

SeWin 2022

Ontologie de jumeau numérique d'entités du patrimoine culturel

Béatrice Markhoff



Plan

- Jumeau numérique
 - d'entreprise
 - du Linked Open Data
- Documentation numérique du patrimoine culturel
- CIDOC CRM et ses extensions
- Proposition
- Conclusion

Jumeau comme modèle de calcul numérique

- Par « jumeau numérique » (en anglais « digital twin ») on peut comprendre modèle de « calcul numérique » ou d'« analyse numérique » (en anglais « numerical » analysis et non pas « digital » analysis)
- **Analyse numérique** : discipline à l'interface de l'informatique et des mathématiques permettant de résoudre par des calculs purement numériques des problèmes d'analyse mathématique, bases de **modèles des sciences physiques et de l'ingénierie** Wikipedia, consulté le 12/09/2022
 - par exemple les modèles de **comportement mécanique de matériaux**, les modèles d'**objets 3D**, les modèles d'**apprentissage automatique**, etc.

Comportement temps réel, capteurs

- Il y a dans la littérature sur les jumeaux numériques le fait que le jumeau numérique de l'objet du monde réel repose sur un modèle de calcul numérique puisqu'il est capable de **simuler le comportement** observable de l'objet, en **temps réel**
- La notion de temps réel vient du fait que le jumeau est connecté à l'objet réel et à son environnement par des flux de données issues de **réseaux de capteurs**. « **The physical collects and stores real time data that are sent to digital copy for processing.** » Wikipedia, consulté le 12/09/2022
- Inversement, le jumeau peut envoyer des données ou déclencher des actions sur l'objet du monde réel. « **The digital twin is characterised by a bi-directional data flow between the digital and the physical.** » Wikipedia, consulté le 12/09/2022

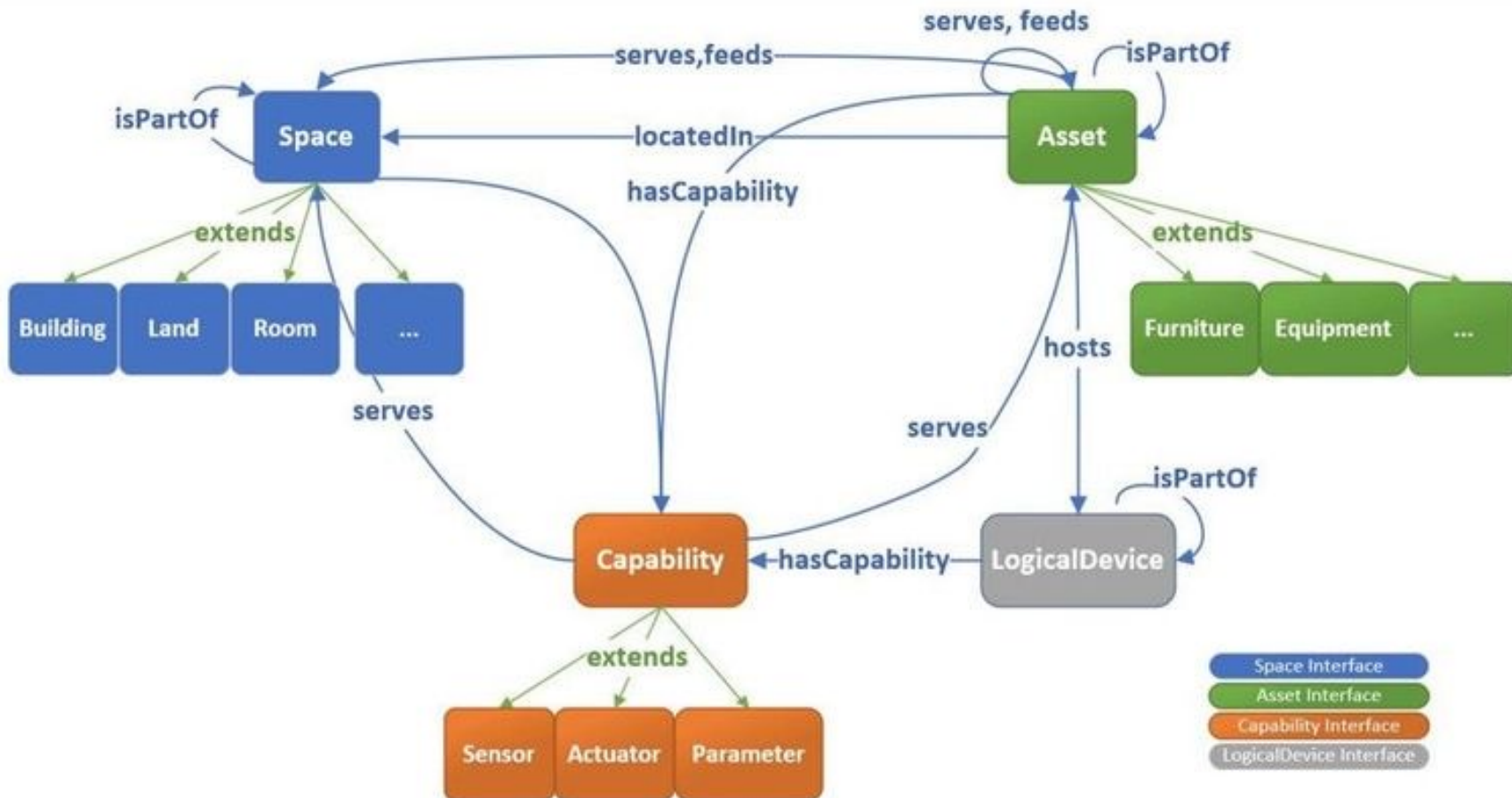
Autres types de connaissances et de modèles

