
Construction d'une ontologie modulaire

Application au domaine de la cuisine numérique

Sylvie Despres

Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, LIMICS, INSERM, (UMRS 1142)
Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 06
74, rue Marcel Cachin. 93017 Bobigny cedex, France
sylvie.despres@univ-paris13.fr

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous présentons le cadre méthodologique adopté pour construire par composition une ontologie modulaire de la cuisine numérique en justifiant le choix de la modularité. Nous présentons les différents modèles construits à partir des connaissances acquises auprès des experts du domaine et nous discutons les choix effectués pour définir les primitives représentées correspondant au périmètre de l'ontologie. Puis nous décrivons les principes adoptés pour construire les modules de l'ontologie. Nous abordons succinctement la façon dont les différentes versions de l'ontologie sont gérées. Nous présentons notre réflexion sur le choix du langage à utiliser pour répondre aux besoins de raisonnement à produire avec l'ontologie. Nous terminons par une présentation des outils développés pour supporter la construction de l'ontologie en lien avec les chercheurs du domaine.

ABSTRACT. This paper aims at presenting the methodological framework adopted to develop a modular ontology by composition. The application domain is the numerical cooking. The architecture of this ontology is the main contribution of the paper. It is developed as a set of small modules that are composed to construct the numerical cooking ontology. The module construction principles are detailed and discussed. We further describe the developed tools to support the ontology construction in relationship with the researchers of the studied domains.

MOTS-CLÉS : modèle de connaissance, ontologie modulaire, ontologie de domaine, modularisation par composition.

KEYWORDS : conceptual knowledge model, modularization by composition, module, domain ontology

DOI:10.3166/RIA.30.509-532 © Lavoisier 2016

1. Introduction

De nombreuses applications relatives à la cuisine numérique ont fait leur apparition dans la vie quotidienne. En effet, le développement de l'internet et des nouvelles technologies contribuent à l'émergence d'outils permettant de partager avec des amis des coups de cœur culinaires, de créer un livre de recettes personnelles en ligne, de trouver des tutoriels vidéos de recettes étapes par étapes, de prendre des cours particuliers de cuisine en ligne, d'organiser les menus à la semaine, etc. Parmi ces applications figurent :

- les tablettes QooQ [<http://www.qooq.com/tablette>], ChefPad [http://www.archos.com/fr/products/tablets/themed/archos_chefpad/index.html] ;
- les portails de cuisine tels que Cuisine AZ et son application Iphone [<http://www.cuisineaz.com/>],
- Cuisinix (cuisine et course) et sa tablette [<http://www.cuisinix.fr/>] ;
- l'application Chef Watson développée par IBM [<https://www.ibmchefwatson.com>] capable de créer des recettes à la carte à partir d'un ingrédient.

C'est dans ce contexte que le projet de recherche Open Food System (OFS) auquel nous participons depuis trois ans a été développé. Il a pour ambition de construire un écosystème de référence permettant de faciliter la préparation des repas grâce à la mise à disposition de contenus, d'appareils et de services innovants. Il vise au développement de solutions pour la cuisine numérique destinées au grand public et adaptées aux différents profils d'utilisateurs. En outre, il a pour objectif de permettre aux amateurs de cuisine des échanges communautaires. Il est également prévu de mettre à la disposition des professionnels et du grand public de nouveaux appareils de cuisson dits intelligents : contrôle automatique des paramètres de cuisson pour un résultat optimal, conservation des qualités sensorielles et nutritionnelles des aliments cuits.

Une des tâches réalisées par le LIMICS dans le projet OFS consiste à construire une ontologie pour l'univers de la cuisine numérique. Cette ontologie doit permettre l'élaboration de suggestions nutritionnelles permettant à des internautes de s'alimenter de manière équilibrée, en se faisant plaisir et en permettant de partager leurs expériences culinaires avec des proches. Les suggestions nutritionnelles faites aux utilisateurs sont fondées sur les résultats du Programme National Nutrition Santé (PNNS) (<http://www.mangerbouger.fr/pnns>) et l'expertise en nutrition de l'Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN) (<http://www.univ-paris13.fr/eren/>). Elles prennent en compte les pratiques alimentaires observées dans un échantillon représentatif de familles. Elles comportent en outre des indications sur la saveur de la recette proposée et tiennent compte des préférences exprimées par les utilisateurs de la plateforme. La ressource ontologique construite repose sur les modèles de connaissances élaborés par le LIMICS pour les différents domaines représentés.

Dès les débuts du projet OFS, nous avons proposé de construire une ontologie modulaire en nous fondant sur les arguments suivants. Le découpage en modules devait en principe : (i) réduire la taille des composants de l'ontologie, puisque le périmètre de chacun des modules est supposé réduit à un sous-domaine ; (ii) faciliter la maintenance et la validation de l'ontologie, dans la mesure où ces actions interviennent sur le plan de chaque module et sont effectuées sur les articulations entre les différents modules ; (iii) permettre des raisonnements locaux propres à chacun des modules puisque des éléments de la suggestion peuvent être élaborés à partir de chacun des modules ; (iv) aider à la visualisation en réduisant la taille des concepts et des relations à explorer à chaque module et en permettant une vision globale sur les articulations entre les différents modules ; (v) favoriser la gestion de l'évolution de l'ontologie en offrant la possibilité d'enrichir les modules existants avec de nouvelles connaissances ou de développer de nouveaux modules si cela s'avérait nécessaire. En outre, cela permettait également d'envisager une construction collaborative de l'ontologie afin de mieux circonscrire le domaine de compétence de chacun des intervenants et les liens nécessaires entre les modules.

Cet article est structuré en trois grandes parties : (1) Nous commençons par présenter la construction d'un modèle de connaissances mettant en jeu plusieurs domaines. Les différents modèles construits à partir des connaissances acquises auprès des experts des différents domaines sont détaillés. La phase d'acquisition est brièvement décrite. Nous discutons les choix effectués pour définir les primitives représentées afin d'être en phase avec le périmètre d'utilisation de l'ontologie. (2) Une fois les modèles de connaissances établis nous présentons le cadre méthodologique adopté pour construire l'ontologie de la cuisine numérique. Nous décrivons la mise en œuvre de la méthodologie dans le domaine de la cuisine numérique. Nous justifions le choix de la modularité pour construire cette ressource et nous décrivons les principes adoptés pour construire les modules de l'ontologie. L'architecture modulaire de cette dernière est discutée. Puis, nous discutons le choix du langage à utiliser pour opérationnaliser l'ontologie afin de répondre au mieux aux besoins de raisonnement à produire. Enfin, nous abordons succinctement la façon dont les différentes versions de l'ontologie sont gérées. (3) Nous terminons avec une présentation des outils que nous avons développés pour l'enrichissement et la vérification de l'ontologie en lien avec les experts et les différents chercheurs impliqués dans le projet. Puis nous concluons.

2. Construction d'un modèle de connaissances mettant en jeu plusieurs domaines

L'ontologie doit permettre de raisonner sur des connaissances du domaine de la cuisine numérique afin de produire des suggestions de recettes et de planification de repas répondant aux critères de bien-être défini par le PNNS et procurant du plaisir en respectant les goûts et les habitudes des utilisateurs de la plateforme. Plusieurs domaines de connaissances sont au cœur de ce travail. Nous présentons la trame générale des modèles construits pour chacun d'entre eux et les activités qui ont conduit à leur élaboration (acquisition, réutilisation, etc.).

La construction de chacun des modules est fondée sur les modèles construits au cours des phases d'acquisition de connaissances réalisées auprès des experts des domaines concernés. Ces modèles en étoile sont construits autour des notions centrales de la cuisine numérique qui sont pour l'essentiel les aliments et les recettes avec les experts du domaine. L'acquisition des connaissances pour la qualification sensorielle des recettes a été réalisée par les chercheurs en science des aliments de l'Institut Paul Bocuse (IPB) auprès des chefs, et pour les pratiques alimentaires par les anthropologues de SEB participant au projet. Les connaissances acquises par le LIMICS l'ont été dans le domaine de la cuisine auprès des chefs, dans le domaine de la nutrition auprès des chercheurs de l'EREN, dans le domaine sensoriel auprès des chercheurs en science des aliments de l'IBPR et dans les domaines des procédés culinaires et des matériels auprès des équipes recherche et développement de SEB.

