrage, forme graphique) et des éléments spécifiques car chaque modèle est conçu pour être utilisé pour un objectif et dans un contexte spécifiques (le web sémantique, l'annotation personnelle de l'enseignant, .etc.).

3.1 Les trois facettes du modèle d'annotation

Le modèle d'annotation que nous proposons se base sur le modèle de l'annotation sémantique pour l'enseignant [1] qui représente l'objet d'annotation avec trois facettes (cognitive, sémantique et contextuelle). Nous proposons ci-dessous une nouvelle version de ce modèle où la facette contextuelle a été en particulier améliorée. Voir ci-dessous la présentation de chacune des trois facettes du modèle.

La facette cognitive. La facette cognitive permet de représenter l'aspect physique de l'annotation, elle permet d'identifier l'emplacement et la position physique de l'annotation sur le document annoté d'une part et la forme graphique de l'annotation d'une autre part. Cette facette est importante dans notre cas car elle représente la dimension cognitive qui permet à l'humain d'interpréter la sémantique de l'annotation.

La facette sémantique. Cette facette permet d'explicitement formellement la sémantique de l'annotation du point de vue de l'enseignant d'une part et pour rendre les ressources documentaires annotées interprétable par les agents logiciels d'une autre part.

La facette contextuelle. Cette facette vise à représenter le contexte courant de l'activité de l'enseignant lorsqu'il annote ses ressources pédagogiques. Afin d'améliorer la facette contextuelle, nous exploitons les modèles du contexte e-learning proposés dans la littérature ([4] et [5]). La facette contextuelle prend en charge l'aspect contextuel de l'annotation, elle englobe (voir figure 1) :

1. Le contexte personnel : représenté par l'auteur de l'annotation et celui qui va la réutiliser ou la consulter au moment du contexte de réutilisation.
2. Le contexte d'activité : représente l'activité d'enseignement et les différentes phases qui la décomposent (préparation du document pédagogique, conception, exécution, .etc.) et pendant laquelle l'enseignant crée l'annotation.

3. le contexte d'environnement : désigne le lieu et le moment de la création de l'objet d'annotation par l'enseignant.
4. Le contexte informatique : pendant l'activité d'annotation, l'enseignant utilise des moyens informatiques matériels et logiciels, tel qu'un agenda électronique, une plateforme eLearning, ces moyens informatiques font également une partie du contexte de l'activité de l'enseignant.

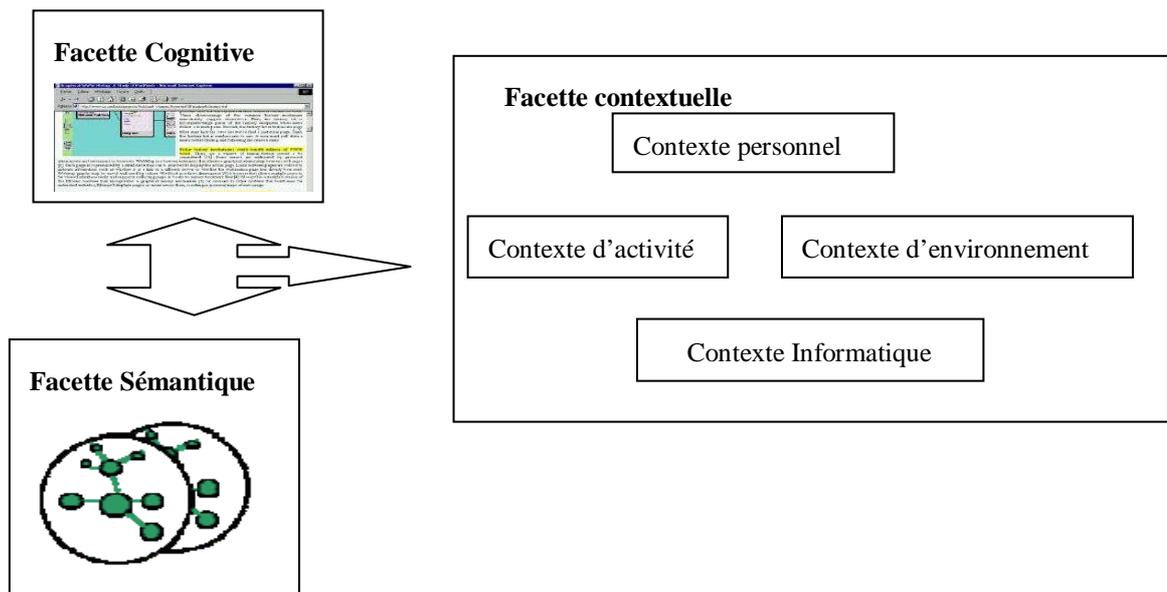


Figure 1. Le modèle conceptuel de l'annotation.