- Mais le jumeau ne se réduit pas seulement à un modèle de calcul numérique, fût-il connecté à des réseaux de capteurs
- Il est aussi **quelque chose qui articule ce type de connaissance avec d'autres types de connaissance**
- Pour cela il peut être fait appel au domaine de la **représentation, gestion et exploitation des connaissances**, un domaine de l'IA dont les objets d'étude actuels sont les graphes de connaissances
- Ce domaine repose sur des **modèles symboliques**, les ontologies informatiques (même si des méthodes d'apprentissage s'appliquent ensuite sur ces représentations)

Exemple : Microsoft Azure Digital Twin

- Pour créer un jumeau numérique (instance, ou graphe jumeau) il faut d'abord avoir un *modèle de type de jumeau ou* « Twin Type Model »
- Le langage pour définir un tel modèle s'appelle **DTDL**
- Un “Twin Type Model” est un ensemble **d'Interfaces** avec des **Relationships**
- **Interface**: regroupe tout le contenu (Properties, Telemetries, Commands, Relationships, Components) d'un jumeau numérique. Un jumeau numérique (DT) a une et une seule interface, l'interface en DTDL est un peu comme une **classe**
- *contents*: relation entre une interface (DT) et chacun de ses éléments
- *extends*: sorte de relation de sous-classe à l'envers (au max 2 super-classes)
- *schemas* : types de données (Array, Enum, Map, Object), réutilisés entre Properties, Telemetries, et Commands

Exemple de Twin Type Model



Microsoft Azure Digital Twin - relations

- **Relationship**: lien vers une autre interface (DT)
 - ex. locatedIn est une relationship entre les interfaces Asset et Space
 - Une relationship peut avoir des propriétés (par exemple des dates)
- **Component**: interface incluse dans une autre interface “par valeur”; un component ne peut pas contenir un autre component (c’est une interface “atomique”), pour éviter des cycles