Dans le contexte de construction d'une ontologie modulaire, le recours à deux ateliers d'acquisition des connaissances regroupant les différents chercheurs dans les domaines concernés a permis de définir collectivement le périmètre de l'ontologie et d'explicitier les déterminants associés à chacun des domaines utiles à la construction de l'ontologie. Chacun de ces chercheurs a une vue partielle sur le domaine de la cuisine numérique et contribue au développement d'un point de vue sur la suggestion à élaborer. Ils sont impliqués dans la construction du ou des modèles faisant intervenir leur expertise et participent aux décisions de la structuration de l'ontologie en module.

Au cours du premier atelier, une séance de brainstorming a été organisée sur les thèmes « recette », « nutrition » et « pratiques alimentaires ». Le deuxième atelier a fait l'objet d'une restitution des connaissances acquises et a permis d'affiner de manière collective le modèle intégrant les différentes perspectives du domaine de la cuisine numérique. Puis, des ateliers d'acquisition de connaissances thématiques ont été organisés afin de construire les modèles correspondant aux différents domaines étudiés.

2.1. Domaine des aliments

Les aliments intervenant dans la réalisation d'une recette sont au cœur du modèle à construire. Ils doivent être considérés selon des points de vue propres à chacun des domaines apparaissant dans le projet.

2.1.1. Réutilisation des connaissances

Il existe de nombreuses classifications des aliments construites selon des critères qui ne sont pas forcément pertinents pour notre modèle. Il s'agit par exemple de la classification botanique, des différents lexiques associés au site de cuisine, des dictionnaires et plus particulièrement celui de la cuisine, des thésaurus existants dans le domaine de la nutrition. Nous avons finalement travaillé à partir de la classification multiaxiale des aliments utilisée par les chercheurs de l'EREN (Fredot, 2012) qui a été validée par les chefs de l'IBPR.

2.1.2. Modélisation des aliments

La construction du modèle concernant les aliments (cf. figure 1) a été effectuée au cours de deux phases principales. La première a consisté à exploiter les connaissances issues des différentes ressources disponibles concernant la modélisation des aliments. Nous avons exploité la classification multiaxiale de Fredot (cf. supra). La seconde phase a consisté à regrouper les différents éléments caractérisant les aliments en sous-groupes en fonction des usages de l'ontologie. La tâche d'annotation des recettes nécessite une représentation dans l'ontologie des produits susceptibles de figurer dans un texte de recette. Les raisonnements prévus avec l'ontologie doivent permettre d'identifier des aliments en fonction de leur partie (bulbe, chair/pulpe, gousse, cuisse, suprême, etc.), de leur état (cru/cuit, fumé, etc.), de leurs caractéristiques sensorielle, nutritionnelle et de leur origine géographique. Nous envisageons par la suite l'utilisation des linked data pour réutiliser le vocabulaire existant pour les caractéristiques géographiques et tenter de faire le lien avec les saisons qui varient d'un pays à l'autre.

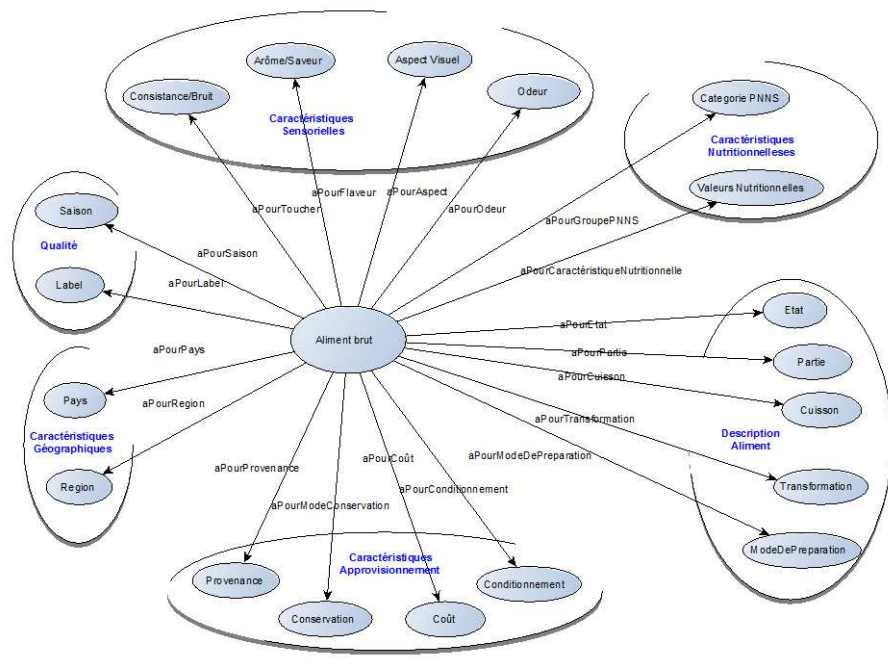


Figure 1. Modèle des aliments

2.2. Domaine de la cuisine

Les connaissances sur le domaine de la cuisine ont pour l'essentiel été acquises auprès des chefs « cuisinier » et « pâtissier » de l'IPBR. Plusieurs ouvrages (Maincent-Morel, 2002 ; Charles, 2009 ; Deschamps et Deschaintre, 2009 ;

Chaboissier et Lebigre, 2008) servent aussi de référence mais ne sont actuellement pas disponibles en version numérique. Par conséquent, nous ne pouvons pas utiliser de construction automatique de la ressource terminologique à partir de textes. Nous avons également eu recours aux techniques d'acquisition de connaissances auprès des chefs de l'IPBR.

2.2.1. Acquisition des connaissances

Les connaissances en jeu concernent les ingrédients, les techniques et préparations de base et les matériels entrant en jeu dans la réalisation d'une recette. Des entretiens ont été réalisés auprès de deux chefs cuisinier et pâtissier. Ils nous ont permis de nous familiariser avec les notions de base en cuisine et en pâtisserie et d'acquérir les connaissances relatives à la modélisation du domaine. Ces premiers entretiens ont mis en évidence une différence essentielle entre les pratiques dans les deux métiers. En pâtisserie les connaissances transmises concernent le plus souvent ce qu'il ne faut pas faire et les préparations peuvent être confectionnées en plus grandes quantités qui seront ensuite conservées au froid. En cuisine, des règles de réalisation des préparations de base ont été transmises par le chef cuisinier.

2.2.2. Modélisation des connaissances

La démarche est identique à la construction du modèle des aliments. Elle s'est déroulée en deux étapes.

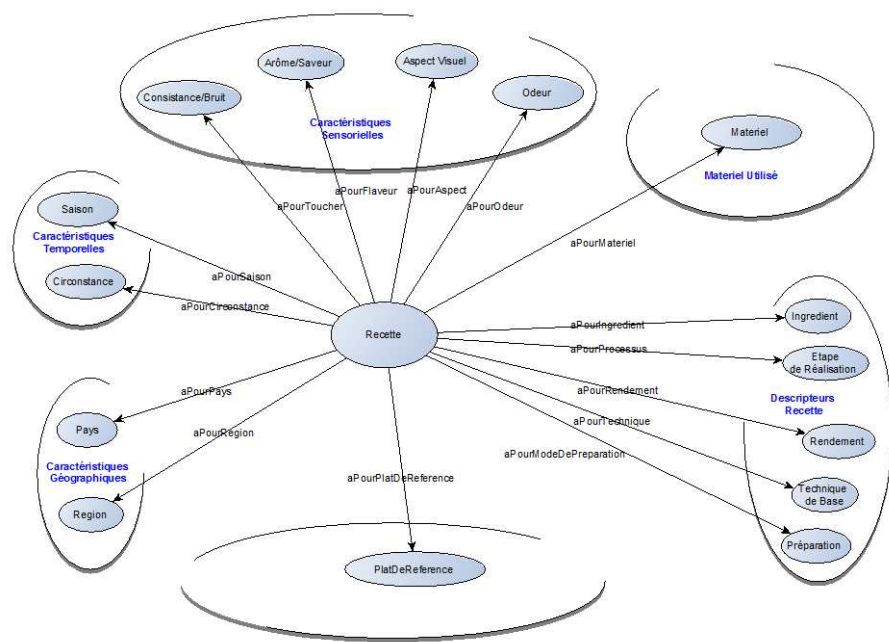


Figure 2. Modèle de la recette

Dans le modèle de la recette (cf. figure 2), nous avons représenté la notion d'ingrédient. Un ingrédient est brut (tomate) ou fabriqué (pâte feuilletée). Il est constitué d'une unité quantifiée (400g ou 1 cuillère à soupe ou 2 pièces) et d'un aliment lorsqu'il est brut ou d'une préparation de base quand il est fabriqué. La notion de produit regroupant les aliments bruts et préparés a été introduite dans le modèle de la recette. Une préparation de base est elle-même décrite par une recette comportant une liste d'ingrédients. Cette représentation des ingrédients permet l'annotation des recettes de cuisine faisant partie du corpus d'étude (actuellement 55 000 recettes) qui conduit ensuite au classement des recettes en fonction des ingrédients qui les composent.