3.2 Définition des propriétés des facettes

Après avoir exposé le nouveau modèle de l'annotation sémantique de l'annotation, nous décrivons ci-dessous les propriétés qui composent chacune des trois facettes.

A. Propriétés de la facette cognitive. La facette cognitive se compose des propriétés suivantes :

- **L'ancre physique** : L'ancre physique représente la position physique de l'annotation dans le document, il inclut deux propriétés :
 - URL (Uniform Resource Locator) : Il fait référence à l'adresse du document annoté.
 - L'emplacement de l'annotation sur le document : Il désigne la position de l'annotation sur le document.

- **La forme graphique** : La forme graphique indique la forme utilisée par l'annotateur (surlignage jaune, soulignement, graffiti...). Cette forme graphique reflète la sémantique de l'annotation, c'est-à-dire l'objectif pour lequel l'annotateur a créé cette annotation [6]

B. Propriétés de la facette sémantique. Nous reprenons les propriétés définies dans la littérature [1] :

L'objectif : l'enseignant annote pour un but bien défini, ce dernier doit être explicite. Cet objectif peut être décomposé en trois sous objectifs :

- Sous objectif pédagogique : il est lié à l'aspect pédagogique de l'objectif d'annotation. Exemple : annoter pour mémoriser une activité pédagogique à prévoir pour les apprenants.
- Sous objectif domaine : il est lié à l'aspect connaissances du domaine de l'objectif d'annotation. Exemple : annoter pour mémoriser une formule.
- Sous objectif document : il est lié à l'aspect document de l'objectif d'annotation. Exemple : annoter pour supprimer un passage.

Contenu structuré : cette propriété permet à l'enseignant d'explicitier l'objectif de l'annotation, en choisissant une valeur dans liste de valeurs préétablie.

La force : Elle caractérise la valeur que représente l'annotation pour l'enseignant annotateur, elle est divisée en deux parties :

- L'importance : cette propriété permet de préciser le degré d'importance donné par l'enseignant à l'annotation créée.
- La confiance : elle représente la confiance donnée par l'enseignant à la valeur et l'objectif de l'annotation.

C. Propriétés de la facette contextuelle. La facette contextuelle est constituée de l'ensemble des attributs qui décrivent le contexte courant d'activité de l'enseignant lors de la création de l'annotation ou de sa réutilisation. Cette facette inclut

- le contexte personnel de l'annotateur car l'annotateur lui-même fait partie du contexte,
- le contexte d'environnement qui identifie la date et le lieu d'annotation,
- le contexte d'activité qui précise l'activité d'enseignement (suivi, correction, réunion...) pendant laquelle l'enseignant a créé l'annotation
- le contexte informatique qui décrit les systèmes informatiques hôtes de l'application d'annotation de l'enseignant, par exemple une plateforme e-learning, système d'exploitation, environnement web utilisé par l'enseignant.

Le contexte de réutilisation de l'annotation est composé des mêmes propriétés que le contexte de création de l'annotation. Il indique le contexte dans lequel l'annotation sera affichée par l'outil d'annotation.

4 Le modèle du contexte

Nous présentons dans cette partie le modèle du « contexte » qui permet à notre mémoire d'avoir une représentation courante de l'objet contexte. Grâce à ce modèle, notre outil de mémoire acquiert une conscience de contexte courant et peut par conséquent adapter ses fonctionnalités selon les changements de son environnement.