Microsoft Azure Digital Twin – jumeau **agent**

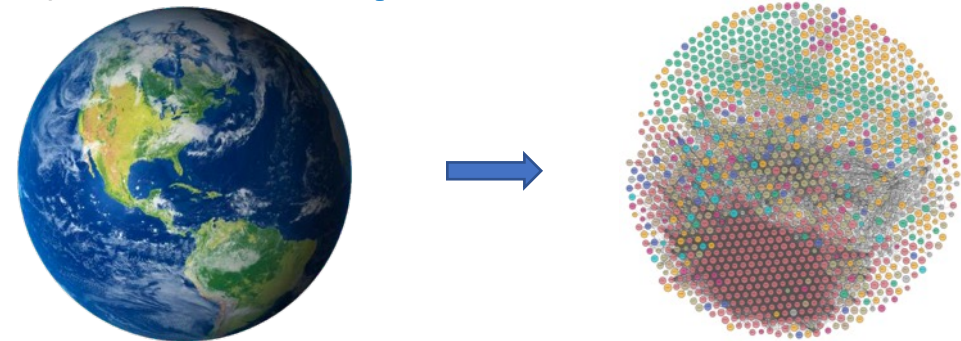
- **Telemetry**: données émises par l'interface (flux d'événements, données à courte durée de vie, différentes des données qui définissent l'état du jumeau (DT))
- **Property**: équivalent des *data* properties dans OWL ; définit **l'état interne** du jumeau, dont la valeur peut être modifiée par d'autres éléments du système dans lequel le jumeau est impliqué
- **Command**: fonction qui peut être réalisée sur n'importe quel jumeau
 - *Request*: description des entrées
 - *Response*: description des sorties
- **"Semantic Types"**: ensemble de types de données standard pour les instances de Telemetry et Property qui correspondent à des mesures : Acceleration, Angle, Datasize, Distance, etc.
- Il est prévu un traceur **data history** pour historiser automatiquement les différents états du jumeau (mises à jour des properties).

Microsoft Azure Digital Twin – utilisation

- Par exemple avec l'outil **3D Scene Studio**
- Permet d'enrichir un modèle 3D existant avec des visualisations conçues à partir des données d'un graphe de jumeau numérique (instance d'un Twin Type Model)
- Une “scène” se compose de contenu 3D, de règles métiers internes et de références à une instance de jumeau numérique.
- Il peut exister de multiples scenes pour une même instance de jumeau.

Représentation, gestion et exploitation des connaissances

- Ingrédients : **graphes de connaissances**, **ontologies informatiques**, **terminologies** (taxonomies, thésauri), **Linked Open Data**



- Liens forts avec la **linguistique**, car nous passons par le langage naturel pour exprimer et échanger nos connaissances
- Partage d'une part de concepts, méthodes et outils avec le domaine de la **représentation, gestion et analyse de données**

Représenter et exploiter les LIENS

- Le jumeau numérique est in fine **un système d'exploitation de tout un ensemble de connaissances** sur l'objet du monde réel
- La **représentation intégrée** de cet ensemble de connaissances (les modèles numériques, programmes, données, et surtout les **liens** entre tout cela) conditionne son existence et ses utilisations
- Une ontologie est aussi un support pour l'**interdisciplinarité** (**collaboration** de plusieurs disciplines sur un **objet d'étude commun**)

Documentation numérique du patrimoine culturel

- CAA (Computer Applications and quantitative methods in Archaeology) et ses évolutions
- Bases de données relationnelles
- Systèmes d'Information Géographiques – positions et relations spatiales
- Moins “mainstream” : le Logicisme de Jean-Claude Gardin
- Des modèles conceptuels aux ontologies
- Linked Open Data
- Numérisations, images et modèles 3D

Postulat pour l'ontologie de jumeau numérique du patrimoine

- L'essentiel est déjà modélisé dans :
 - Le CIDOC CRM
 - Ses diverses extensions
 - Des propositions existantes qui sont alignées sur le CIDOC
 - Les thésauri qui viennent compléter le tout
- Il ne manque que le moyen de parler du tout, quelque chose qui relie toutes les parties
 - qui ait un état, pour pouvoir modéliser son évolution
 - Qui ait un “comportement” (?)

