



HAL
open science

Conceptual Modelling of the European Silk Heritage with the SILKNOW Data Model and Extension

Marie Puren, Pierre Vernus

► **To cite this version:**

Marie Puren, Pierre Vernus. Conceptual Modelling of the European Silk Heritage with the SILKNOW Data Model and Extension. 2022. hal-03457866v2

HAL Id: hal-03457866

<https://hal.science/hal-03457866v2>

Preprint submitted on 4 Jan 2022 (v2), last revised 17 Oct 2022 (v3)

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Modélisation conceptuelle du patrimoine soyeux européen avec le modèle de données et l’extension SILKNOW

Marie Puren^{1 2} et Pierre Vernus^{3 4}

¹ Epitech, MNSHS, F-94270 Kremlin-Bicêtre, France

² Ecole nationale des Chartes, Centre Jean-Mabillon, F-75002 Paris, France

³ LARHRA, F-69363 Lyon, France

⁴ Université Lumière Lyon 2, F-69007 Lyon, France

Résumé

La soie est un matériau particulièrement important pour l’histoire européenne. Son commerce a facilité l’essor de nouveaux centres économiques, stimulé le développement de techniques de tissage innovantes, et permis la création d’objets exceptionnels. Alors que de nombreuses institutions sont spécialisées dans sa conservation, ce patrimoine fragile est toutefois menacé. Dans cet article, nous explicitons la méthodologie utilisée par le projet H2020 SILKNOW pour mieux valoriser ces collections patrimoniales. Nous présentons le modèle de données basé sur le CIDOC CRM que nous avons conçu en vue de la création d’un graphe de connaissances. Nous exposons également la méthodologie utilisée pour intégrer, dans le modèle de données, les annotations générées par l’analyse des textes et des images. Nous présentons enfin l’extension SIKNOW, destinée à modéliser la sémantique complexe décrivant le processus de production des tissus en soie.

Mots-clés – CIDOC CRM – Patrimoine textile – Soie – Web sémantique – SILKNOW

Introduction

Depuis une dizaine d’années, l’histoire de la mode intéresse un public croissant. Elle est ainsi de plus en plus souvent mise en avant par les musées dans leurs expositions (PETROV, 2019), dans l’espoir d’attirer de nouveaux visiteurs et de séduire de nouveaux mécènes (STEWART et MARCKETTI, 2012). Pourtant, malgré l’intérêt manifesté pour ces collections, le patrimoine textile reste menacé. C’est tout particulièrement le cas du patrimoine soyeux dont la fragilité pose d’importants problèmes de conservation, et dont la protection requiert des investissements conséquents. La fragilité de la soie rend sa conservation d’autant plus difficile ; à cela s’ajoute la nécessité de sauvegarder les techniques de tissage utilisées pour produire ces tissus, afin d’en faciliter la restauration, mais aussi l’éventuelle reproduction. Peu de matériaux revêtent une telle importance historique, culturelle et artistique. A la fois matériel et immatériel, ce patrimoine « intégral » au sens de l’UNESCO, rassemble des objets de toutes sortes (costumes, mobiliers, accessoires, etc.), des savoir-faire artisanaux et des traditions séculaires. Les tissus anciens en soie font ainsi partie intégrante des collections de grands musées ; mais une part non négligeable du patrimoine soyeux est conservée par des institutions petites en taille, qui manquent généralement de moyens pour valoriser de leurs collections (PORTALÉS, SEBASTIÁN et al., 2018 ; GAITÁN, ALBA et al., 2019 ; PAGÁN, SALVATELLA et al., 2020).

Hors des grand événements qui leur sont consacrés, on constate également la sous-utilisation des collections textiles par les usagers (STEWART et MARCKETTI, 2012). La croissance d’Internet et les nouveaux usages liés au Web social incitent les musées à se saisir de ce nouveau medium,

autant pour séduire de nouveaux visiteurs que pour valoriser leurs collections. La numérisation du patrimoine - et son corollaire, la valorisation des données numériques ainsi générées - est notamment devenue l'un des enjeux cruciaux de la valorisation du patrimoine culturel (ESTERMANN, 2015). Les institutions conservant des collections textiles ont bien saisi l'intérêt de développer leur présence en ligne, notamment en donnant accès à leurs inventaires, pour élargir leur public et accroître leur rayonnement. Pour valoriser ces collections mal connues et éparpillées dans des institutions diverses, une solution consiste à créer un point d'accès unique via un portail en ligne. L'idée d'agrèger des données provenant de sources variées et d'y donner accès repose sur l'hypothèse que cela permettra de faire connaître ces collections, et en facilitera la réutilisation. Dans un contexte de crise économique, les institutions patrimoniales cherchent à se rendre plus visibles, mais aussi à créer de nouveaux partenariats qui leur permettront de développer plus facilement des projets de valorisation à grande échelle (SULS, 2017).

On voit ainsi apparaître des portails permettant d'explorer de manière simultanée des collections patrimoniales dispersées, comme le portail *Paris Musées*¹ ou le portail des collections des Fonds régionaux d'art contemporain (FRAC)². Du côté de la mode, le portail *Europeana Fashion* donne accès aux collections de plus d'une trentaine d'institutions européennes. Mais si *Europeana Fashion* offre à ses utilisateurs un point d'accès unique pour explorer ces collections, il agrège des données provenant uniquement de grands musées européens (SULS, 2017). Ce type de solution laisse donc de côté les petits musées, et ne permet pas de mettre en avant des collections plus spécialisées, comme celles consacrées à la soie. Dans le but de pallier ce manque, le projet H2020 SILKNOW (*Silk heritage in the Knowledge Society : from punched card to Big Data, Deep Learning and visual/tangible simulations*)³ a développé un moteur de recherche exploratoire permettant de réaliser une recherche fédérée au sein de collections patrimoniales consacrées à la soie.

En utilisant des données patrimoniales publiques, SILKNOW a créé un *Knowledge Graph* ou « graphe de connaissances » permettant de compiler des résultats issus de différentes sources et annotés avec de nouvelles informations sémantiques. Le SILKNOW *Knowledge Graph* représente les données contenues dans les catalogues de 21 institutions patrimoniales⁴, en suivant un sous-ensemble du modèle *CIDOC Conceptual Reference Model* ou CIDOC-CRM. Collectées en ligne ou directement fournies par l'institution concernée⁵, ces données ont pour caractéristique de décrire des objets incorporant la soie dans leurs processus de fabrication. Ces derniers peuvent être totalement en soie, intégrer d'autres matériaux textiles (fibres naturelles, fils métalliques), ou encore se composer de matériaux composites (par exemple, du bois dans le cas d'un meuble). Le projet SILKNOW s'est plus particulièrement intéressé à des objets produits ou consommés en Europe entre le milieu du XV^e et le milieu du XIX^e siècle.

Dans cet article, nous présentons les étapes du travail qui nous ont permis de construire le modèle de données SILKNOW. Nous décrivons également la méthodologie que nous avons utilisée pour créer un modèle conceptuel étendant le CIDOC CRM, et pour intégrer les annotations produites avec des méthodes d'apprentissage machine. Dans une première partie, nous discutons les apports des technologies du Web sémantique pour la protection et la valorisation du patrimoine soyeux. Dans une deuxième partie, nous explicitons la démarche que nous avons adoptée pour développer le modèle de données SILKNOW. Dans une troisième partie, nous montrons comment nous avons utilisé le *Provenance Data Model* ou Prov DM pour intégrer les annotations sémantiques produites

1. Le portail est accessible ici : <https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr>

2. Les collections des FRAC sont accessibles : <http://www.lescollectionsdesfrac.fr/>

3. Le site Internet du projet est accessible ici : <https://silknow.eu/>.

4. On pourra retrouver la liste complète de ces institutions ici : <https://ada.silknow.org/fr/museums>.

5. Des jeux de données ont ainsi été mis à disposition du projet par *Garin1820*, le *Sicily Cultural Heritage* et le *Musée d'Art et d'Industrie de Saint-Etienne*.

sur ces données grâce à l’analyse des textes et des images. Nous proposons également d’étendre le CIDOC CRM avec de nouvelles classes et de nouvelles propriétés, de manière à pouvoir exprimer la sémantique complexe des données décrivant le processus de production des tissus en soie.

1 Valoriser le patrimoine soyeux européen grâce au Web sémantique

1.1 Des métadonnées hétérogènes

Lorsque des utilisateurs s’intéressent au patrimoine textile en ligne, ils sont en général confrontés à deux cas de figures. Les grands musées généralistes ont les moyens, techniques, financiers et humains pour diffuser leurs données sur Internet ; mais ils ne mettent pas systématiquement en avant leurs collections textiles sur leurs sites Web. A l’inverse, les petits musées ne disposent pas des mêmes ressources que leurs homologues mieux dotés (CLAERR et WESTEEL, 2010) pour valoriser en ligne des collections spécialisées, qui peuvent être particulièrement riches. C’est notamment le cas du patrimoine soyeux, comme l’illustre bien l’exemple de la région Rhône-Alpes (FORON-DAUPHIN et CANO, 2016 ; FOURNIER, DESPIERRES et al., 2016). Ces institutions décrivent pourtant leurs collections, mais les données numériques qu’elles produisent sont, la plupart du temps, inaccessibles en ligne. Sans présence numérique, ces collections restent en général méconnues, sauf de quelques connaisseurs et spécialistes.