La description des recettes par les chefs utilise la notion de grammage, le calcul des valeurs nutritionnelles d'une recette se fait également à partir du grammage. Un modèle des unités utilisées en cuisine (cuillère à café, verre à moutarde, lchette, etc.) et des unités de mesures internationales (millilitre, gramme) permettant la mise en correspondance entre ces deux systèmes (1 cuillère à soupe de sucre correspond à 10 g de sucre) a par conséquent été élaboré pour permettre les calculs nutritionnels et caractériser les recettes.

2.3. Domaine de la nutrition

Le projet de faire des suggestions orientées bien-être nécessite de comprendre les résultats obtenus via le PNNS et les déterminants conduisant un individu à choisir une recette ou une planification de repas.

Les ressources disponibles sont les travaux des chercheurs participant au projet, les documents édités par le PNNS, l'ouvrage sur les aliments et leurs propriétés nutritionnelles (Fredot, cf. supra), les travaux sur les déterminants réalisés par l'EREN (Olay, 2011), la table de composition des aliments Nutrinet (<http://www.sudoc.fr/168959798>) initialement au format Excel et que nous avons transformé en une base de données (Azzi, 2014).

Les connaissances en jeu sont acquises auprès des experts de l'EREN impliqués dans le projet. Elles portent sur les aliments, la manière appropriée de définir la valeur nutritionnelle d'une recette et la façon de suggérer une planification des repas au cours d'une période de temps pouvant être celle d'une périodicité correspondant à la semaine. Les aliments sont regroupés dans les grandes catégories définies par le PNNS. Ils sont listés dans la table de composition Nutrinet qui contient les nutriments caractérisant les aliments intervenant dans les recettes collectées au cours des enquêtes réalisées par l'EREN.

Des ateliers ont été organisés avec les partenaires impliqués dans le projet afin de définir le contenu des suggestions, leur nature et leur mode de présentation à l'utilisateur de la plateforme. Elles ont ensuite été regroupées en plusieurs grands types (cf. tableau 1). L'analyse des résultats a conduit à un modèle (cf. figure 3) où la caractérisation des aliments avec leurs nutriments n'est pas décrite. Elle nécessite une mise en correspondance avec une table de composition. L'intérêt d'un tel choix est de ne pas se limiter à une table de composition particulière pour mettre en œuvre

l'algorithme de calcul de la valeur nutritionnelle d'une recette (Azzi, 2015). La notion de portion PNNS permet ensuite une représentation graphique des résultats calculés. L'idée de suggérer des substitutions d'aliments dans une recette est prise en compte dans le modèle avec la définition des familles d'aliments à encourager ou à limiter du PNNS et l'élaboration de règles de substitution reposant sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments. Les groupes portraits du PNNS ont été introduits pour la prise en compte des différents membres d'une famille et permettre des suggestions générales ou par groupe de population.

Tableau 1. Synthèse des connaissances acquises en nutrition

Type de suggestion	Contenu	Visualisation
Recette	sel, gras, vitamines, sucre, minéraux, oligo-éléments, nutriments, calories, valeurs nutritionnelles, allergène, intolérance (gluten, lactose, ...), régimes particuliers, "résiste à tout"	Données brutes, échelle, outil de tri
Information nutritionnelle	Données issues de la table de composition des aliments Nutrinet	Indicateur simplifié de correspondance avec les recommandations du PNNS sous la forme d'un curseur graphique
Repas	Vitaminé, fraîcheur, basses calories, maintien en forme, prix, saison, bénéfiques et apports, conseils, occasions spéciales (fêtes, légumes aux enfants)	Langage iconographique à définir
Familiale (tient compte des contraintes des différents membres de la famille)	Repas de base et variations pour les différents membres, menu de la semaine, calendrier long terme (remise en forme, grossesse, performance), bilan statistique, retour d'information, etc.	Sous forme graphique Alertes pour aider à la prise de conscience
Informations pédagogiques, contextualisées ou non	Explication de la suggestion du point de vue de la nutrition	Menus contextuels
Substitutions d'ingrédients	Une liste d'aliments substituables en fonction du contexte de la recette valide du point de vue de la saveur de la recette et de la nutrition	Sous forme de liste

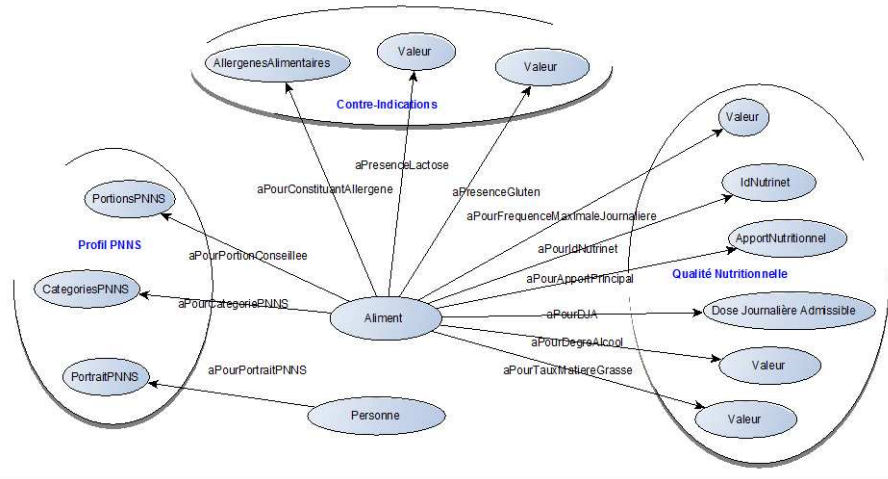


Figure 3. Modèle Nutrition

2.4. Domaine sensoriel

Le domaine sensoriel est complexe et les mots pour caractériser les saveurs et les odeurs sont encore peu nombreux et très subjectifs. L'objectif est de déterminer les descripteurs sensoriels pour obtenir le rendu d'une recette satisfaisant les préférences de l'internaute.

Le travail de l'équipe du centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse (IPBR) sur les aspects sensoriels fait intervenir des chercheurs en science des aliments et les chefs. Les connaissances en jeu concernent la qualification sensorielle des aliments et des recettes, les associations de saveurs lors de la réalisation d'une recette. Comme pour le domaine de la cuisine, les ressources disponibles sont essentiellement sur support papier. Elles comportent les travaux actuels des chercheurs de l'IPBR, plusieurs ouvrages sur les saveurs (Segnit, 2012 ; Bassereau, Charvet-Pello, 2011 ; Salesse, Gervais, 2012).

Un atelier a été mis en place pour acquérir les connaissances auprès des chercheurs en science des aliments. Une séance de brainstorming réunissant les chercheurs dans les différents domaines étudiés a permis d'identifier certains des déterminants concernant les connaissances précédemment énumérées. Les premiers éléments de connaissance liés aux aspects sensoriels faisaient référence à la saveur, au mode de préparation des ingrédients, à la température (glacé, froid, tiède, chaud), à la préférence (hédonisme, émotion) et à la perception (texture en bouche, aspect visuel, saveur, goût, odeur). La construction du modèle sensoriel a été décomposée en trois étapes :

- élaboration d'une liste de descripteurs constituant le vocabulaire commun adopté pour caractériser les aliments et les recettes ;

- qualification des aliments avec ces descripteurs sensoriels et validation par les chefs dans le domaine sensoriel ;
- première caractérisation sensorielle des recettes avec les descripteurs sensoriels en association avec les actions culinaires (cf. figure 4).