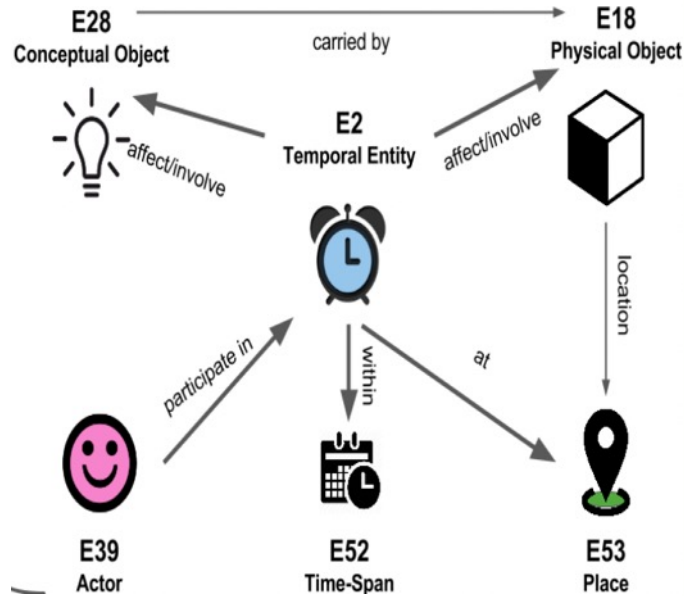
CIDOC CRM The CIDOC Conceptual Reference Model

- Conceptual Reference Model supported by CIDOC (International Committee for Documentation of ICOM, the International Council of Museums)
- CRM SIG (Special Interest Group)



- Developed by the **CRM Special Interest Group of the International Committee for Documentation (CIDOC)** of the International Council of Museums (ICOM), following an initiative of ICS-FORTH, Heraklion, Crete.
- a **top level ontology** describing the underlying semantics of over a hundred database schemata and structures from all museum disciplines, archives and libraries.
- Recognized **ISO Standard** since 2006 (ISO21127:2006); renewed 2014
- the **result of 20 years** of interdisciplinary work and agreement
- a **generic model of recording of “what has happened”** in human scale
- **generates huge, meaningful networks of knowledge by a simple abstraction:** history as meetings of people, things and information.

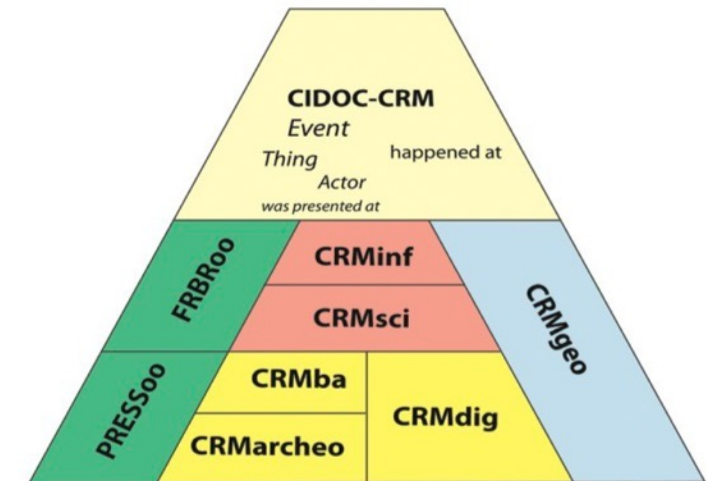
CIDOC CRM



Type	Top Level Ontology
Scope	Cultural Heritage and E-Sciences
Classes	90+-
Relations	150+-
Version	6
Maintained by	CIDOC CRM SIG
Official Extensions	8
Access	http://www.cidoc-crm.org/