Les notices produites par toutes ces institutions fournissent en général les mêmes types d’information : le type d’objet, le lieu et la date de production, les matériaux et techniques utilisées, les dimensions, et une ou des illustration(s). Mais la manière dont ces métadonnées sont structurées peut grandement varier en fonction des pratiques de leurs producteurs. Ces données proviennent en effet d’institutions utilisant des normes de catalogage variées et respectant des standards de description qui leur sont propres. La figure 1 illustre ce problème, en permettant de comparer la liste des métadonnées qui décrivent deux objets (ici, deux damas⁶) conservés respectivement par le *Museu Tèxtil Terrassa*⁷ et par le *Victoria & Albert Museum*⁸. On retrouve globalement les mêmes types d’informations pour décrire ces deux objets, mais celles-ci sont exprimées différemment par les deux musées. Par exemple, le *Victoria & Albert Museum* indique dans un même champ quel est le matériau et la technique utilisés, tandis que le *Museu Tèxtil Terrassa* sépare clairement ces deux informations.

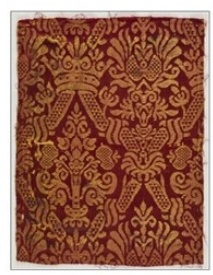
Autrement dit, le *Victoria & Albert Museum* et le *Museu Tèxtil Terrassa* n’utilisent pas le même modèle de données. C’est parce que les catalogues sont conçus comme des silos de données séparés, qui ne sont pas censés communiquer entre eux. Dans le cas où on collecterait ces métadonnées à grande échelle, il sera donc difficile de les traiter automatiquement au vue de l’hétérogénéité de leur structure, mais aussi à cause du manque de structuration de ces dernières. On trouve fréquemment différents types d’informations dans un même champ (comme le montre la figure 1), ce qui ne facilite pas le traitement de ces données. Par nature, les données patrimoniales sont hétérogènes : elles sont produites par des institutions variées, elles décrivent des objets disparates - ce qui ne les rend pas facilement accessibles par des moteurs de recherche (FREIRE, MEIJERS et al., 2018). Pour améliorer la découvrabilité de ces données sur Internet, les technologies du Web sémantique offrent la possibilité d’agréger et de donner accès à des métadonnées provenant de différentes sources

6. Pour une définition du « damas », on pourra consulter le thésaurus SILKNOW : <https://skosmos.silknow.org/thesaurus/fr/page/168>.

7. <http://imatex.cdmt.es/>

8. Pour consulter les collections : <https://www.vam.ac.uk/collections>

NÚM.REGISTRO	5354
ID FOTOGRAFIA	05354.tif
CATEGORIA	tejidos
CRONOLOGIA	... sin confirmar / siglo 16 / siglo 17
DENOMINACION	tejido
CATALÁ RUIZ DE GALARETA, ALBERTO	Vías Gels, Ricard
FORMA DE INGRESO	compras - Diputació de Barcelona
MATERIALES	seda
OTROS NOMBRES PROPIOS	Homar, Gaspar, 1870-1955
ORIGEN	... sin confirmar / España / Italia
TECNICA	damasco / tejido labrado
MEDIDAS	33.5 x 25.5
FECHA DE INGRESO	01/01/1957
MUSEO	Centre de Documentació i Museu Tèxtil - CDMT



Furnishing Fabric

ca. 1710 (*made*)

ARTIST/MAKER Unknown

PLACE OF ORIGIN Spitalfields (made)

When this length of yellow silk damask was given to the Museum in 1937, the donor said that it came from bed hangings in the London house of her ancestor Edward Holbourn, who was a merchant in the East India Company. The company imported large quantities of textiles from Asia into England, including silk damasks used for bed hangings, but the woven structure and the width of this damask suggest that it is European rather than Chinese. The similarity of its design to work by the Spitalfields master weaver and designer James Tremen make an English manufacture possible.

OBJECT DETAILS

CATEGORIES Textiles Interiors

OBJECT TYPE Furnishing fabric

MATERIALS AND TECHNIQUES Silk damask

Not currently on display at the V&A

FIGURE 1 – Métadonnées décrivant les techniques et matériaux utilisés : exemples provenant du *Museu Tèxtil Terrassa* et du *Victoria & Albert Museum*

(FREIRE, VOORBURG et al., 2019). C'est dans ce cadre que le projet SILKNOW a créé un moteur de recherche exploratoire permettant de réaliser une recherche fédérée au sein de 21 collections consacrées à la conservation du patrimoine soyeux européen.

1.2 Une ontologie pour construire un *Knowledge Graph*

Depuis l'émergence du Web sémantique, on assiste à de nouvelles mutations des usages de l'Internet par les musées, notamment l'ouverture croissante des données produites par ces institutions (MARDEN, LI-MADEO et al., 2013; ESTERMANN, 2015). Le Web sémantique met en effet en oeuvre les données liées ou *linked data* (HEATH et BIZER, 2011), avec pour objectif de permettre aux machines de comprendre la sémantique de l'information publiée sur le Web, et de créer ainsi des liens nouveaux, voire même inattendus, entre ces informations. Le Web sémantique ouvre ainsi de nouvelles perspectives de valorisation du patrimoine sur Internet, en permettant de mettre les données patrimoniales à disposition de toutes - et pas seulement dans un contexte muséal - ; d'agrèger, publier et enrichir ces données sur le Web pour en faciliter la réutilisation ; de lier ces données entre elles et avec d'autres données, de façon à constituer un réseau d'informations ; et enfin de faire des propositions d'enrichissement de ces données.

SILKNOW a fait l'hypothèse que l'utilisation des technologies du Web sémantique, et plus exactement la création d'un *Knowledge Graph* ou « graphe de connaissances » basé sur un modèle de données pouvait faciliter l'intégration, l'exploration et la récupération de données patrimoniales décrivant des objets et textiles anciens en soie. En contenant ces données, le SILKNOW *Knowledge Graph* doit permettre de créer, en ligne, un point d'accès unique à ces dernières. Cette approche s'est en effet avérée particulièrement fructueuse pour d'autres types de données patrimoniales : par exemple des données bibliographiques décrivant des oeuvres musicales pour le projet DOREMUS (ACHICHI, LISENA et al., 2018), des données archivistiques pour le projet ArchOnto (KOCH, RIBEIRO et al., 2020), ou encore des données historiques pour le projet WarSampo (KOHO, IKKALA et al., 2021).

Concrètement, les données sont téléchargées ou collectées auprès des institutions partenaires ; et ces fichiers sont convertis pour créer le graphe de connaissance en utilisant le *Resource Description Framework* (RDF) comme modèle de données. Le graphe, qui contient toutes les métadonnées, est ensuite chargé dans un triple store. Les données converties sont alors accessible en ligne via un moteur de recherche exploratoire (SCHLEIDER, TRONCY, EHRHART et al., 2021 ; SCHLEIDER, TRONCY, GAITAN et al., 2021). La création du graphe de connaissance nécessite une conversion

RDF, qui est basée sur une « mise en correspondance » manuelle des données (ou *mapping*, parfois également traduit par « mappage⁹ »). Ce *mapping* consiste à mettre en équivalence les modèles de données décrivant des objets similaires (CHRISTEN, 2012). Lorsque nous travaillons avec deux sources de données A et B, la mise en correspondance des données peut consister à faire correspondre chaque champ de la base de données A avec ceux de la base de données B. Dans le cadre du projet SILKNOW, nous utilisons de nombreuses sources différentes ; nous avons choisi d'utiliser un modèle de données « pivot » qui permet de réaliser plus facilement cette mise en correspondance entre tous les jeux de données recueillis. Nous avons ainsi créé un sous-ensemble de l'ontologie CIDOC *Conceptual Reference Model* (CIDOC CRM), sous-ensemble qui est instancié au moment de la conversion RDF (SCHLEIDER, TRONCY, EHRHART et al., 2021 ; SCHLEIDER, TRONCY, GAITAN et al., 2021).