Ce modèle du contexte représente l'état du contexte courant afin de fournir les valeurs de cet état à notre mémoire d'annotation. La mémoire utilise ces valeurs pour spécifier les valeurs de la facette contextuelle d'une annotation lors de sa création, mais également afin d'adapter son comportement et son interface selon le contexte courant (notion du context-awareness). En se basant sur un modèle précédent [1] nous proposons le modèle amélioré suivant, dont les attributs sont organisés en quatre grandes catégories :

- **Contexte Personnel**
 - **Identificateur** : sert à identifier d'une manière unique l'utilisateur de l'outil d'annotation.
 - **Auteur** : dans notre cas, l'auteur ou l'utilisateur de l'annotation est un enseignant, cette propriété permet ainsi d'associer l'annotation à la personne qui l'a créée ou celui qu'il va l'utiliser.
- **Contexte d'activité**
 - **Domaine d'apprentissage** : représente le domaine de connaissance enseigné pendant la création ou l'utilisation de l'annotation (Informatique, chimie, biologie...).
 - **Activité d'apprentissage** : représente le type d'activité d'apprentissage exercé par les apprenants, qui est liée à l'annotation de l'enseignant, (TP, exercice, simulation, synthèse de documents...).
 - **Activité d'enseignement** : elle correspond à l'activité d'enseignement exercé par l'enseignant (préparation du cours, correction, réunion d'enseignants...).
- **Contexte d'environnement**
 - **Date** : elle décrit le moment exact de la pose de l'annotation sur le document, elle inclut le jour, l'heure, .etc.
 - **Lieu** : cette propriété représente le lieu où se trouve l'enseignant lorsqu'il crée l'annotation.
- **Contexte Informatique**

Ce contexte précise le matériel et les outils informatiques utilisés par l'enseignant pendant son activité d'enseignement, comme

- **Système d'exploitation** : désigne le système d'exploitation installé sur la machine hôte (Windows, Linux, Symbian OS X...)
- **Plateforme e-learning** : désigne la plateforme e-learning utilisé par l'enseignant, cette dernière peut changer d'un contexte à un autre si l'enseignant travaille dans deux universités différentes et chacune d'elles possède sa propre plateforme e-learning.
- **Agenda électronique** : l'agenda électronique est utilisé par l'enseignant pour organiser et planifier son programme d'intervention au sein de l'université.
- **Matériel informatique** : permet de décrire la machine informatique sur laquelle tourne l'outil d'annotation.

Nous définissons ensuite les deux niveaux suivants du contexte selon une dimension chronologique : création de l'annotation + sa réutilisation

4.1 Contexte de la création de l'annotation

Le contexte de création de l'annotation représente le contexte dans lequel l'annotation est mise sur le document pédagogique par l'enseignant. Les valeurs des propriétés du contexte de création de l'annotation sont renseignées automatiquement à partir du contexte courant.

4.2 Contexte de réutilisation de l'annotation

Indique le contexte dans lequel l'annotation sera réutilisée ou affichée par le système. Une annotation créée dans un contexte donné peut être réutilisée pendant un ou plusieurs contextes ultérieurement. Quand l'annotateur ne précise pas le contexte de réutilisation, l'annotation en question est toujours affichée à l'ouverture du document annoté. Le contexte de réutilisation partage les mêmes propriétés avec le contexte de création de l'annotation.

Un enseignant peut créer une annotation dans un contexte C1, afin de la réutiliser dans un autre contexte C2, les valeurs des propriétés de C1 sont récupérées automatiquement à partir du contexte courant, alors que les valeurs du contexte de réutilisation C2 sont spécifiées par l'enseignant au moment de la création de l'annotation.

Un scénario illustratif

Supposant qu'un enseignant crée une annotation au cours de la préparation d'un document pédagogique, dans un contexte C1, en vue de la réutiliser comme aide mémoire dans un autre contexte C2. Donc les valeurs des propriétés de la facette contextuelle de l'objet prennent les valeurs (date : 10/04/2009, activité d'enseignement : conception), l'enseignant spécifie également le contexte de réutilisation de l'annotation en le choisissant directement sur le calendrier de la

plateforme e-learning qu'il utilise, (date : 15/05/2009, activité d'enseignement : exécution, activité d'apprentissage : TD).

Automatiquement le 15/05/2009, au cours de la séance de TD, l'annotation s'affiche sur le document pédagogique, permettant à l'enseignant de se rappeler de l'idée ou de la remarque qu'il veut transmettre aux étudiants.

5 Architecture à base de services Web

Dans la littérature nous avons trouvé deux architectures de systèmes qui s'adaptent au contexte, il s'agit de l'architecture Contexte ToolKit [7] et l'architecture de la plateforme SECAS [8].