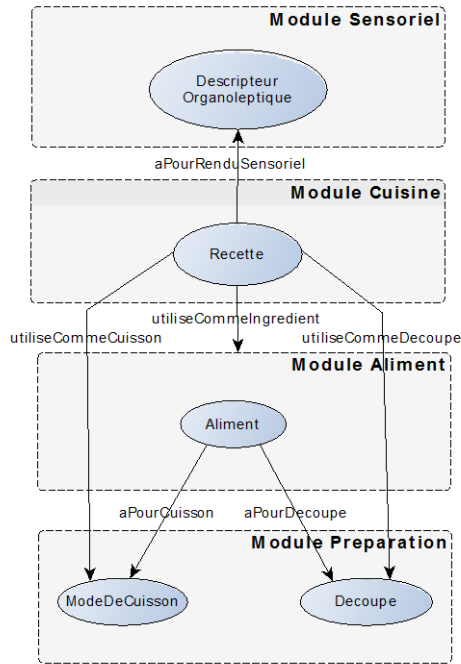


Figure 4. Modèle sensoriel

Les descripteurs sensoriels ont été structurés dans une hiérarchie traduisant l'organisation en catégories des termes sensoriels définis par l'IPBR. Ils sont regroupés en quatre classes (aspect, saveur, odeur, toucher) relatives aux descripteurs auditif, gustatif, olfactif, tactile et visuel. Chacune de ces classes est structurée en sous-classes dont la granularité dépend du niveau de description souhaité pour caractériser les aliments et les recettes. Enfin des règles métier (Giboreau et al., 2015) pour permettre une qualification sensorielles des recettes font intervenir les qualifications des produits et les actions culinaires qu'ils subissent (cf. figure 5).

2.5. Domaine du matériel

Le domaine du matériel n'était pas présent dans les premières étapes de la construction de l'ontologie. Le besoin de répondre à des interrogations du type

« Que puis-je réaliser avec un appareil particulier ? », les règles métier du domaine sensoriel qui sont dépendantes des procédés de cuisson, les effets des types de cuisson et des matériels pour les réaliser afin d’obtenir des plats sains sur le plan nutritionnel, ont conduit à la construction d’un modèle du matériel (cf. figure 6). Il est en relation avec les différents modèles présentés supra.

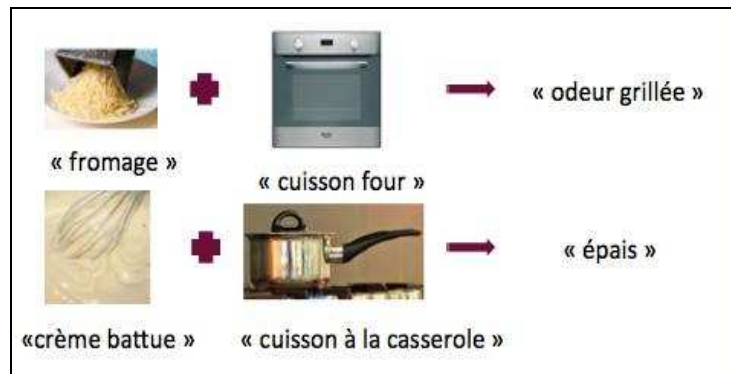


Figure 5. Exemple de règles métier

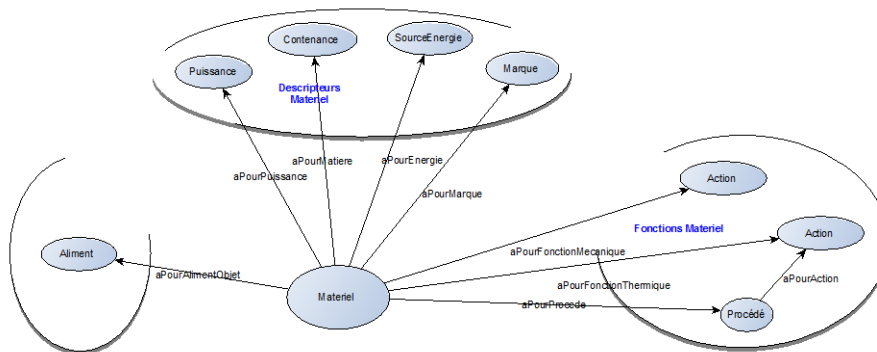


Figure 6. Modèle matériel

2.6. Domaine des utilisateurs

Les utilisateurs du système interrogent le système avec leur propre vocabulaire et leurs propres connaissances dans les domaines de la cuisine, de la nutrition et des saveurs des recettes. Ils expriment également des préférences relatives à leur goût, leurs désirs, leurs aversions et leurs interdits et font partie intégrante de la société. Actuellement, le modèle de l'utilisateur est encore succinct. À terme, il devra

prendre en compte les déterminants identifiés auprès des chercheurs dans les domaines de la nutrition, des pratiques alimentaires et des caractéristiques sensorielles. Un premier modèle établi en collaboration avec les anthropologues impliqués dans le projet synthétise les premières connaissances acquises et fait un lien avec les modèles établis (cf. figure 7).

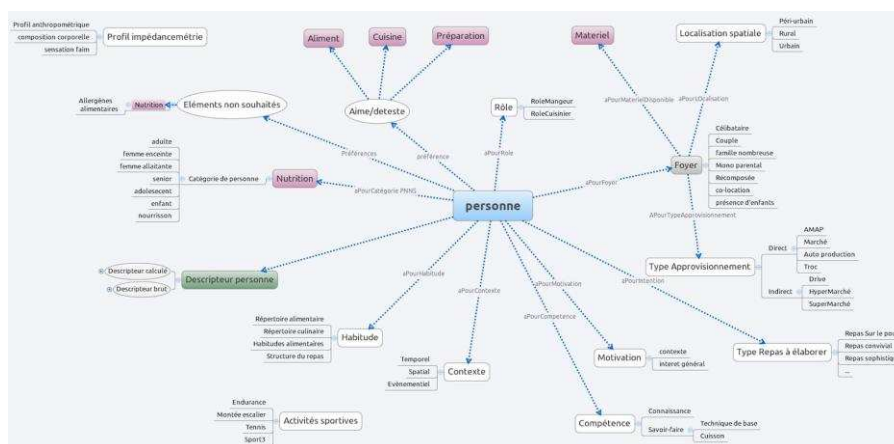


Figure 7. Vers un modèle de l'utilisateur de la plateforme

2.7. Pour conclure sur les modèles de connaissances

À l'issue de la phase de modélisation, nous disposons des modèles : 1) Aliment qui prend en compte les éléments utiles à la construction d'une suggestion ; 2) Cuisine qui est essentiellement centrée sur la recette ; unité qui permet d'exploiter la notion de grammage intervenant à la fois en cuisine et en nutrition ; 3) Nutrition qui permet une caractérisation nutritionnelle des recettes de plats ou de préparation ; 4) Sensoriel qui permet une qualification sensorielle des aliments et la construction de règles métier pour qualifier les recettes ; 5) Matériel qui permet leur caractérisation et établit un lien avec les procédés de cuisson et les actions culinaires ; personne centrée autour de l'individu et des pratiques alimentaires.

L'évolution au cours du projet du contenu des suggestions a conduit à des modifications plus ou moins importantes de ces modèles. Par exemple, la représentation des instructions décrivant une recette nous a conduit à la notion de produit regroupant les aliments bruts et préparés pour décrire les transformations qu'ils subissent. La partie préparation de la recette est représentée comme un processus composé des différentes instructions à réaliser. Actuellement, un module permettant de représenter ces processus est en cours de construction. Le recours aux modules sur les activités PROV (<https://www.w3.org/TR/prov-o>) a été envisagé. Cependant, nous privilégions une approche réutilisant l'ontologie construite dans le domaine des processus de transformation alimentaire (Muljarto et al., 2014), plus

appropriée au domaine de la cuisine numérique. Le besoin de caractériser les aliments d'un point de vue nutritionnel et d'être conforme au standard de référence tel que LANGUAL (thesaurus multilingue, à facettes créé pour décrire des produits alimentaires de façon systématique) a conduit à introduire la notion de partie utile des aliments et celle des transformations subies par les aliments.