2 Le modèle de données SILKNOW

2.1 Exprimer la sémantique de l'information relative au patrimoine soyeux avec le CIDOC CRM

Notre choix s'est porté sur le CIDOC CRM (LE BOEUF, DOERR et al., 2015), car il s'agit d'un modèle conceptuel spécifiquement développé pour le patrimoine culturel par le Comité International pour la Documentation (CIDOC) de l'International Council of Museum (ICOM). Norme ISO depuis 2006, renouvelée en 2014¹⁰, le CIDOC CRM est aujourd'hui un standard destiné à assurer l'interopérabilité des données patrimoniales. Ce standard n'est toutefois pas figé ; ainsi, au moment de l'écriture de cet article, la version 7.2 vient d'être publiée¹¹. Nous avons cependant utilisé la version 6.2¹² - version alors la plus récente au moment du début du projet en 2018. Le CIDOC CRM est également un modèle flexible et extensible. Si nécessaire, ce modèle peut être étendu en créant de nouvelles classes et de nouvelles propriétés pour exprimer de nouvelles informations, sans modifier la structure de base du modèle. Ces caractéristiques permettent de créer des extensions spécialisées comme FRBRoo (*Functional Requirements for Bibliographic Records*), modèle conceptuel pour les données bibliographiques¹³, ou encore CRMtex, modèle conceptuel pour l'étude des textes anciens¹⁴. En tout, on recense dix modèles compatibles sur le site officiel du CIDOC CRM¹⁵.

Le CIDOC CRM permet d'exprimer la sémantique sous-jacente de l'information relative au patrimoine culturel, et donc de modéliser de manière homogène des données par nature hétérogènes. Si on reprend les descriptions des deux tissus en damas conservés par le *Victoria & Albert Museum* et par le *Museu Tèxtil Terrassa* (figure 1), on peut exprimer de manière unique avec le CIDOC CRM les informations concernant la technique et les matériaux utilisés durant le processus de tissage. Le CIDOC CRM permet en effet de modéliser chacun des champs descriptifs avec des triplets Classe (C) - Propriété (P) - Classe (C), que l'on peut représenter sous forme de graphes comme sur la figure 2. Sur cette figure, on voit que nous avons choisi d'utiliser la classe *E22 Man Made Object*

9. Office Québécois de la langue française, « Mise en correspondance », *Grand Dictionnaire Terminologique*, 2001, URL : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8873847.

10. <https://www.iso.org/standard/57832.html>

11. Accessible en ligne : <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-7.2>

12. <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-6.2.3>

13. IFLA Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records, *Functional Requirements for Bibliographic Records : Final Report*, IFLA, 2009. URL : <https://repository.ifla.org/handle/123456789/811>.

14. Martin Doerr, Francesca Murano and Achille Felicetti, *Definition of the CRMtex. An Extension of CIDOC CRM to Model Ancient Textual Entities*, Version 1.0, currently maintained by Francesca Murano and Achille Felicetti, June 2020. URL : <https://cidoc-crm.org/crmtext/ModelVersion/version-1.0-0>

15. Pour la liste complète : <https://cidoc-crm.org/collaborations>

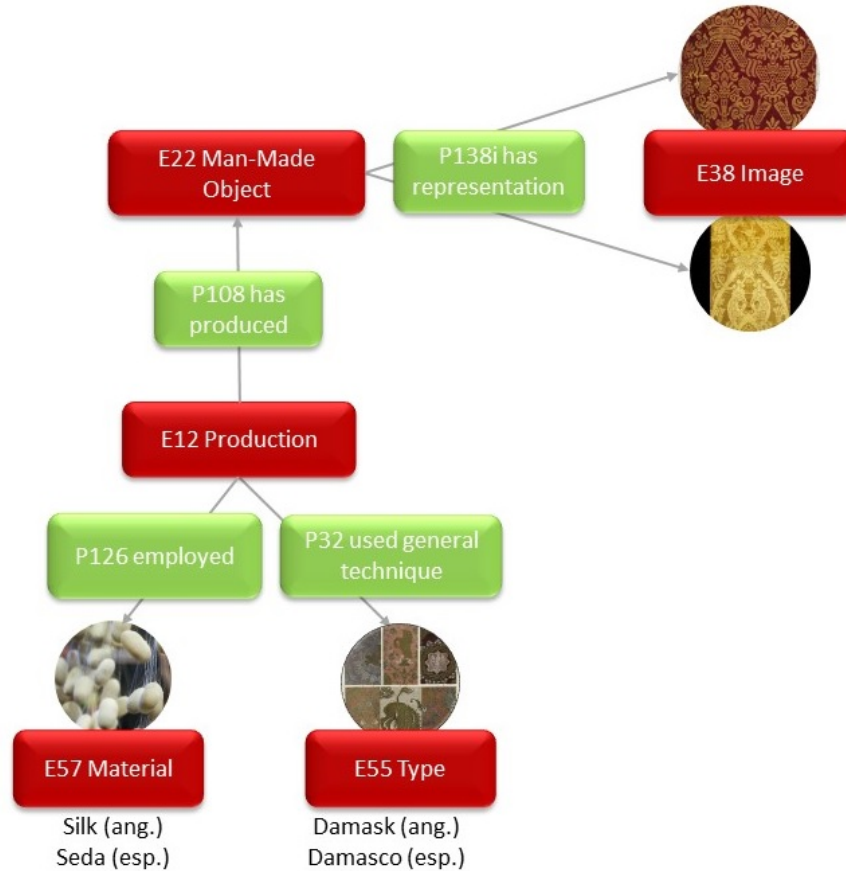


FIGURE 2 – Graphe conforme au modèle conceptuel CIDOC CRM

pour représenter l’objet décrit par les métadonnées muséales. Dans la version 6.2 du CIDOC CRM, cette classe est en effet utilisée pour modéliser des « physical objects purposely created by human activity » (LE BOEUF, DOERR et al., 2015).

2.2 Quelles classes et propriétés pour représenter ces informations ?

En tant que modèle conceptuel, le CIDOC CRM est destiné à modéliser toutes sortes de données patrimoniales, et doit permettre de couvrir la plupart des cas. Le CIDOC CRM fournit ainsi une vaste gamme de classes et de propriétés. Par exemple, il y a 89 classes et 153 propriétés offertes par la version 6.2¹⁶. En général, nous n’avons donc pas besoin d’utiliser toutes les classes et les propriétés offertes par le CIDOC CRM.

Pour sélectionner les classes et propriétés nécessaires à la modélisation des métadonnées recueillies par le projet, il faut d’abord dresser la liste des champs descriptifs utilisés pour décrire les objets textiles. Pour ce faire, nous avons analysé et comparé un grand nombre de notices, en nous appuyant sur la documentation utilisée par les institutions patrimoniales pour créer ces métadonnées (notamment (GRANT, NIEUWENHUIS et al., 1995 ; BRIATTE, 2012 ; *Europeana Data Model* p. d.)). Cette analyse nous a permis de dresser une liste des champs descriptifs communément utilisés pour décrire les objets textiles, tout en éliminant les champs descriptifs inutiles dans le cadre du projet - à savoir les champs fournissant des informations sur la gestion administrative de l’objet.

16. On pourra consulter la liste de ces classes et propriétés via OntoMe : <https://ontome.net/namespace/1>

Ces champs descriptifs ont ensuite été classés dans des « groupes d'informations » (*Information Groups*) formant le « dictionnaire de données » (*Data Dictionary*) du projet SILKNOW. Ces groupes d'informations nous ont permis de repérer les catégories utilisées par les institutions patrimoniales pour décrire les textiles anciens. Nous avons ainsi défini 22 groupes d'informations, des plus couramment utilisés (par exemple, *Object Title Information Group* ou *Object Measure Information Group*) aux plus rarement rencontrés (par exemple, *Object Missing Part Information Group* ou *Exhibition Information Group*). Ces groupes d'information nous ont ensuite permis de nous appuyer sur les *Functional Overviews* (« aperçus fonctionnels ») fournis par la documentation officielle du CIDOC CRM¹⁷, et de sélectionner plus facilement les classes et propriétés les mieux adaptées pour représenter ces groupes d'information. Les aperçus fonctionnels classent les classes et propriétés du CIDOC CRM dans des « catégories d'information » qui peuvent facilement être alignées avec les groupes d'information de notre dictionnaire des données. Par exemple, les *Functional Overviews* propose une catégorie d'informations *Object Title Information* correspondant à notre *Object Title Information Group*.