Nous nous inspirons des deux architectures pour proposer l'architecture générale de notre outil d'annotation adaptatif. Cet outil doit être capable d'identifier le contexte courant de l'activité de l'enseignant afin de s'adapter à ses comportements et aux changements de ses situations d'activité.

Une application sensible au contexte doit répondre à certaines questions [9], tels que :

- comment concevoir une architecture garantissant l'adaptation au contexte d'une manière automatique sans l'intervention de l'être humain ?
- comment concevoir cette architecture pour qu'elle soit adaptative ?

Un système sensible au contexte doit être capable d'une part de capturer et de traiter le contexte pour qu'il soit exploitable par le système adaptatif, et d'une autre part de fournir ce contexte interprété à l'application pour qu'elle s'adapte.

L'architecture que nous proposons permet à l'outil d'annotation de s'adapter automatiquement au contexte de l'annotation. Cette architecture est présentée comme étant un ensemble de services web qui interagissent entre eux pour capturer et traiter le contexte, le stocker, publier les informations du contexte pour qu'elles puissent être consommées par l'application adaptative. En d'autre part, cette architecture permet de gérer les annotations (créer une annotation, supprimer une annotation, chercher une annotation, etc.), et d'adapter les annotations au contexte courant (Figure 2).

L'architecture de l'outil d'annotation peut être subdivisée en deux sous systèmes,

- le premier sous système est celui de la gestion de contexte qui inclut le module de capture et de traitement de contexte, le module de stockage de contexte et le module d'exposition du contexte,
- le deuxième sous système englobe le module de gestion des annotations, le module d'adaptation des annotations et l'interface d'annotation.

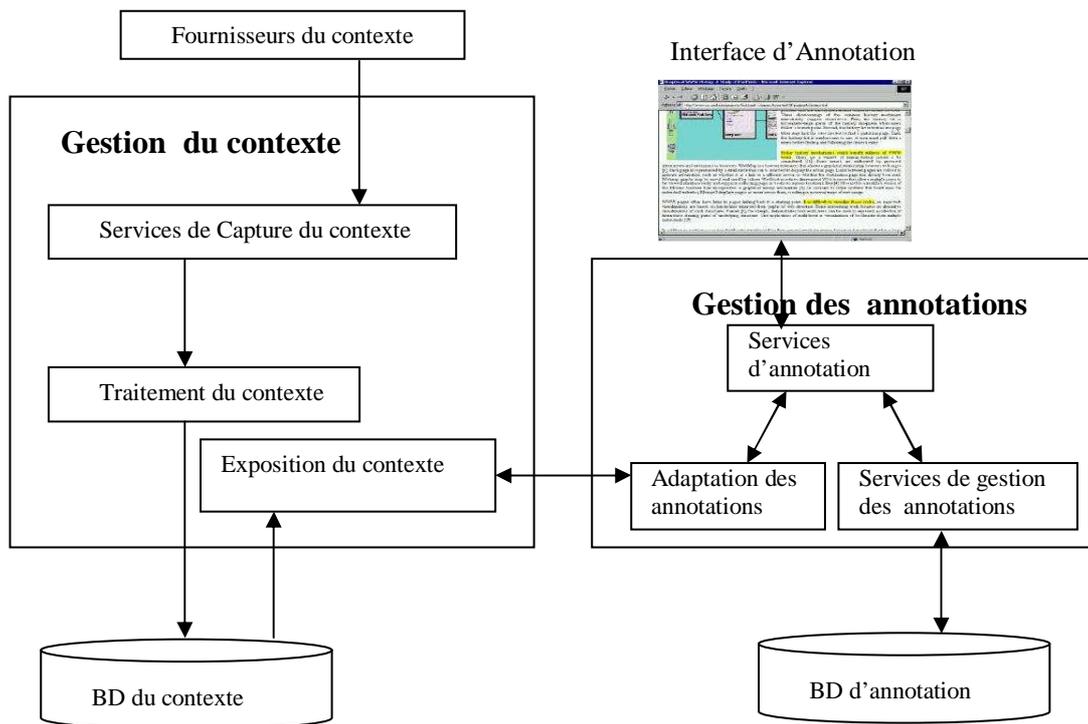


Figure 2. Architecture de l'outil d'annotation adaptatif.