Une fois les modèles de connaissances des différents domaines établis et validés par les experts, une structuration des modèles en modules nous a conduit à proposer un module décrivant les préparations dépendant des modèles Aliment et Matériel.

3. Conceptualisation et formalisation de l'ontologie

Le cadre méthodologique dans lequel nous nous situons pour construire l'ontologie est celui du projet NeON (<http://www.neon-project.org/>). Il s'agit en effet de construire une ontologie modulaire nécessitant d'acquérir de la connaissance auprès des experts des différents domaines étudiés dans le projet, d'examiner la possibilité de réutiliser des ressources existantes et enfin d'évaluer les premiers modules construits.

3.1. Mise en œuvre de la méthodologie dans le domaine de la cuisine numérique

Chaque module a été élaboré en respectant le cycle classique de construction d'une ontologie (spécification, planification, conceptualisation, formalisation, opérationnalisation) correspondant au scénario 1 de la méthodologie Neon (Suárez-Figueroa et al., 2012).

La spécification des besoins auxquels doit répondre l'ontologie a été réalisée à partir de cas d'usage (cf. figure 8). Des incertitudes sur le type de suggestion à construire ont conduit à choisir un cycle de vie évolutif qui a également permis la construction d'un prototype à chaque nouvelle version de l'ontologie.

La construction des modèles de connaissances a été décrite en section 2. Une fois les modèles formalisés, l'ontologie est enrichie via un traitement en batch permettant de produire des flux rdf à partir de données extérieures la plupart fournies au format Excel. Les réflexions sur le choix du langage adopté pour représenter l'ontologie sont présentées en section 3.3. L'implémentation de la partie raisonnement pour produire une suggestion à l'internaute est réalisée par un des partenaires du projet et ne sera pas discutée dans ce papier.

Le scénario 2 « Réutilisation et réingénierie de ressources non-ontologiques » a été appliqué à la construction du module aliment. L'analyse des différentes ressources disponibles a permis de sélectionner une ressource adaptée et de définir un modèle de connaissances relatif aux aliments permettant de répondre aux besoins couverts par l'ontologie. Cette ressource a ensuite été restructurée en s'appuyant sur les connaissances des chefs de l'Institut de recherche Paul Bocuse (IPBR) et les chercheurs de l'EREN. Cette analyse est décrite en section 3.

<ul style="list-style-type: none"> • Requête « Je souhaite une recette de plat principal pour Pâques, au couleur du printemps, pour 8 personnes, sans asperge, avec une viande rôtie, avec peu de matière grasse. Je n'aime ni l'ail, ni la coriandre, je préfère les plats sans gluten et j'ai envie de légumes frais ». • Suggestion Recette de Carré d'agneau en croûte d'herbes et ses flageolets à la provençale, ses fagots de haricots verts et ses échalotes suées 	
--	--

Figure 8. Exemple de cas d'usage C1

Le scénario 3 « Réutilisation de ressources ontologiques » n'a pas pu être mis en œuvre car s'il existe des ontologies dans le domaine de la nutrition ou de la cuisine numérique (Badra et al., 2008 ; Batista et al., 2006 ; Cantais, 2005 ; Champin et al., 2008 ; Dominguez et al., 2006 ; Graca et al., 2005 ; Ribeiro et al., 2006 ; Snae et al., 2008 et 2009 ; Villarias, 2004), l'identité culturelle de la cuisine française impacte fortement le modèle des connaissances qui lui est associé. Le travail de recherche des différentes ressources ontologiques a été réalisé en exploitant les moteurs de recherche d'ontologies (swoogle, watson) et en menant une recherche bibliographique classique. Plusieurs projets ont donné lieu à la construction de ressources termino-ontologiques dans le domaine de la cuisine et de la nutrition. Certains de ces projets sont accessibles via des URI, mais les ressources termino-ontologiques qui leur correspondent ne sont pas toujours disponibles. Une étude comparative de ces différents projets est disponible dans le livrable RTO produit projet OFS (Despres, 2014). Les scénarios 4, 5, 6 et 7 dont les objectifs sont centrés sur la réutilisation ne sont par conséquent pas mis en œuvre.

Le scénario 8 « Restructuration des ressources ontologiques » est central dans ce travail où nous construisons une ontologie modulaire. Notre approche de modularisation est effectuée par composition. Nous présentons les résultats de cette étape en section 4.

Une validation des modèles de connaissance a été réalisée par les chefs et les chercheurs de l'EREN pour le module ALIMENT et une validation est en cours pour les modules PRÉPARATION, CUISINE, MATÉRIEL et SENSORIEL. La gestion des versions des modules reste une activité complexe que nous assurons avec GIT, un logiciel de gestion de versions orienté programmation. Chaque module est documenté. L'évaluation de l'apport de l'ontologie à une plateforme est en cours de réalisation. Elle consiste à mesurer de manière incrémentale l'apport de la ressource ontologique au système de recommandations. Une première classification des

recettes a été faite ex nihilo, puis au fur et à mesure de l'enrichissement de l'ontologie des tests sont effectués pour mesurer l'enrichissement de la suggestion.

3.2. Construction par composition de l'ontologie modulaire

Nous discutons à présent de la construction modulaire de l'ontologie et du choix du langage pour représenter les modèles associés à chacun des modules.

Ces dernières années, la modularité s'est imposée comme un thème central dans le domaine de l'ingénierie des ontologies. L'objectif poursuivi est la réduction de la complexité de la construction et de l'exploitation des ontologies en réduisant leur taille, en améliorant leur maintenance et la mise en œuvre de raisonnement sur les modules (Kutz et Hois, 2012). La modularisation d'une ontologie permet ainsi de percevoir celle-ci comme un tout, mais également comme un ensemble de parties constituées par les modules.

Un certain nombre de travaux (Stuckenschmidt et al., 2009) se sont intéressés au développement modulaire des ontologies et à l'échange d'information entre les modules ontologiques. Cependant, ces travaux portent essentiellement sur l'intégration d'ontologies existantes en tant que modules d'une ontologie plus large ou sur la gestion d'interrelations entre des ontologies distribuées. Nous avons fait le choix d'une conceptualisation modulaire dès le début du cycle de développement de l'ontologie. Nous nous situons en cela dans un scénario d'usage similaire à celui intitulé « interfaces/liens » par (Rector et al., 2012) pour le développement d'ontologies de grande taille et couvrant plusieurs sous-domaines. La méthodologie de construction de l'ontologie modulaire adoptée suit une approche par composition (Jarrar, 2005). Les différents modules correspondant à chacun des domaines étudiés sont construits et ensuite composés pour constituer l'ontologie globale.

Les premières questions qui se sont posées lors de la construction modulaire de l'ontologie de la cuisine numérique concernent l'identification des modules et de leurs relations respectives.

Un module est défini par une micro-ontologie réduite à un sous-ensemble de connaissances du domaine considéré et par ses liens avec les autres modules. Il constitue une unité de connaissances associée à la perspective définie par son périmètre et sa couverture. Les modules peuvent être disjoints ou avoir des recouvrements. Dans le premier cas, le maintien de la consistance globale de l'ontologie et l'évolution de chaque module sont facilités.

L'identification d'un module nécessite par conséquent : (i) de définir le périmètre qui est déterminé par sa finalité de construction c'est-à-dire les questions auxquelles il permettra de répondre) et la granularité souhaitée ; (ii) de s'assurer que chaque module interagit avec l'ontologie globale et participe à l'engagement ontologique de cette dernière ; (iii) de faire en sorte qu'il soit autosuffisant en traduisant une unité de point de vue ; (iv) d'établir des liens inter-modules définis entre le module source (domaine de la relation) et le module cible (codomaine de la relation).

Nous avons identifié deux types de module : Module Maître, Module Thématique. Un Module Maître (MM) pour un domaine D est une ontologie construite à partir des connaissances sur lesquelles est fondé l'ensemble des points de vue des sous-domaines. Il est essentiel à la complétude de l'ontologie. Le point de vue associé à ce module et le vocabulaire utilisé pour caractériser les concepts le constituant, sont communs à l'ensemble des composants de l'ontologie. Un Module Thématique (MT) pour un sous-domaine de D est une ontologie couvrant un point de vue sur D. Il importe le MM pour être utilisé et doit pouvoir être interrogé selon le point de vue qu'il représente indépendamment des autres modules thématiques.