Le modèle de données SILKNOW se compose des classes et propriétés sélectionnées pour représenter les groupes d'information que nous avons définis au préalable. Celle-ci est accessible et documentée en ligne (PUREN et VERNUS, 2021b) grâce au gestionnaire d'ontologie OntoME (BERETTA, 2021) développé et maintenu par le LARHRA. Le modèle de données SILKNOW s'appuie principalement sur le CIDOC CRM Core version 6.2 (71 propriétés et 21 propriétés). Nous avons également sélectionné deux classes et une propriété issues d'une extension du CIDOC CRM, le *Scientific Observation Model* (CRMsci) version 1.2.3¹⁸ (KRITSOTAKI, GERALD et al., 2017). Le CRMsci, qui est un modèle destiné à intégrer les métadonnées produites par les observations scientifiques, nous a paru tout à fait approprié pour modéliser les analyses historiques et techniques formulées par des experts du domaine sur les textiles anciens. Par exemple, la notice décrivant un lé de tenture conservé dans les collections du Château de Versailles¹⁹ comporte un champ « Historique » et un champ « Commentaire ». En utilisant les modèles CIDOC CRM et CRMsci, nous avons exprimé ces informations avec les triplets suivants : *S4 Observation O8 observed E22 Man-Made Object* ; *S4 Observation P2 has type E55 Type (Historique / Commentaire)* ; *S4 Observation P3 has note E62 String* (figure 3). Nous avons choisi d'utiliser la classe *S4 Observation* fournie par l'extension CRMsci car celle-ci est définie comme « the activity of gaining scientific knowledge about particular states of physical reality gained by empirical evidence, experiments and by measurements » (KRITSOTAKI, GERALD et al., 2017). Les observations réalisées par les experts sur les textiles anciens nous ont ainsi paru relever de ce type d'activité scientifique.

2.3 Evaluer l'ontologie

La qualité et la robustesse de cette ontologie sont ensuite évaluées par un processus de mise en correspondance ou *mapping*. Ce processus consiste à vérifier qu'il est possible de représenter tous les champs des métadonnées au moyen des classes et propriétés sélectionnées dans l'ontologie. Le *mapping* est produit manuellement par des experts du domaine, qui fournissent alors des règles de mise en correspondance ou *mapping rules* pour chacun des jeux de données collectés. Concrètement, nous avons choisi deux objets décrits de manière extensive²⁰ dans les catalogues des institutions sélectionnées. Ensuite, nous avons interprété chacun des champs descriptifs sous forme de triplets Entité (E) - Relation (R) - Entité (E). Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les fichiers des

17. Les aperçus fonctionnels sont disponibles en ligne : <http://www.cidoc-crm.org/functional-units>.

18. La dernière version 1.4 a été publiée en octobre 2021.

19. Accessible ici : <http://collections.chateauversailles.fr/#e7fe900c-4795-42f5-b5aa-26f2b3f649e3>

20. C'est-à-dire avec le plus grand nombre de champs descriptifs remplis dans les notices.

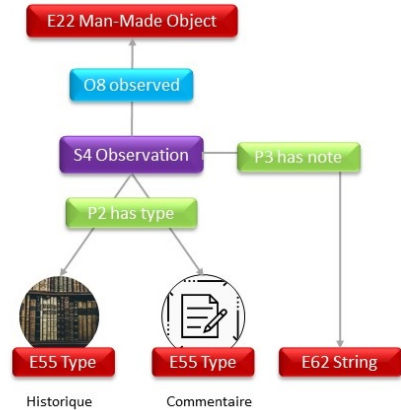


FIGURE 3 – Utilisation de la classe *S4 Observation*

métadonnées collectés, convertis dans un format JSON intermédiaire. La figure 4 montre un extrait correspondant aux métadonnées contenues dans le tableau 1. Comme le montre le tableau 1, nous

```
"fields": [
  {
    "label": "title",
    "value": "lé de tenture"
  },
  {
    "label": "Désignation",
    "value": "lé de tenture"
  },
  {
    "label": "N° d'inventaire:",
    "value": "VMB 14527"
  },
  {
    "label": "Domaine",
    "value": "Textiles"
  },
  {
    "label": "Date de création",
    "value": "XVIIIe siècle"
  }
]
```

FIGURE 4 – Extrait d'un fichier de métadonnées en JSON

avons donc décomposé l'ensemble du schéma de métadonnées avec des triplets Classe (C) - Propriété (P) - Classe (C) provenant du modèle de données SILKNOW. Nous avons ensuite représenté ces

TABLE 1 – Tableau contenant des *mapping rules*

Field Value	Value	Path
Désignation	Lé de tenture	E22 Man-Made Object P102 has title E35 Title
N° d'inventaire	VMB 14527	E15 Identifier Assignment P140 assigned attribute to E22 Man-Made Object E15 Identifier Assignment P37 assigned E42 Identifier E15 Identifier Assignment P14 carried out by E40 Legal Body (Château de Versailles) E42 Identifier P2 has type E55 Type (N° d'inventaire)
Date de création	XVIII ^e siècle	E12 Production P4 has time-span E52 Time-Span E52 Time-Span P78 is identified by E49 Time Appellation

triplets sous forme de graphes comme sur la figure 5. Ces graphes nous permettent de visualiser les

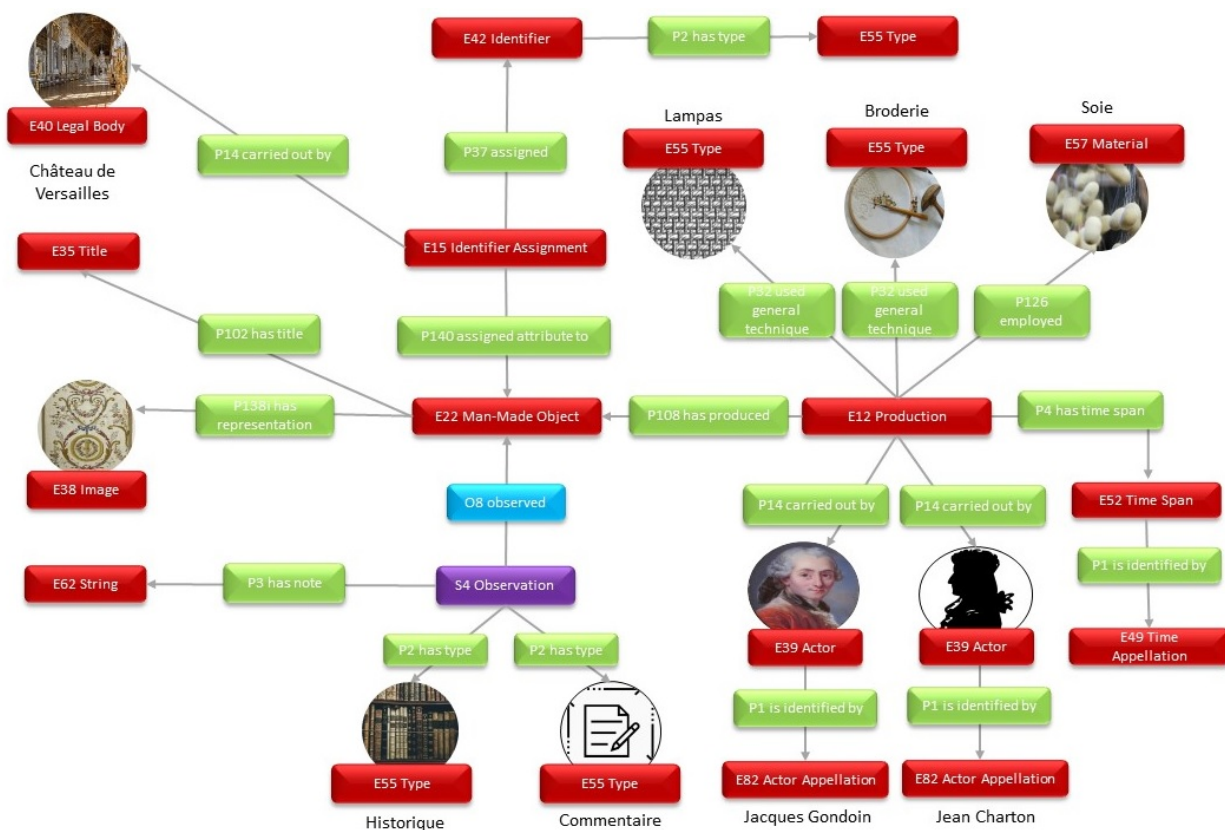


FIGURE 5 – Triplets (extraits) utilisés pour modéliser les métadonnées de la notice représentée dans la figure 3

triplets et de vérifier plus facilement leur cohérence. Sur le graphe 5, nous visualisons les triplets modélisant les informations sur les conditions de production du lé de tenture conservé à Versailles, à savoir :

- la date de production : *E12Production P4 has time-span E52 Time-Span*,
- le producteur / créateur : *E12 Production P14 carried out by E39 Actor*,
- les matériaux utilisés : *E12 Production P126 employed E57 Material*,
- les techniques utilisées : *E12 Production P32 use general technique E55 Type*.