Les modules de l'architecture sont présentés comme suit :

Module de capture et de traitement du contexte. Dans notre cas, la capture du contexte est réalisée à l'aide d'un ensemble de services qui interagissent avec des sources de contexte (système d'exploitation, plateforme e-learning, agenda électronique, entre autre). Cette interaction peut être faite d'une manière directe dans le cas où les informations du contexte sont accessibles, ou d'une manière indirecte grâce à une opération d'export de données du contexte à partir de la source du contexte (un agenda par exemple) et de l'import de ces données au niveau de notre outil.

Les informations du contexte fournis par les services de capture du contexte sont traitées par la suite, afin d'être stockées dans un référentiel du contexte. Ce traitement consiste à faire un mapping entre les types de données de la source de contexte et sa destination (transformer, éclater ou concaténer d'autres données, etc.).

Module de stockage du contexte. Les informations du contexte sont sauvegardées dans une base de données sous format XML, et ceci afin de faciliter son partage et son utilisation par l'application adaptative et de garder l'historique des contextes.

Module d'exposition du contexte. Les informations du contexte sont exposées sous forme de services web, qui peuvent être consommées par d'autres applications pour s'adapter au contexte. Dans notre cas, le module d'exposition du contexte est un service qui donne des informations sur le contexte actuel de l'enseignant, ces informations sont extraites à partir de la base de données du contexte.

L'utilisation des services web pour publier les données du contexte facilite l'interopérabilité de l'outil avec n'importe quelle application sensible au contexte et permet de rendre notre outil plus ouvert (interopérabilité).

Module d'adaptation des annotations. Le module d'adaptation des annotations est un module qui utilise les services du contexte pour adapter l'annotation au contexte actuel. Par exemple un enseignant pendant la préparation de support de cours crée une annotation sur son document, et il veut que cette annotation s'affiche uniquement pendant la séance de cours prévue le jour J à l'heure H, dans ce cas le service d'annotation vérifie les propriétés du contexte fournis par les services de contexte et affiche l'annotation si le contexte est vérifié.

Module de gestion des annotations. C'est le module qui permet la création d'une annotation avec toutes ses propriétés, de l'enregistrer au niveau de la base des annotations, de la retrouver et de la supprimer, etc.

Interface d'annotation. Le module interface de l'annotation représente l'interface Homme/Machine, il permet à l'utilisateur d'interagir avec l'outil, créer des annotations, consulter des annotations, etc.(voir figure 3) .

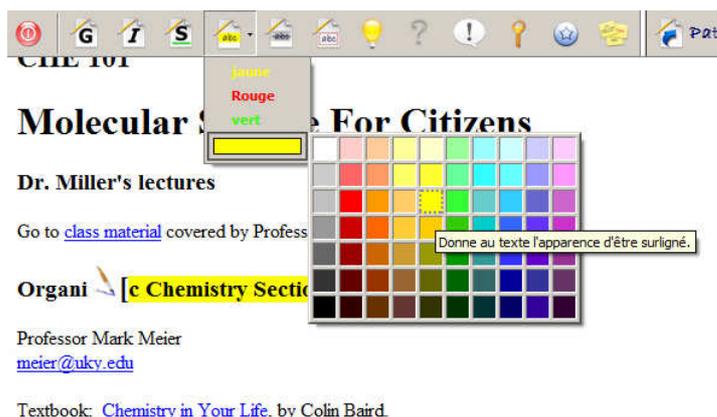


Figure 3. Module d'Interface d'annotation.

5.1 Séparation de données du contexte des données des annotations

L'architecture de l'outil que nous proposons est composée de deux sous systèmes, indépendants, ce qui nous amène à proposer une base de donnée pour chaque sous système. Ceci vise à éviter de rendre le volume des données trop important, en effet, le système d'annotation est conçu pour stocker les annotations faites par plusieurs enseignants et le volume de ces annotation peut devenir important avec l'augmentation du nombre des enseignants qui utilisent l'outil, en plus que la même base de données stocke les données relatives au contexte.

Cette séparation permet également d'augmenter l'interopérabilité de l'outil avec d'autres systèmes en amont. Pour le sous système d'annotation il peut être interfacé avec n'importe quel autre système afin de l'utiliser comme un gestionnaire d'annotation sans redévelopper un module dédié à la gestion de ces annotations. C'est également le cas pour le sous système de contexte, il peut être interfacé avec n'importe quel système sensible au contexte afin d'utiliser directement les informations du contexte sans redévelopper un module pour la capture et l'interprétation du contexte. Ainsi, l'objectif principal de cette séparation est de faciliter la réutilisation des sous systèmes en les considérant comme des composants indépendants et réutilisables.