L'existence de liens entre les différents modules et les besoins d'interrogation, de raisonnement et d'inférences (par conséquent, de mise à jour des modules (Stuckenschmidt & Klein, 2003)) nous ont conduit à concevoir une ontologie modulaire qui comporte un MM (module ALIMENT) et les MT suivants : module NUTRITION (concepts spécifiques à la nutrition) ; module CUISINE (relatif à la réalisation des recettes et des liens avec les types de plat) ; module PREPARATION (relatif aux préparations de base associées à sa recette via le module CUISINE) ; module UNITE (relatif aux métriques du domaine de la cuisine (cuillère à café, verre à moutarde) et métriques internationales (gramme, millilitre, etc.)) ; module MATERIEL (relatif aux matériels utilisés pour réaliser les recettes) et module SENSORIEL (relatif aux aspects sensoriels caractérisant les aliments et les recettes).

Dans le contexte du projet OFS (figure 9), le module ALIMENT est le MM, son absence rendrait l'ontologie inexploitable. Le module CUISINE est un MT qui pour être interrogé doit importer les MT PREPARATION, MATERIEL et UNITE. Les MT NUTRITION et SENSORIEL peuvent être utilisés pour répondre à des requêtes concernant uniquement les aliments ou importer le MT CUISINE. Le MT MATERIEL peut être utilisé en important uniquement les modules ALIMENT et PREPARATION.

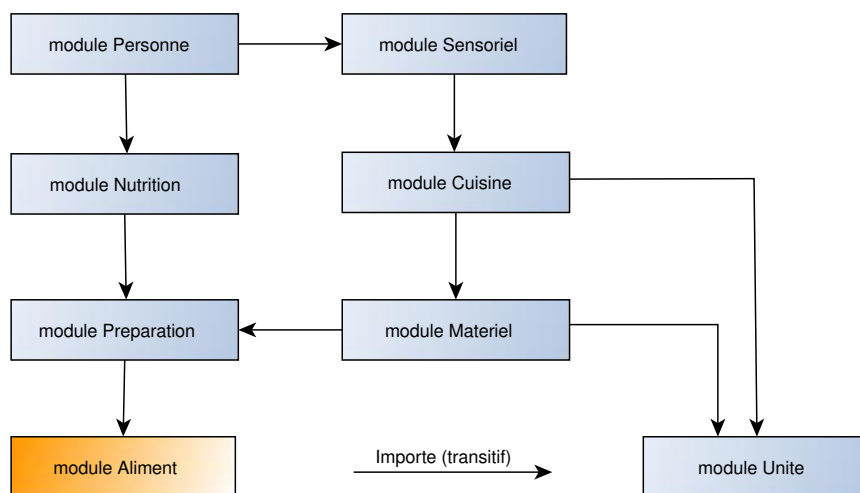


Figure 9. Structuration des modules

3.3. Vers le choix d'un profil OWL2

L'ontologie est écrite en OWL2 et exploite la partie DL de OWL. Elle comporte actuellement huit modules. Sa métrique est présentée figure 10. Sa publication sur la toile ne pourra pas être réalisée en raison d'un accord avec le partenaire leader du projet. Elle sera néanmoins exploitable par le LIMICS et les partenaires académiques.

Ontology metrics:	
Logical axiom count	14960
Class count	7527
Object property count	119
Data property count	52
Individual count	377
DL expressivity	ALCHOIQ(D)

Figure 10. Métrique de l'ontologie

Une réflexion est actuellement en cours pour décider du profil OWL2 à utiliser pour l'opérationnalisation de l'ontologie. Nous avons en particulier besoin de raisonner sur les classes de l'ontologie pour produire des chaînes de raisonnement afin d'enrichir les recettes par des métadonnées déduites (catégorisation de la recette, variantes de recette, des valeurs nutritionnelles calculées, etc.) et pour obtenir des catégories de recettes en référence aux différents modules (recette sans gluten, recette de saison, recette colorée et dorée, etc.).

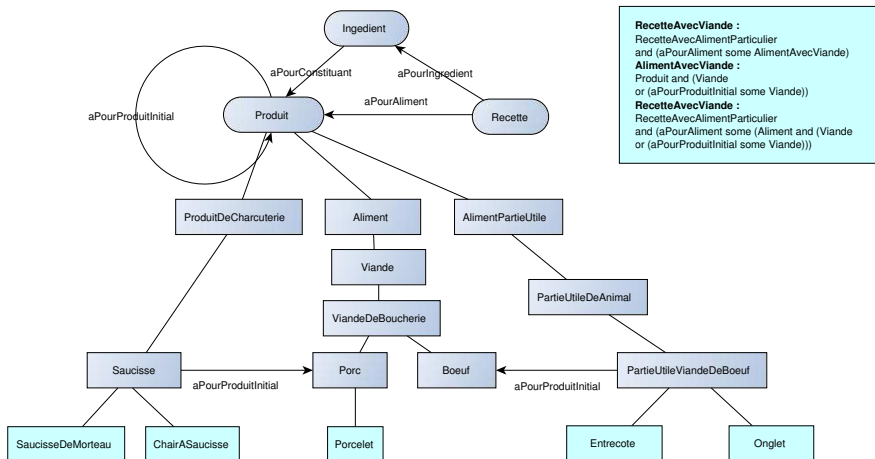


Figure 11. Exemple de classification de recette contenant de la viande

Nous avons dressé une liste de tous les constructeurs OWL apparaissant dans les différents modules. La formalisation des interconnexions entre les modules reste à approfondir.

Nous avons listé les constructions OWL DL ne respectant pas strictement les profils OWL QL et OWL RL. Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Une première étude des résultats montre que le profil OWL RL comporte plus de rejets que OWL QL. Ce résultat est essentiellement dû au rejet par ce profil de la construction `some value from` utilisé dans un contexte de superclasse. Nous réfléchissons à une extension possible du profil OWL RL qui nous semble mieux adapté au raisonnement sur l'ontologie construite.

Tableau 2. Synthèse des axiomes non pris en compte

Module	Profil	[Use of non-subclass expression in position that requires a subclass expression	[Use of non-superclass expression in position that requires a superclass expression	[Use of non-equivalent class expression in position that requires an equivalent class expression	[Use of data range not in profile	[Functional/DataProperty axioms are not allowed in profile. Functional	[Use of non-atomic class expression
modulealliment	OWL 2 QL	29	604				
	OWL 2 RL		1767	28			
modulecuisine	OWL 2 QL	19	13		1	2	14
	OWL 2 RL		62	19			
modulemateriel	OWL 2 QL	11	18				
	OWL 2 RL		760	11			
modulenutrition	OWL 2 QL	2					
	OWL 2 RL			2			
modulepreparation	OWL 2 QL						
	OWL 2 RL						
modulesensoriel	OWL 2 QL	23	10				
	OWL 2 RL		1460	23			
moduleunite	OWL 2 QL	60	1				
	OWL 2 RL		283	60			
	OWL 2 QL						
	OWL 2 RL						

3.4. La gestion des versions

La gestion des versions pour les différents intervenants travaillant sur la ressource est assurée par git (<http://git-scm.com/>) un système de contrôle de versions (cvs) classique et éprouvé. Il s'agit d'un système entièrement décentralisé dans lequel chaque auteur peut travailler sur sa version localement et indépendamment du serveur. Une interface cliente multiplateforme gitEye lui est associée pour permettre son utilisation par des non informaticiens (<http://www.collab.net/giteyeapp>). Cette approche est loin d'être parfaite car la gestion des différences entre les versions reste difficile à visualiser sous forme de textes. La notation fonctionnelle de OWL est utilisée pour visualiser ces différences. En effet, la sérialisation RDF produite par Protégé n'est pas constante d'une sauvegarde à l'autre. Nous envisageons l'intégration de OWLDIFF pour la gestion des conflits.

4. Outils pour l'enrichissement et la vérification

La construction de l'ontologie dans sa phase de définition et de maquettage repose essentiellement sur l'utilisation de l'éditeur d'ontologie Protégé

(protege.stanford.edu). Nous développons actuellement des outils permettant de s'adapter à la taille croissante de la ressource ontologique et d'assurer sa maintenance et son enrichissement en liaison avec les experts et les autres partenaires.