Après avoir fourni ces *mapping rules*, nous avons constaté que tous les champs des métadonnées pouvaient être exprimés avec le modèle de données SILKNOW. Les fichiers JSON ont alors été convertis pour créer le graphe de connaissances grâce à un convertisseur RDF. Le graphe, qui contient les métadonnées décrivant 36210 objets illustrés par 74527 images, est enfin chargé dans un triple store, tandis que les images sont téléchargées séparément sur un serveur multimédia. Toutes les données converties sont accessibles via un SPARQL endpoint basé sur Virtuoso 7²¹. Ces données sont également disponibles grâce un navigateur à facettes²². Ce navigateur peut également être utilisé via une interface graphique qui donne accès au thésaurus multilingue SILKNOW consacré au vocabulaire des textiles historiques en soie²³ (cf section 3.2). Toutes les données collectées sont

21. Accessible ici : <https://data.silknow.org/sparql>

22. Disponible à cette adresse : <https://data.silknow.org/fct/>

23. Consultable en ligne : <https://skosmos.silknow.org/thesaurus/fr/>

accessibles avec le moteur de recherche exploratoire ADASilk (*Advanced Data Analysis for Silk heritage*²⁴) (SCHLEIDER, TRONCY, EHRHART et al., 2021). Sur la figure 6, on peut voir la notice décrivant le lé de tenture conservé à Versailles, telle qu'elle est visible dans ADASilk²⁵.

The screenshot shows the ADASilk website interface. At the top, there is a navigation bar with 'ADASilk' and categories like 'OBJETS', 'TECHNIQUES', 'MATÉRIAUX', 'REPRÉSENTATIONS', and 'THESAURUS'. A search bar and language selector ('FRANÇAIS') are also present. The main content area features a large image of a silk tapestry fragment on the left, with a '3D' button next to it. To the right of the image is a metadata section titled 'lé de tenture'. This section includes:

- IDENTIFIANT:** VMB 14527
- TECHNIQUE:** Damask 71%, Embroidery 52%
- REPRÉSENTATION:** Floral motif 51%, Vegetal motif 57%
- DIMENSION:** 170 cm (height), 51 cm (width)
- DATE DE PRODUCTION:** XVIIIe siècle
- LIEU DE PRODUCTION:** France 47%, France 100%, Spain 63%, Italy 53%
- TYPE D'OBJET:** fabrics

 Below the metadata, there are two buttons: 'Télécharger' and 'Voir similaires'. A 'Description' section on the far right provides a detailed historical context of the object.

FIGURE 6 – Exemple d'une notice dans ADASilk

3 Intégrer les annotations dans le modèle de données

3.1 Prov DM : Provenance Data Model

SILKNOW a développé des méthodes d'analyse de textes (MASSRI et MLADENIĆ, 2020 ; SCHLEIDER et TRONCY, 2021) et d'images (DOROZYNSKI, CLERMONT et al., 2019 ; CLERMONT, DOROZYNSKI et al., 2020) qui, à partir des métadonnées décrivant les objets, infèrent de nouvelles propriétés sur ces derniers, de manière à enrichir les métadonnées existantes. Si l'on examine la notice représentée sur la figure 6, on trouve dans le champ « Technique » les informations suivantes : « Damask 71% » et « Embroidery 52% » et dans le champ « Représentation » : « Floral motif 51% » et « Vegetal motif 57% » (cf. figure 7). Ces nouvelles informations ont été obtenues grâce à l'utilisation de réseaux de neurones convolutionnels entraînés sur les données (textes et images) contenues dans le graphe de connaissance. En s'appuyant sur des descriptions textuelles d'objets en soie ou sur des images les représentant, des modèles de classification de textes (REI, 2021) ou d'images (DOROZYNSKI et ROTTENSTEINER, 2021) sont capables de prédire les valeurs de certaines propriétés : la période de production, le lieu de production, la technique et le matériau pour le modèle de classification de textes ; les propriétés précédentes, auxquels s'ajoutent les motifs représentés pour le modèle de classification d'images. Chacune de ces prédictions est associée à un score de confiance exprimé sous la forme de pourcentage. Dans l'exemple précédent, le modèle de classification de textes a prédit la valeur « Damas » avec un score de confiance de 71% pour la propriété « Technique » ; le modèle de classification d'images a prédit la valeur « Floral motif » avec un score de confiance de 51% pour la propriété « Représentation ».

24. Accessible en ligne : <https://ada.silknow.org/fr>.

25. Pour la consulter directement en ligne : <https://ada.silknow.org/fr/object/2b347a9f-2c51-30f9-9e8d-ca9396a3228e>

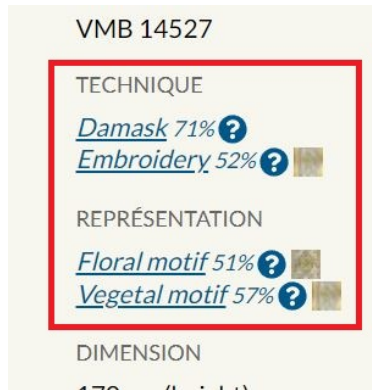


FIGURE 7 – Prédications sur un tissu et scores de confiance associés : exemple

Nous avons modélisé l'intégration des nouvelles données produites par ces analyses, avec pour objectif de faire une distinction claire entre ces prédictions et les données originales. Nous souhaitons également fournir aux utilisateurs d'ADASilk des informations sur le degré de fiabilité des résultats de ces analyses. Pour modéliser ces annotations, nous avons choisi d'utiliser le modèle de données conceptuel *Provenance Data Model* (Prov DM), recommandé par le W3C (BELHAJJAME, B'FAR et al., 2013). La figure 8 représente sous forme de graphe les entités et relations provenant de Prov DM que nous avons utilisées²⁶. Les analyses d'images ou de textes sont représentées sous

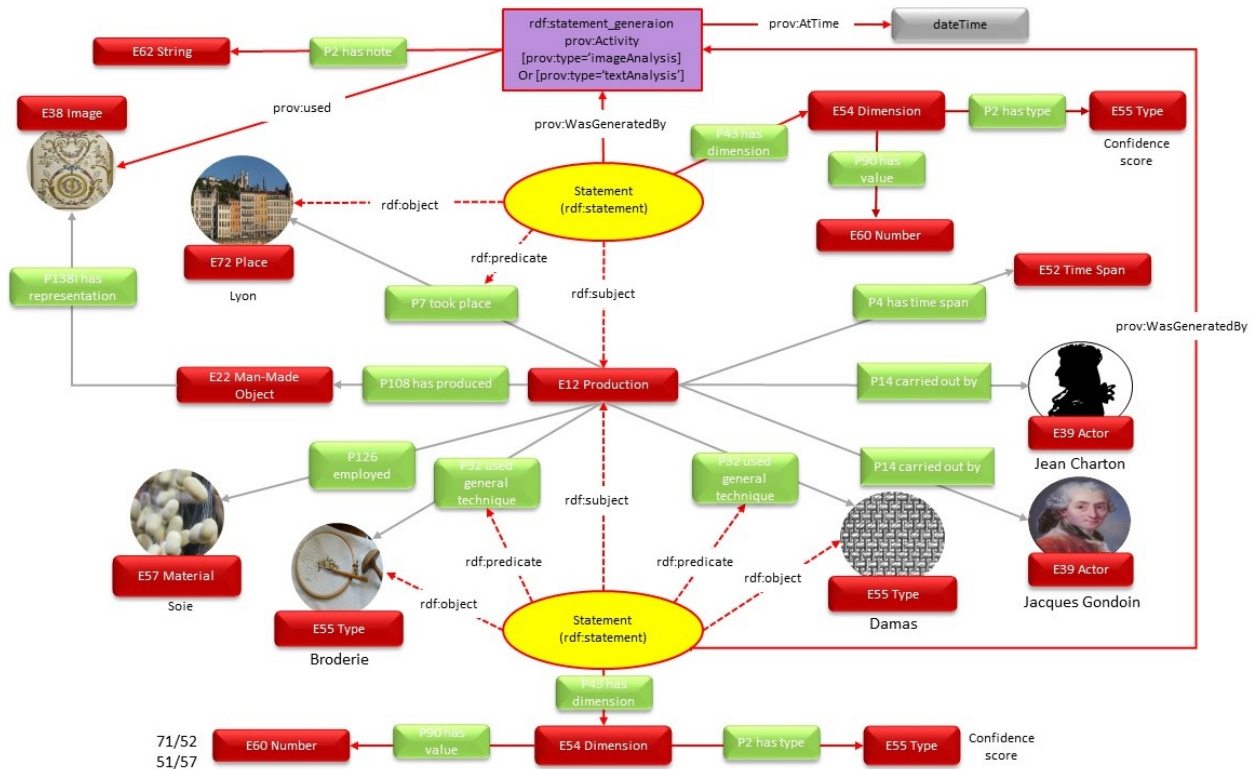


FIGURE 8 – Intégration des données issues de l'analyse d'image avec ProvDM

26. On pourra consulter à l'adresse suivante la notice décrivant le lé conservé au *Musée des Arts décoratifs* : <https://ada.silknow.org/fr/object/99528c86-aac9-3231-a9d9-b84f6e4756fd>.

la forme d'une *Prov :Activity* qui peut être qualifiée par un type (analyse d'image ou analyse de texte). Selon le cas, cette *Prov :Activity* prend une *E38 Image* (analyse d'image) ou un texte ou *E62 String* (analyse de texte) en entrée (*prov :used*), et produit deux déclarations en sortie (propriétés *prov :WasGeneratedBy*). Chacune de ces déclarations possède une *E54 Dimension*. La date de l'analyse peut être spécifiée (*prov :AtTime*). Si nécessaire, on peut spécifier le module d'analyse avec une classe *prov :Agent* (de type *Software Agent*) et le documenter (*E31 Document*).