CIDOC-CRM family of Models

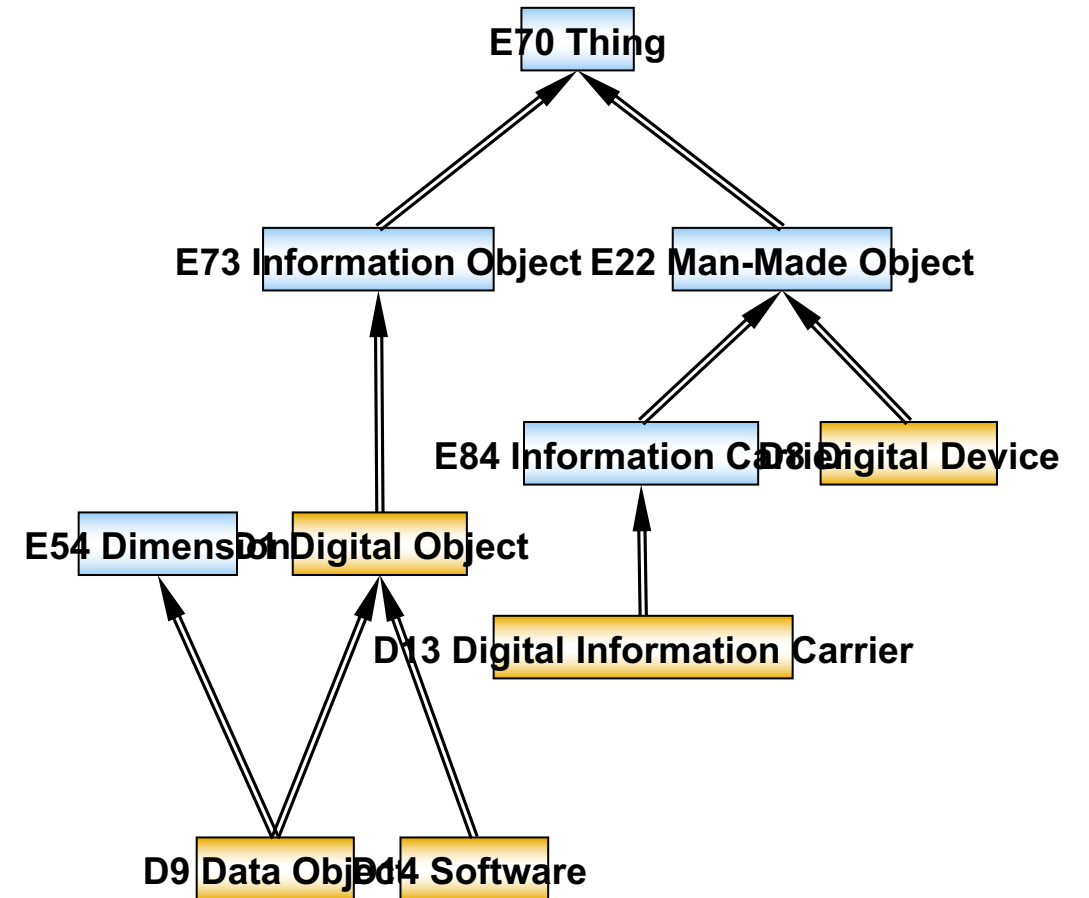