Il est en effet rapidement devenu nécessaire de disposer d'outils permettant de déporter une partie du travail de peuplement et de validation vers les partenaires, de s'affranchir dans une certaine mesure des tâches trop répétitives et de laisser des traces lisibles des interventions effectuées sur la ressource.

Dans une première phase, nous avons développé et utilisé des outils en mode ligne de commande utilisant un pseudo-langage ad hoc pour renseigner l'ontologie. Puis les divers besoins répertoriés en cours de travail ont conduit au développement d'un outil unique doté d'un mode de fonctionnement hybride et utilisable à la fois en mode batch et/ou avec une interface utilisateur graphique : FOE (Flat Ontology Editor).

Le principal format d'échange « naturel » avec les partenaires est constitué par des feuilles Excel facilement manipulables par des non spécialistes. Ce format est par conséquent utilisé comme format pivot pour les échanges de données.

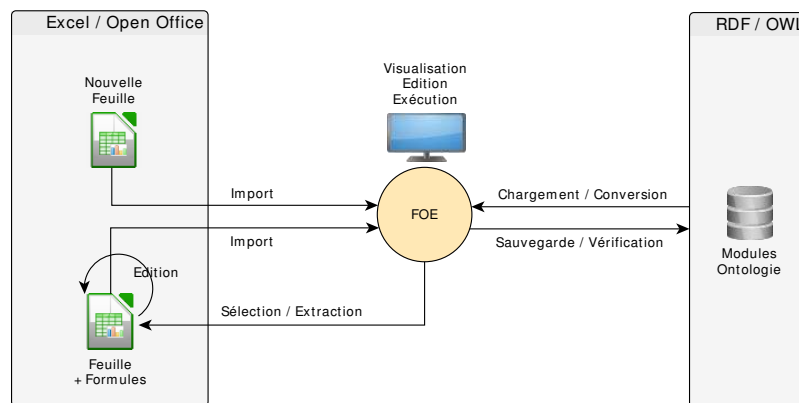


Figure 12. Flux d'édition de données utilisant FOE

FOE joue principalement deux rôles : (i) un rôle de vérification et de correction systématique, de sauvegarde dans différents formats de sérialisation, d'export de statistiques et de rapports ; (ii) un rôle d'interface entre les sources de données externes et la ressource ontologique (les modules). La médiation est assurée par des feuilles de calcul Excel. Il est possible d'y insérer des formules dédiées permettant de lier les données avec des primitives de construction ou de manipulation ontologique. Une correspondance bilatérale est assurée permettant à la fois l'import de données extérieures dans les modules de l'ontologie et l'export de données actuellement contenues dans les modules vers des tableaux lisibles à des fins de

contrôle et modification. Les formules établissent ce lien en ayant recours à des primitives permettant de modifier l'ontologie (création, destruction, modification de classes, d'individus, de hiérarchies ou de propriétés) et à des sélecteurs et des filtres.

Leur utilisation conjointe permet ainsi de déporter une partie des connaissances à renseigner vers un intervenant extérieur pour contrôler ou modifier tout en conservant le contrôle de la ressource puisque les modifications ne seront réellement effectuées que de façon différée après une nouvelle validation par l'ingénieur de la connaissance responsable de la ressource.

Les feuilles de calcul appliquées sont conservées et datées afin de nourrir l'historique des interventions.

=SETOBJECTPROP(C4,\$D\$2,D4)				
	A	B	C	D
1		USE()	aliment	
2				aPourMoisPleineSaison
3				
4		SETOBJECTPROP()	abricot	Aout,Juillet,Juin
5		SETOBJECTPROP()	ail	Aout,Decembre,Novembre,Octobre,Septembre
6		SETOBJECTPROP()	amande	Octobre,Septembre
7		SETOBJECTPROP()	ananas	Avril,Decembre,Fevrier,Janvier,Mars,Novembre,Octobre
8		SETOBJECTPROP()	anone	Decembre,Fevrier,Janvier,Novembre,Octobre
9		SETOBJECTPROP()	artichaut	Aout,Avril,Juillet,Juin,Mai,Mars,Septembre
10		SETOBJECTPROP()	asperge	Avril,Juin,Mai
11		SETOBJECTPROP()	aubergine	Aout,Juillet,Juin,Septembre

Figure 13. Extrait d'une feuille de calcul renseignant une relation

	A	B	C	D	E	F	G
1	Action onto	Commentaire		Concept proposé	Synonyme	Surclasse	Type de modification proposé
2				USE()	aliment		
3							
4	ajouté	ok	CREATECLASS()	poivre du moulin		poivre	Ajout concept dans ontologie
5	ajouté	altLabel	SETALTLABEL()	chapelure	chapelure de pain		Ajout synonyme dans ontologie
6							Ajout concept dans ontologie
7	ajouté (confiture de fruit)	à la fois Aliment et	CREATECLASS()	confiture de figue		confiture	Ajout concept dans ontologie
8	??? Ajouter les couleurs						Changer libellé concept dans
9	ok	ok	SETALTLABEL()	moro	orange moro		Changer libellé concept dans
10	todo	A revoir, peut-être	CREATECLASS()	noix de saint-jacques	noix de st jacques	CoquilleSaintjacques	Ajout concept dans ontologie
11	ajouté	altLabel	SETALTLABEL()	roquette	salade de roquette		Ajout synonyme dans ontologie
12	ajouté	ok	CREATECLASS()	miel de fleur		miel	Ajout concept dans ontologie
13		ok	CREATECLASS()	vermicelle de soja		vermicelle	Ajout concept dans ontologie
14	todo : traitement de « aux »	Idem confiture		yaourt aux amandes			Ajout concept dans ontologie
15	todo : idem préparations			crème au citron			Ajout concept dans ontologie
16	ajouté	ok	CREATECLASS()	beurre pommade		beurre	Ajout concept dans ontologie
17	ajouté	individu (c'est une	createclass	philadelphia		FromageALaCreme	Ajout concept dans ontologie
18	A fabriquer dynamiquement	Ok haricot rouge		haricot rouge sec			Ajout concept dans ontologie
19	ajouté	ok	CREATECLASS()	huile de persil		HuileAlimentaireVeget	Ajout concept dans ontologie

Figure 14. Exploitation d'un fichier de suggestions

FOE est développé en Java ce qui garantit sa portabilité. Il est enrichi en fonction des besoins émergents par le développement et l'intégration dans ce cadre général de nouvelles fonctions (contrôle de profil OWL par exemple).

Son développement repose sur l'utilisation de OWLAPI (<http://owlapi.sourceforge.net>) développée à l'Université de Manchester (API Java

qui sert de support à Protégé). Cette API a été retenue car elle est à la fois robuste et pérenne. Elle sert de fondation à de nombreux projets dans le domaine du Web Sémantique. La gestion des feuilles Excel repose largement sur l'utilisation de la librairie de classes du projet Apache POI (<https://poi.apache.org>). Enfin l'interface utilisateur réutilise en l'amendant une partie de celle développée pour le projet Populous (<https://code.google.com/p/owlpopulous>).

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté le cadre méthodologique adopté pour construire l'ontologie modulaire de la cuisine numérique en justifiant le choix de la modularité et les différents modèles construits à partir des connaissances acquises auprès des experts du domaine. Le manque de supports numériques ne nous a pas permis la réutilisation de ressources existantes. La ressource ontologique est maintenant suffisamment conséquente pour pouvoir expérimenter à l'échelle les possibilités de raisonnement qu'elle supporte. L'ontologie est en cours d'évaluation via un prototype du système qui est implémenté par les partenaires du projet OFS. Les retours de cette expérimentation serviront de base à l'évolution de la ressource.