3.2 L'extension SILKNOW

Durant notre examen des métadonnées décrivant des textiles anciens en soie, nous avons remarqué que les analyses techniques et historiques rédigées en texte libre étaient particulièrement riches. Ces blocs de texte, parfois très longs, fournissent des informations sur le processus de tissage, en mentionnant par exemple quelle(s) armure(s)²⁷, ou encore quel(s) type(s) de fils a(ont) été utilisé(s). Cette richesse sémantique est toutefois difficilement capturée par le CIDOC CRM. Le modèle de données SILKNOW propose d'utiliser les deux triplets *S4 Observation O8 observed S4 Observation* et *S4 Observation P3 has note E62 String* pour modéliser les données fournies par les champs des métadonnées correspondant à ces analyses (cf. figure 3). La propriété *P3 has note* a pour fonction d'être « a container for all informal descriptions about an object that have not been expressed in terms of CRM constructs » (LE BOEUF, DOERR et al., 2015). On l'utilise pour modéliser la manière dont un objet est caractérisé (par exemple, son apparence, sa structure, etc.), mais elle ne permet pas d'exprimer « in a structured form, everything that can be said about an item ». C'est une des conséquences du formalisme du CIDOC CRM qui n'a pas pour fonction de capturer « tout ce qui peut être dit » sur un objet.

Ces blocs de texte libre fournissent des informations particulièrement précises sur les techniques utilisées pour produire les textiles décrits ; souvent, ils donnent aussi à lire des descriptions iconographiques détaillées. L'analyse textuelle menée sur ces textes a ainsi permis d'extraire des informations techniques (armures et techniques de tissage) et d'autres portant sur la description iconographique (motifs et styles), comme l'illustre la figure 9. Ces différents types d'informations peuvent en effet intéresser le grand public à la recherche de motifs, des spécialistes du textile qui travaillent sur l'histoire des techniques, ou encore les créateurs et les industries créatives qui souhaiteraient s'inspirer d'un style historique. Donner accès à ces informations via un moteur de recherche offrirait également une expérience utilisateur plus riche, en permettant à ce dernier de formuler des requêtes plus fines sur les données.

Au moment de l'intégration des données dans le graphe de connaissances, certaines informations (les techniques et les motifs) sont ainsi annotées grâce au thésaurus SILKNOW (pour plus d'informations sur ce thésaurus, on pourra consulter (LÉON, GAITÁN et al., 2019)). Cet enrichissement sémantique est réalisé de la manière suivante : si la valeur d'une chaîne de caractères pour une technique ou un motif peut être associée à l'une des chaînes de caractères proposées par le thésaurus, cette valeur est remplacée par un identifiant unique. Modéliser ces concepts au moyen d'un langage formel permettrait d'intégrer ces annotations dans le graphe de connaissances, de donner accès à ces nouvelles données via le moteur de recherche exploratoire, et de créer plus facilement des liens entre ces concepts et le thésaurus.

La flexibilité inhérente au CIDOC CRM permet de créer de nouvelles classes et de nouvelles propriétés pour exprimer de nouveaux types d'informations. Il ne s'agit pas de capturer « tout ce qui peut être dit » sur un objet, mais d'exprimer certaines choses qui ont été dites à son sujet - en

27. Le terme « armure » désigne ici la manière dont les fils de trame et les fils de chaîne ont été entrecroisés. On parle par exemple d'« armure satin ». Pour plus d'informations sur ce terme, on pourra consulter le thésaurus SILKNOW : <https://skosmos.silknow.org/thesaurus/fr/page/318>.

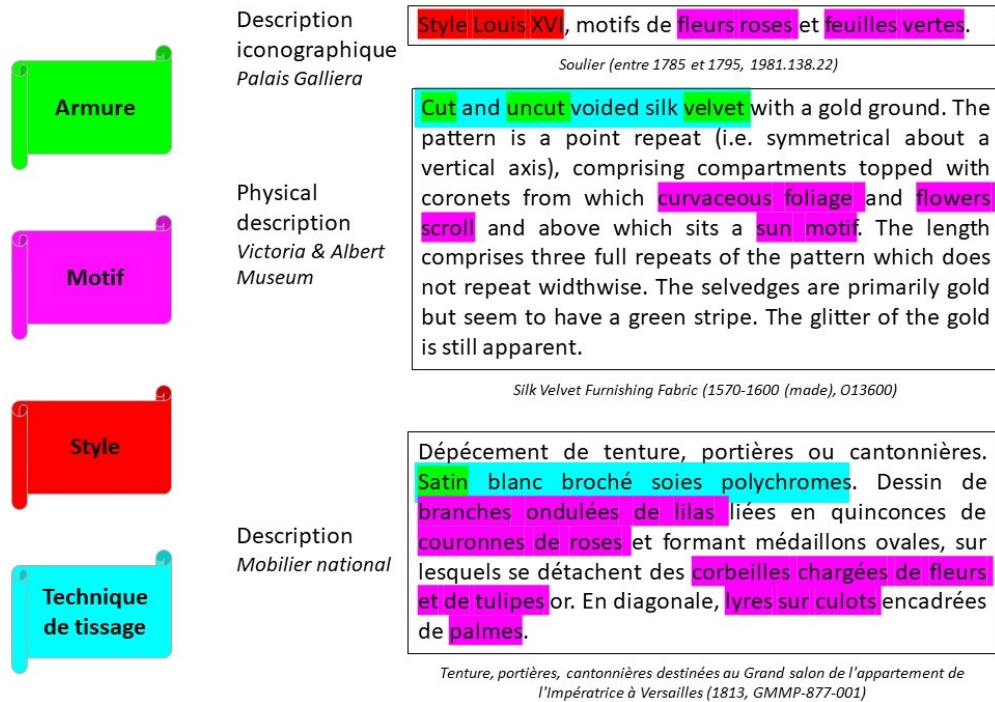


FIGURE 9 – Types d’informations extraites des descriptions : exemples issus des catalogues du *Palais Galliera*, du *Victoria & Albert Museum* et du *Mobilier National*

l’occurrence, des informations concernant le processus qui a abouti à la production d’un tissu en soie. En nous appuyant sur les résultats de l’analyse des textes et sur l’annotation des données qui en découle, nous avons créé un modèle compatible avec le CIDOC CRM pour exprimer de manière formelle le processus de création et de production d’un tissu en soie. Cette extension spécialisée, accessible via OntoME, propose 23 classes et 12 propriétés (PUREN et VERNUS, 2021a). Pour créer cette extension, nous avons adopté une approche ascendante en nous appuyant avant tout sur l’examen des données collectées. Nous avons également travaillé avec des experts du domaine pour vérifier la validité de ces nouvelles classes et propriétés.

Parmi ces 23 classes et propriétés, on trouve la classe *T1 Weaving* qui est une sous-classe de *E12 Production*. *T1 Weaving* désigne l’activité qui consiste à entrelacer à angles droits les fils de chaîne (les fils dans la longueur du tissu, qui sont tendus sur le métier à tisser) et les fils de trame (les fils perpendiculaires qui passent alternativement entre les fils de chaîne). Pour réaliser cette activité, on utilise en général un métier à tisser²⁸. Le produit du tissage est un tissu, représenté par la classe *T7 Fabric*, elle-même sous-classe de *E22 Man-Made Object*. Ces deux entités peuvent être reliées avec les propriétés CRM *P108 has produced* (*T1 Weaving P108 has produced T7 Fabric*) et *P31 has modified* (*T1 Weaving P31 has modified T7 Fabric*). La production de ce tissu est exécutée en suivant une ou des procédure(s) technique(s) (*T25 Weaving Technique*). Le processus de tissage inclut toujours l’usage d’au moins une armure (*T21 Weave*) spécifique (*T32 Weave Type*). Il produit alors un tissu qui est souvent orné de motifs (*T18 Motif*) de différentes sortes (*T34 Motif Type*), parfois caractéristique d’un style (*T11 Style*) identifié par les experts du domaine (*T13 Style Assignment*). Sur la figure 10, nous exprimons ces informations avec ces nouvelles classes et

28. On pourra consulter l’entrée « tissage » dans le thésaurus SILKNOW : <https://skosmos.silknow.org/thesaurus/fr/page/526>

les propriétés associées, pour les « Tenture, portières, cantonnières destinées au Grand salon de l'appartement de l'Impératrice à Versailles »²⁹ (cf. figure 9).