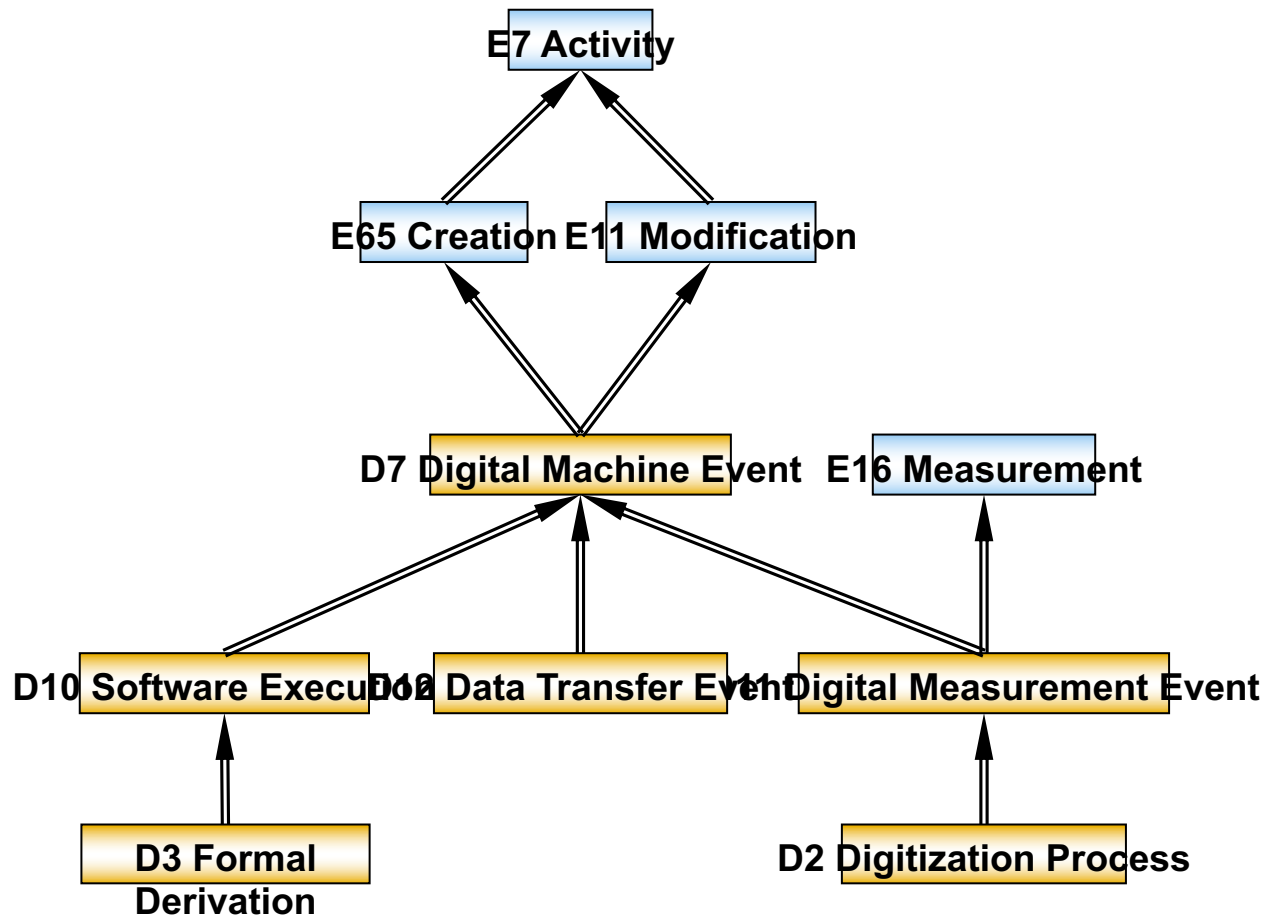