Guidé par les besoins du projet OFS et les spécificités du domaine, nous avons suivi une approche par composition consistant à construire un ensemble de micro-ontologies représentatives des sous-domaines considérés et à les lier par des relations inter-modules. Ce choix aide également dans la gestion de l'évolution de l'ontologie. Il nous a permis de continuer à enrichir les modules existants avec de nouvelles connaissances, de développer de nouveaux modules en factorisant les connaissances communes apparaissant dans les modules déjà construits comme le module SENSORIEL. Ainsi, la stratégie mise en œuvre dépend de la nature des raisonnements à produire avec l'ontologie et constitue un critère déterminant dans la construction de l'ontologie. Les notions de MM et MT sont également inhérentes aux caractéristiques du domaine de la cuisine numérique. Néanmoins, elles sont applicables dans les domaines où un module est essentiel à la construction de l'ontologie et où son absence empêcherait toute exploitation des autres modules. Un des critères dans la définition des modules est de réduire l'espace de recherche pour retrouver les connaissances correspondant au périmètre d'un module. La notion d'autosuffisance d'un modèle en termes d'unicité de point de vue doit être recherchée pour satisfaire ce critère. Dans notre cas elle est valable pour les MM et MT. Les différents modules de l'ontologie sont liés par des relations d'interconnexion permettant d'interroger et de raisonner sur l'ontologie globale ou localement sur chacun des modules. Ces liens ne sont pas de même nature et un travail plus fin sur leurs types devrait à terme nous permettre de définir des patrons de conception relatifs aux ontologies modulaires. Un argument plaidant en faveur de la modularisation est de maximiser les performances. En effet, lors des étapes de raisonnement, les performances sont dépendantes du nombre d'axiomes et de primitives de connaissances à explorer pour aboutir à une réponse. La dégradation de ces performances est liée à l'augmentation de la taille de l'ontologie, en particulier lorsque l'ontologie comporte de nombreuses instances. Ce problème reste

à considérer avec attention et l'étape de structuration en module devra le prendre en compte.

Les problèmes abordés dans ce travail relèvent de la problématique de la construction collaborative d'ontologies modulaires. Nous n'avons pas abordé le côté collaboratif de la construction, un travail utilisant un modèle de préférence est en cours sur ce point (Sedki et al., 2016). Ce papier a constitué l'occasion de présenter la démarche adoptée pour construire une ontologie modulaire dans le domaine de la cuisine numérique. En ce sens, ce travail peut servir de base à une réflexion sur le choix d'une construction modulaire dès le début du cycle de développement de l'ontologie.

Remerciements

Notre travail est financé par BPI et soutenu par six pôles de compétitivité, dont Vitagora et Cap Digital.

Bibliographie

- Azzi R. (2014). Conception d'une base de données à partir de la table de composition des aliments Nutrinet. Rapport de stage M2 Informatique Biomédicale. Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, LIMICS, INSERM, (UMRS 1142).
- Azzi R. (2015). Construction d'un système d'information pour une plateforme de recommandations nutritionnelles. Rapport de stage M2 Informatique Biomédicale. Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, LIMICS, INSERM, (UMRS 1142).
- Badra F., Bendaoud R., Bentebibel R., Champin P-A., Cojan J., Cordier A., Despres S., Jean-Daubias S., Lieber J., Meilender T., Mille A., Nauer E., Napoli A., Toussaint Y. (2008). Taaable: Text Mining, Ontology Engineering, and Hierarchical Classification for Textual Case-Based Cooking. In Computer Cooking Contest - Workshop at European Conference on Case-Based Reasoning (ECCBR'08), Schaaf, M. ed. Trier, Germany. pp. 219-228.
- Bassereau J.F. & Charvet-Pello R. (2011). Dictionnaire des mots du sensoriel. Editions TEC & DOC, Lavoisier.
- Batista, F., Mamede, N.J., Pardal, J.P., Ribeiro, R., Vaz, P. (2006) Ontology construction: cooking domain. « Technical Report, INESC-ID. Lisbon.
- Cantais J., Dominguez D., Gigante V., Laera L., TammaV. (2005). An example of food ontology for diabetes control. In C. Welty and A. Gangemi. Working notes of the ISWC workshop on Ontology Patterns for the Semantic Web, Galway, Ireland, 2005.11.07.
- Chaboissier D. & Lebigre D. (2008). Compagnon et Maître pâtissier – Tome 1, 2^e édition, Vilette (Jérôme) Editeur.
- Champin P-A., Cordier A., Despres S., Fuchs B., Lieber J., Mille A. (2008). Construction manuelle de la partie haute d'une ontologie modulaire destinée à une annotation de cas textuels. Étude de cas pour une application culinaire dans le cadre du projet Taaable. In 16^e atelier de *Raisonnement à Partir de Cas*, Nancy.
- Charles G. (2009). La cuisine expliquée. Éditions BPI.
- Deschamps B. & Deschaintre J.C. (2009). Le livre du pâtissier. Éditions LT Jacques Lanore.

- Despres S. (2014). Etude comparative des ressources termino-ontologique existantes dans le domaine de la nutrition. Livrable OFS.
- Dominguez D., Grasso F., Miller T., Serafin R. (2006). PIPS: An Integrated Environment for Health Care Delivery and Healthy Lifestyle Support, ECAI 2006.
- Fredot E. (2012). Connaissances des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3^e édition, Editions TEC et DOC. Lavoisier.
- Giboreau A., Schwartz C., Eschevins A., Despres S. (2015). Predicting sensory characteristics of complex dishes based on a formal model of culinary expert knowledge. 11th Pangborn Sensory Science Symposium.
- Graça J., Mourao M., Anunciação O., Monteiro P., Pinto H. S., Lureiro V. (2005). Ontology building process: The wine domain. In Proceedings of EFIT 2005.
- Jarar M. (2005). Modularization and automatic composition of Object-Role Modeling (ORM) schemes. In Halpin T., Meersman R. Proceeding of the International Workshop on Object-Role Modeling (ORM'05), OTM 2005 Workshops. LNCS, Springer.
- Kutz O., Hois J. (2012). Modularity in Ontologies. In Applied Ontology 7 (2012) 1–4 1 IOS Press.
- Maincent-Morel M. (2015). La cuisine de référence. Techniques et préparations de base. Fiches techniques de fabrication. Editions BPI.
- Muljarto A-R, Salmon J-M, Neveu P., Charnomordic B., Buche P. (2014). Ontology-based Model for Food Transformation Processes – Application to Winemaking. Metadata and Semantics Research. Vol. 478 of the series Communications in Computer and Information Science, pp. 329-343.
- Olay A. (2011). Les déterminants des choix des plats et des recettes de cuisine. Mémoire de stage. Master des sciences du sport. Université Paris Descartes.
- Parent C., Spaccapietra S. (2009). An overview of modularity, In Modular Ontologies - Concepts, Theories and Techniques for Knowledge Modularization. Springer. In Rector A., Horridge M., Iannone L., Drummond N. (2012) Use Cases for Building OWL Ontologies as Module : Localizing, Ontology and programming Interfaces & Extensions. In Applied Ontology 7 (2012) 1–4 1 IOS Press.
- Rector A., Horridge M., Iannone L., Drummond N. (2012) Use Cases for Building OWL Ontologies as Module : Localizing, Ontology and programming Interfaces & Extensions. In Applied Ontology 7 (2012) 1–4 1 IOS Press. Ribeiro R., Batista F., Pardal J.P., Mamede N.J., Pinto H.F. (2006) Cooking an Ontology. In 12th International Conference on AI : Methodology, Systems, Applications. Berlin, pp. 213- 221.
- Salesse R., Gervais R. (2012). Odorat et goût. De la neurologie des sens chimiques aux applications. QAE
- Sedki K., Despres S., Ng R. An Argumentation Based Method for Collaborative Decision Making. In International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS) 2016 (à paraître).
- Segnit N. (2012). Le répertoire des saveurs, Marabout.
- Snae C., Brüeckner M. (2009). Personal Health Assistance Service Expert System (PHASES), International Journal of Biological and Life Sciences, 4-2.

- Snae C., Brüeckner M. (2008) FOODS: A Food-Oriented Ontology-Driven System In Second IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (IEEE DEST).
- Stuckenschmidt H. Parent C. & Spaccapietra S. éditeurs (2009). Modular Ontologies - Concepts, Theories and Techniques for Knowledge Modularization. Springer.
- Suarez-Figueroa M. C., Gomez-Perez A., Fernandez-Lopez M. (2012). The NeOn Methodology for Ontology Engineering. In M. C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, E. Motta, e& A. Gangemi (Eds.), *Ontology Engineering in a Networked World* (pp. 9-34). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24794-1_2.
- Villarias L.G. (2004). Ontology-based semantic querying of the Web with respect to food recipes. *Informatics and Mathematical Modelling*, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark. Master Thesis. ISSN 1601-233X.