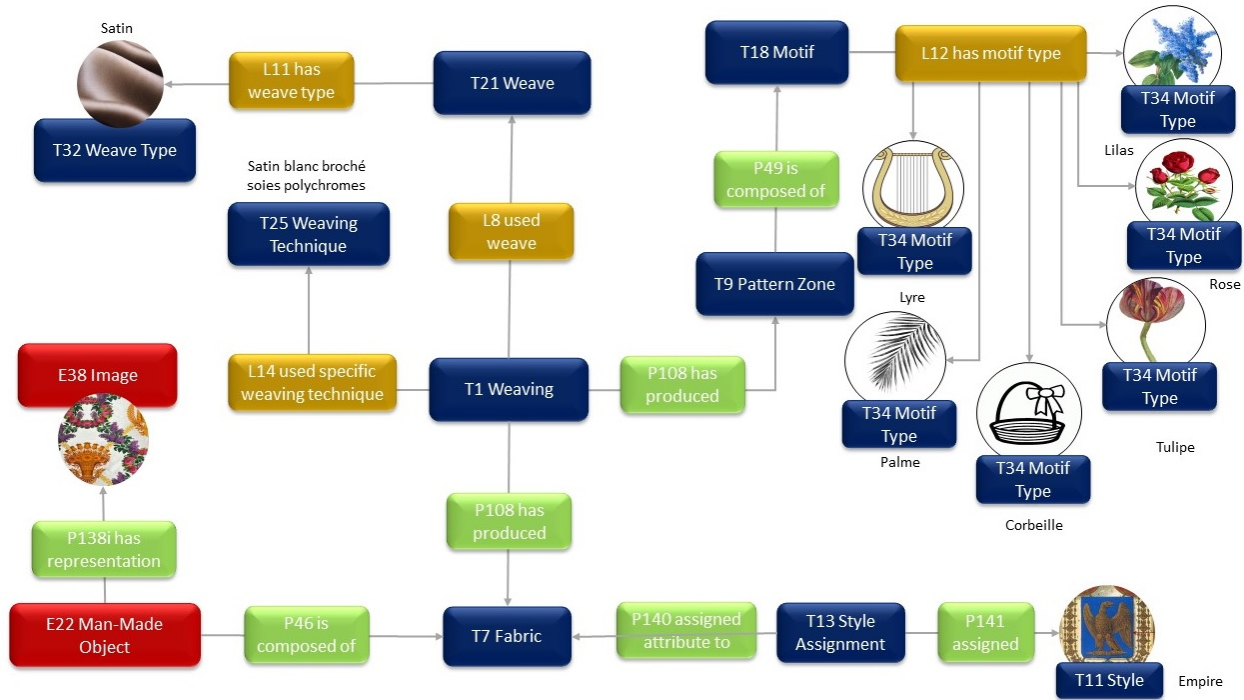


FIGURE 10 – Graphe conforme au CIDOC CRM et à l'extension SILKNOW

Comme nous l'avons mentionné plus haut, ces nouvelles classes et propriétés permettent de faciliter l'intégration des enrichissements sémantiques dans le graphe de connaissances et de permettre à l'utilisateur final d'interroger ces annotations, mais aussi d'avoir accès à des éléments de contextualisation supplémentaire. La classe *T32 Weave Type* permet par exemple d'exprimer les différentes armures utilisées lors du tissage - armures dont on trouve la définition dans le thésaurus SILKNOW. Comme le montre la figure 11, les informations concernant les armures utilisées sont modélisées au moyen du triplet *T21 Weave L11 has weave type T32 Weave Type*. Nous avons fait de même pour les informations concernant les motifs en créant la classe *T34 Motif Type*. Celle-ci doit également permettre de créer des liens avec les définitions disponibles dans le thésaurus. Par exemple, l'utilisateur pourrait ainsi consulter la définition du motif « Palme »³⁰, représenté sur la « Tenture, portières, cantonnières destinées au Grand salon de l'appartement de l'Impératrice à Versailles », sans oublier les références bibliographiques qui lui sont associées.

Conclusion

Le patrimoine soyeux revêt une importance cruciale pour comprendre l'histoire et la culture européenne. Mais certaines institutions de conservation manquent de moyens pour le valoriser et le faire découvrir au grand public. Plus largement, le patrimoine soyeux souffre d'un manque de

29. « Tenture, portières, cantonnières destinées au Grand salon de l'appartement de l'Impératrice à Versailles » (1813, Bissardon, Cousin & Bony), Collections du *Mobilier national*, URL : <https://collection.mobiliernational.culture.gouv.fr/objet/GMMP-877-001>

30. Le concept « Palme » est défini dans le thésaurus à cette adresse : <https://skosmos.silknow.org/thesaurus/fr/page/763>.

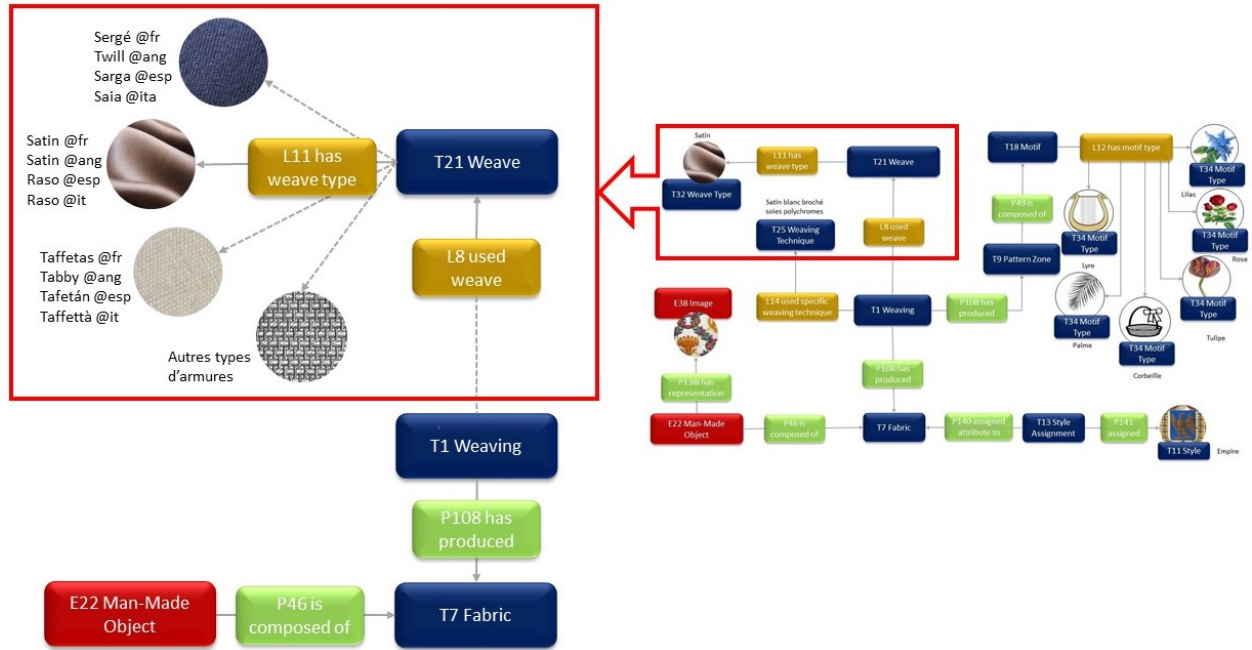


FIGURE 11 – Utilisation de la classe *T32 Weave Type*

visibilité, notamment sur Internet qui est pourtant devenu l’outil de prédilection pour rechercher et découvrir de nouvelles informations. Les technologies du Web sémantique offrent toutefois la possibilité de diffuser plus facilement les données patrimoniales sur la Toile en améliorant leur découvrabilité, mais aussi d’enrichir ces données en les liant à d’autres informations.

Le projet SILKNOW a souhaité exploiter ces potentialités pour valoriser le patrimoine soyeux européen, en développant le moteur de recherche exploratoire ADASilk consacré à ces collections spécialisées. ADASilk est basé sur un graphe de connaissances, dont la création repose sur l’ontologie SILKOW - sous-ensemble de l’ontologie CIDOC CRM et CRMsci. La richesse des métadonnées contenues dans le *Knowledge Graph* nous a également amenés à développer l’extension SILKNOW, modèle conceptuel pour la description des textiles anciens en soie. Nous espérons que cette extension très spécialisée n’est qu’une première étape dans le développement d’une ontologie de domaine pour le patrimoine textile. Nous souhaitons en effet que notre travail, ainsi que la méthodologie que nous avons adoptée, puissent bénéficier à d’autres projets de valorisation patrimoniale sur le Web.