CRMsci

- Description d'observations scientifiques
 - The human *observer*
 - The *object* of observation (a “thing”, “something”, a process or a state?),
 - The observation *hypothesis* (choice of parameters),
 - The *identity* of the object, if any,
 - The *environment*, time and location
 - The *condition* of the thing,
 - The instrumentation and *method* used
 - The identity, authenticity and transmission of the produced *records*
 - The *inference making*

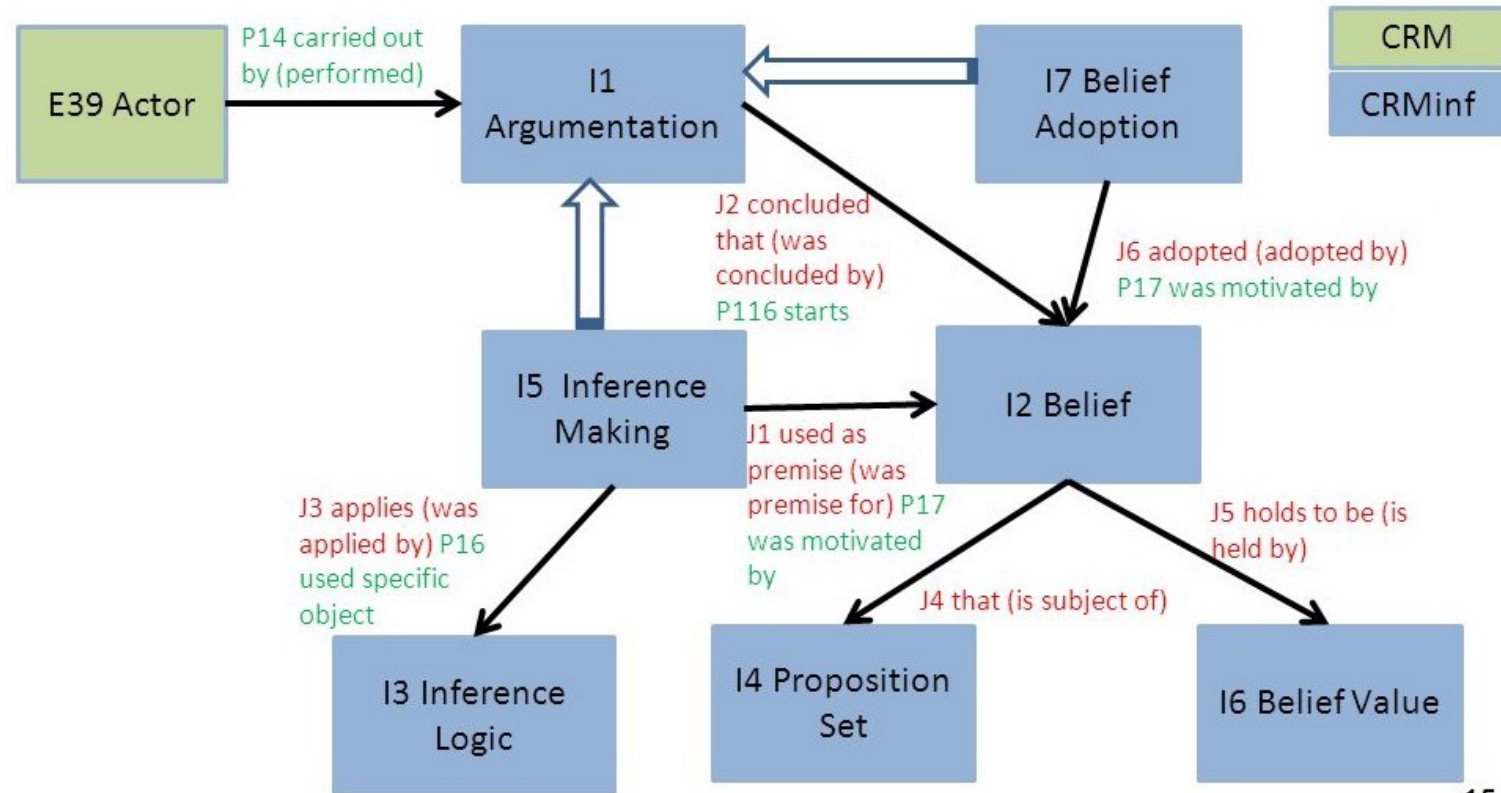
CRMdig

Objets et services numériques, provenance...



CRMInf

- Argumentation, processus d'inférence



[Stephen Stead, 2017]

NOnt

[1] Meghini, Carlo, Bartalesi, Valentina, and Metilli, Daniele. ‘Representing Narratives in Digital Libraries: The Narrative Ontology’. Semantic Web, vol.12, no. 2, pp. 241 – 264, 2021.

[2] Bartalesi, V.; Meghini, C.; Metilli, D. [A conceptualisation of narratives and its expression in the CRM](#). Int. J. Metadata Semant. Ontol. 2017, 12, 35–46, <https://doi.org/10.1504/IJMSO.2017.087692>

Table 4

Mapping of NOnt classes with reference ontologies

Class	Linked class
Nrt	subclass of E73 Information Object
Fab	subclass of E4 Period
Nar	subclass of F14 Individual Work
Ev	equivalent to E5 Event
MObj	subclass of F22 Self-Contained Expression
MOFrag	subclass of F23 Expression Fragment
Interval	equivalent to Proper Interval of OWL Time and to E52 Time-Span

Table 5

Mapping of NOnt properties with reference ontologies

Property	Linked property
FN	subproperty of P148 has component
FE	subproperty of P9 consists of
Cont	subproperty of R9 is realised in
OF	subproperty of R15 has fragment
Ref	subproperty of P129 is about
EP	subproperty of P9 consists of
EC	superproperty of P15 was influenced by
ETI	equivalent to P4 has time-span
EPartic	equivalent to P12 occurred in the presence of
EPlace	equivalent to P7 took place at

Exemple : portrait de Caterina Cornaro

Point de vue

Histoire de l'art

- Toile clouée, probablement une découpe d'une plus grande
- Un livre fameux sur Le Titien mentionne une toile perdue représentant Caterina Cornaro en veuve