5.2 Communication entre les différents modules avec XML

XML (Extensible Markup Language), est un langage standard utilisé de plus en plus comme un format de standard d'échange de données sur le Web. Dans notre cas, l'ensemble de modules qui composent l'architecture de l'outil, échange de données en format XML, ainsi, l'annotation créée à travers l'interface de l'annotation est transmise en XML. De la même manière, la communication entre les différents services se fait utilisant le protocole SOAP [10] qui se base sur XML. Le langage XML est utilisé également pour décrire les services de chaque module, à travers le langage WSDL [10].

6 Conclusion

Le présent travail représente une étude préalable pour la réalisation d'une mémoire d'annotation adaptative, elle permet de satisfaire le besoin d'annotation de l'enseignant en termes d'utilité et d'utilisabilité.

Le modèle conceptuel que nous décrivons est basé sur trois facettes: cognitive qui prends en charge l'aspect cognitive de l'annotation, sémantique qui représente l'objectif pour lequel l'annotation est créée, contextuel qui permet de formaliser le contexte de l'activité de l'annotation. Ce contexte est composé de quatre sous-contextes: personnel, activité, environnemental ou informatique.

Le modèle conceptuel proposé du contexte permet de formaliser les données du contexte fournis par les fournisseurs de contexte, ces données sont exploitées par les services web de l'outil d'annotation en vue d'adapter l'outil d'annotation au contexte courant.

L'architecture globale de la mémoire d'annotation adaptative est scindée en deux sous-systèmes, le premier permet de capturer les contexte, le traiter, le stocker et l'exposer afin qu'il soit exploité par une application sensible au contexte (context-aware), tandis que le second sous-système permet de créer des annotations à l'aide de l'interface de l'annotation, les stocker et les restituer si le contexte courant correspond à leur réutilisation prévue par l'enseignant annotateur .

L'architecture en question est composée d'un ensemble de modules, chaque module permet de répondre à un besoin fonctionnel bien défini et chaque module de l'architecture en question est composé d'un ensemble de services web. Cette architecture vise à faciliter l'intégration de notre système, son interopérabilité et son interfaçage avec les autres outils existant utilisés par l'enseignant.

7 Bibliographie

1. Azouaou, F. and D. C. *Semantic annotation for the teacher: models for a computerized memory tool.* in *Semantic Web and e-learning Workshop, The 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2005)*. 2005. University of Amsterdam, Pays-bas.
2. Euzenat; J. *Eight questions about Semantic Web annotations.* *Intelligent System, IEEE [see also IEEE Intelligent Systems and Their Applications]*. 2002 17 (2).pp.55-62.
3. Tazi, S. and F. Evrard. *Towards an Austin Based Approach of Annotating Reading and Writing Acts.* in *The journeys PRESCOT, Programme de REcherches en SciencesCOgnitives de Toulouse, Spatialisation du langage*. 2000. Toulouse, France.
4. Derntl, M. and K.A. Hummel. *Modeling Context-Aware e-Learning Scenarios.* in *3rd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*. 2005. Kauai Island: IEEE Computer Society.
5. Schmidt, A. *Bridging the Gap between Knowledge Management and E-Learning with Context-Aware Corporate Learning.* in *Third Biennial Conference, WM 2005.Revised Selected Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI)*. 2005. Kaiserlautern, Germany: Springer.
6. Marshall, C., *Toward an ecology of hypertext annotation.* 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, 1998: p. 40-49.
7. Dey, A.K., D. Salber, and D.A. G, *A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications.* *Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, 2001. **16**(2-4): p. 97-166..
8. Chaari, T., F. Laforest LIRIS, *L'adaptation dans les systèmes d'information sensibles au contexte d'utilisation: approche et modèles.* Conference Genie Electrique en Informatique, Sousse, Tunisie ; 2005, pp 56-61.
9. Dey, A.K., *Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications,* in *College of Computing*. 2000, Georgia Institute of Technology
10. W3C. *The World Wide Web Consortium*. 2005; URL: <http://www.w3.org/>.