Références

- ACHICHI, Manel et al. *DOREMUS : A Graph of Linked Musical Works*. ISWC : International Semantic Web Conference. Monterey, CA, United States, 2018.
- BELHAJJAME, Khalid et al. *PROV-DM : The PROV Data Model. W3C Recommendation 30 April 2013*. Sous la dir. de Luc MOREAU et Paolo MISSIER. 2013. URL : <https://www.w3.org/TR/prov-dm/>.
- BERETTA, Francesco. « A challenge for historical research : making data FAIR using a collaborative ontology management environment (OntoME) ». *Semantic Web - Interoperability, Usability, Applicability* 12.2 (2021), p. 279-294.
- BRIATTE, Katell. *HADOC. Modèle harmonisé pour la production des données culturelles*. s.l. : Ministère de la Culture et de la Communication, 2012.

- CHRISTEN, Peter. *Data Matching*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2012.
- CLAERR, Thierry (dir.) et Isabelle (dir.) WESTEEL. *Numériser et mettre en ligne*. Villeurbanne : Presses de l'enssib, 2010. DOI : doi.org/10.4000/books.pressesenssib.414.
- CLERMONT, Dominic et al. « Assessing the Semantic Similarity of Images of Silk Fabrics Using Conventional Neural Networks ». *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V.2* (2020), p. 641-648. DOI : doi.org/10.5194/isprs-annals-v-2-2020-641-2020.
- DOROZYNSKI, Mareike, Dominic CLERMONT et Franz ROTTENSTEINER. « Muti-task deep learning with incomplete training samples for the image-based prediction of variables describing silk fabrics ». *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV.2/W6* (2019), p. 47-54. DOI : doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W6-47-2019.
- DOROZYNSKI, Mareike et Franz ROTTENSTEINER. *SILKNOW Image Classification - final version WP6 - Multi-Task Classification (1.0)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5091813>. Consulté : 29 novembre 2021. 2021.
- ESTERMANN, Beat. « Open data et crowdsourcing : un état des lieux du point de vue des musées ». *La Lettre de l'OCIM* 162 (2015), p. 41-46. DOI : doi.org/10.4000/ocim.1597. *Europeana Data Model*. <https://pro.europeana.eu/page/edm-documentation>. Consulté : 17 novembre 2021.
- FORON-DAUPHIN, Nathalie et Delphine CANO. « Le patrimoine des Soieries Bonnet (Jujurieux, Ain) : conserver et valoriser in situ un ensemble unique de l'industrie textile ». *In Situ Revues des patrimoines* 29 (2016). DOI : doi.org/10.4000/insitu.13890.
- FOURNIER, Marianne et al. « Conservation et présentation des lieux et collections de patrimoine textile : l'exemple de la fédération « Transmission du savoir-faire textile en Rhône-Alpes » ». *In Situ Revues des patrimoines* 29 (2016). DOI : doi.org/10.4000/insitu.13463.
- FREIRE, Nuno et al. « Aggregation of cultural heritage datasets through the Web of Data ». *Procedia Computer Science* 137 (2018), p. 120-126. DOI : doi.org/10.1016/j.procs.2018.09.012.
- FREIRE, Nuno et al. « Aggregation of Linked Data in the Cultural Heritage Domain : A Case Study in the Europeana Network ». *Information* 10.8 (2019). DOI : doi.org/10.3390/info10080252.
- GAITÁN, Mar et al. « Towards the Preservation and Dissemination of Historical Silk Weaving Techniques in the Digital Era ». *Heritage* 2.3 (2019), p. 1892-1911. DOI : [10.3390/heritage2030115](https://doi.org/10.3390/heritage2030115).
- GRANT, Alice, Joséphine NIEUWENHUIS et Tony PETERSEN. *International guidelines for museum object information : the CIDOC information categories*. s.l. : ICOM International Committee for Documentation, 1995.
- HEATH, Tom et Christian BIZER. *Linked Data : Evolving the Web into a Global Data Space*. San Rafael, Calif. : Morgan & Claypool, 2011.
- KOCH, Inês, Cristina RIBEIRO et Carla LOPES. « ArchOnto, a CIDOC-CRMBased Linked Data Model for the Portuguese Archives ». *Digital Libraries for Open Knowledge. TPDFL 2020. Lecture Notes in Computer Science*. Sous la dir. de Mark HALL et al. Cham : Springer, 2020, p. 133-146. DOI : doi.org/10.1007/978-3-030-54956-5_10.
- KOHO, Mikko et al. « WarSampo Knowledge Graph : Finland in the Second World War as Linked Open Data ». *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability* 12.2 (2021), p. 265-278. DOI : doi.org/10.3233/SW-200392.
- KRITSOTAKI, Athina et al. *Definition of the CRMsci. An Extension of CIDOC-CRM to support scientific observation. Version 1.2.3*. 2017.
- LE BOEUF, Patrick et al. *Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model. Version 6.2*. 2015. URL : <https://cidoc-crm.org/>.
- LÉON, Arabella et al. « SILKNOW. Designing a thesaurus about historical silk for small and medium-sized textile museums ». *Science and Digital Technology for Cultural Heritage : In-*

- terdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models. Proceedings of the 4th International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage (TechnoHeritage 2019)*. Sous la dir. de Pilar ORTIZ CALDERÓN et al. London : CRC Press, 2019, p. 187-190. URL : https://silknow.eu/wp-content/uploads/Tecnoheritage2019_SILKNOW-Thesaurus.pdf.
- MARDEN, Julia. et al. « Linked open data for cultural heritage ». *Proceedings of the 31st ACM International Conference on Design of Communication - SIGDOC '13. the 31st ACM international conference*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2013, p. 107-112. DOI : doi.org/10.1145/2507065.2507103.
- MASSRI, Beshar et Dunja MLADENIĆ. *Extracting structured metadata from multilingual textual descriptions in the domain of silk heritage*. SiKDD 2020. Conference on Data Mining and Data Warehouses. Ljubjana, 2020. URL : <https://ailab.ijs.si/dunja/SiKDD2020/Papers/06%5C%20-%5C%20Extracting-structured-metadata-from-multilingual-textual-descriptions-in-the-domain-of-silk-heritage.pdf>.
- PAGÁN, Ester Alba et al. « From Silk to Digital Technologies : A Gateway to New Opportunities for Creative Industries, Traditional Crafts and Designers. The SILKNOW Case ». *Sustainability* 12.19 (2020). DOI : [10.3390/su12198279](https://doi.org/10.3390/su12198279).
- PETROV, Julia. *Fashion, History, Museums. Inventing the display of dress*. London : Bloomsbury Academic, 2019.
- PORTALÉS, Cristina et al. « Interactive Tools for the Preservation, Dissemination and Study of Silk Heritage—An Introduction to the SILKNOW Project ». *Multimodal Technologies and Interaction* 2.2 (2018). DOI : [10.3390/mti2020028](https://doi.org/10.3390/mti2020028).
- PUREN, Marie et Pierre VERNUS. *SIKNOW 0.1*. <https://ontome.net/namespace/36>. Consulté : 23 novembre 2021. 2021.
- *Silknow Generic Profile*. <http://ontome.dataforhistory.org/profile/7>. Consulté : 18 novembre 2021. 2021.
- REI, Luis. *SILKNOW Text Classifier Models*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5070696>. Consulté : 29 novembre 2021. 2021.
- SCHLEIDER, Thomas et Raphael TRONCY. « Zero-Shot Information Extraction to Enhance a Knowledge Graph Describing Silk Textiles ». *Proceedings of the 5th Joint SIGHUM Workshop on Computational Linguistics for Cultural Heritage, Social Sciences, Humanities and Literature*. Punta Cana, Dominican Republic (online) : Association for Computational Linguistics, nov. 2021, p. 138-146. URL : <https://aclanthology.org/2021.latechclfl-1.16>.
- SCHLEIDER, Thomas, Raphael TRONCY, Thibault EHRHART et al. « Searching Silk Fabrics by Images Leveraging on Knowledge Graph and Domain Expert Rules ». *Proceedings of the 3rd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia Heritage Contents*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2021, p. 41-49. DOI : [10.1145/3475720.3484445](https://doi.org/10.1145/3475720.3484445).
- SCHLEIDER, Thomas, Raphael TRONCY, Mar GAITAN et al. « The SILKNOW Knowledge Graph ». soumis à *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability*. Mar. 2021. URL : <http://www.semantic-web-journal.net/content/silknow-knowledge-graph-0>.
- STEWART, Tekara Shay et Sara B. MARCKETTI. « Textiles, dress, and fashion museum website development : strategies and practices ». *Museum Management and Curatorship* 27.5 (2012), p. 523-538. DOI : [10.1080/09647775.2012.738137](https://doi.org/10.1080/09647775.2012.738137).
- SULS, Dieter. « Europeana Fashion : Past, present and future ». *Libraries Journal* 42.3 (2017), p. 123-129. DOI : doi.org/10.1017/alj.2017.18.