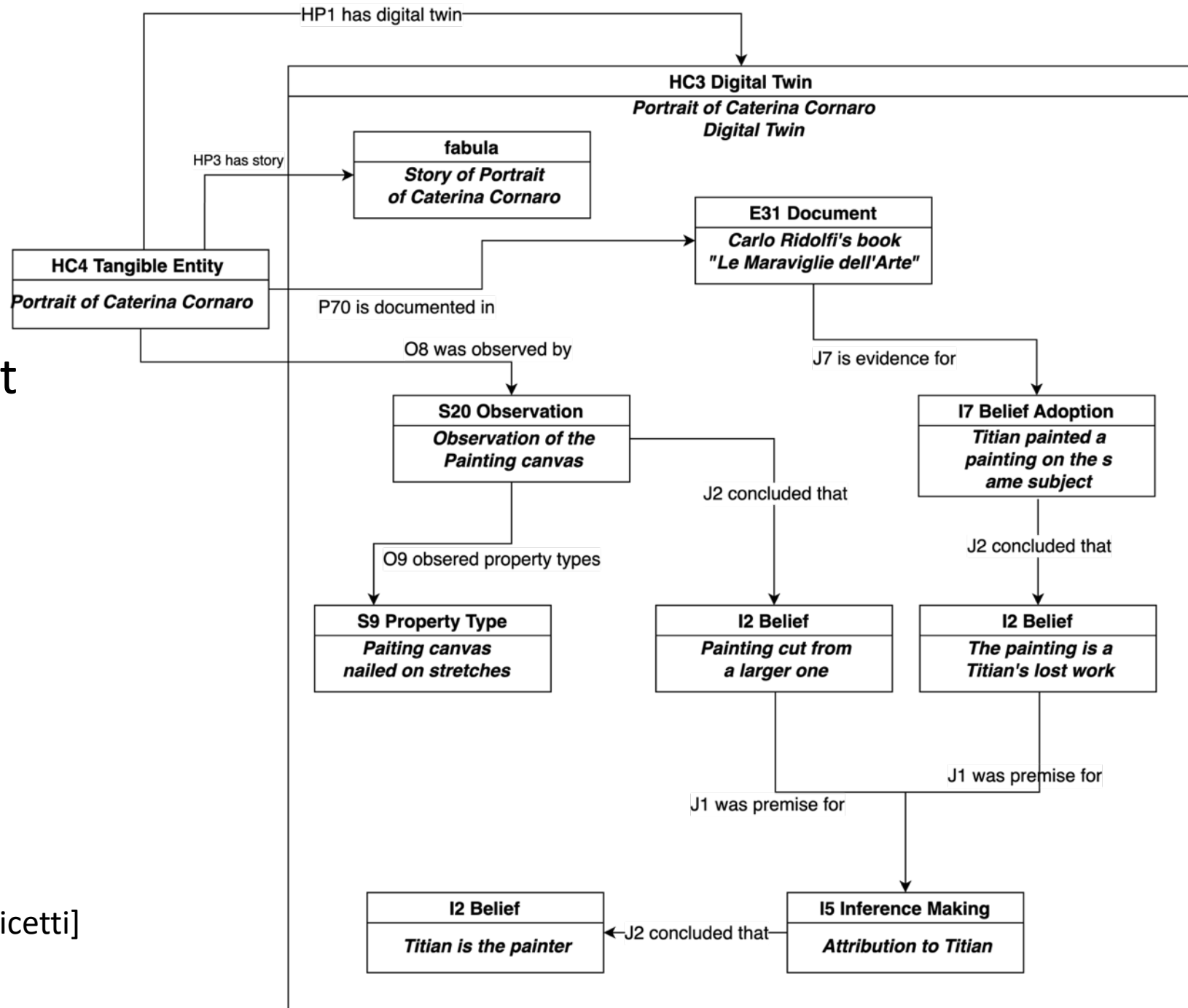
Point de vue science du patrimoine

- Une analyse spectroscopique (description des conditions techniques) a identifié tous les pigments utilisés : il y a par exemple du “blanc de plomb”, caractéristique des peintures de la Renaissance
- Une image par rayons X montre des zones plus claires, également associées par les experts à des matériaux lourds

Exemple

Point de vue

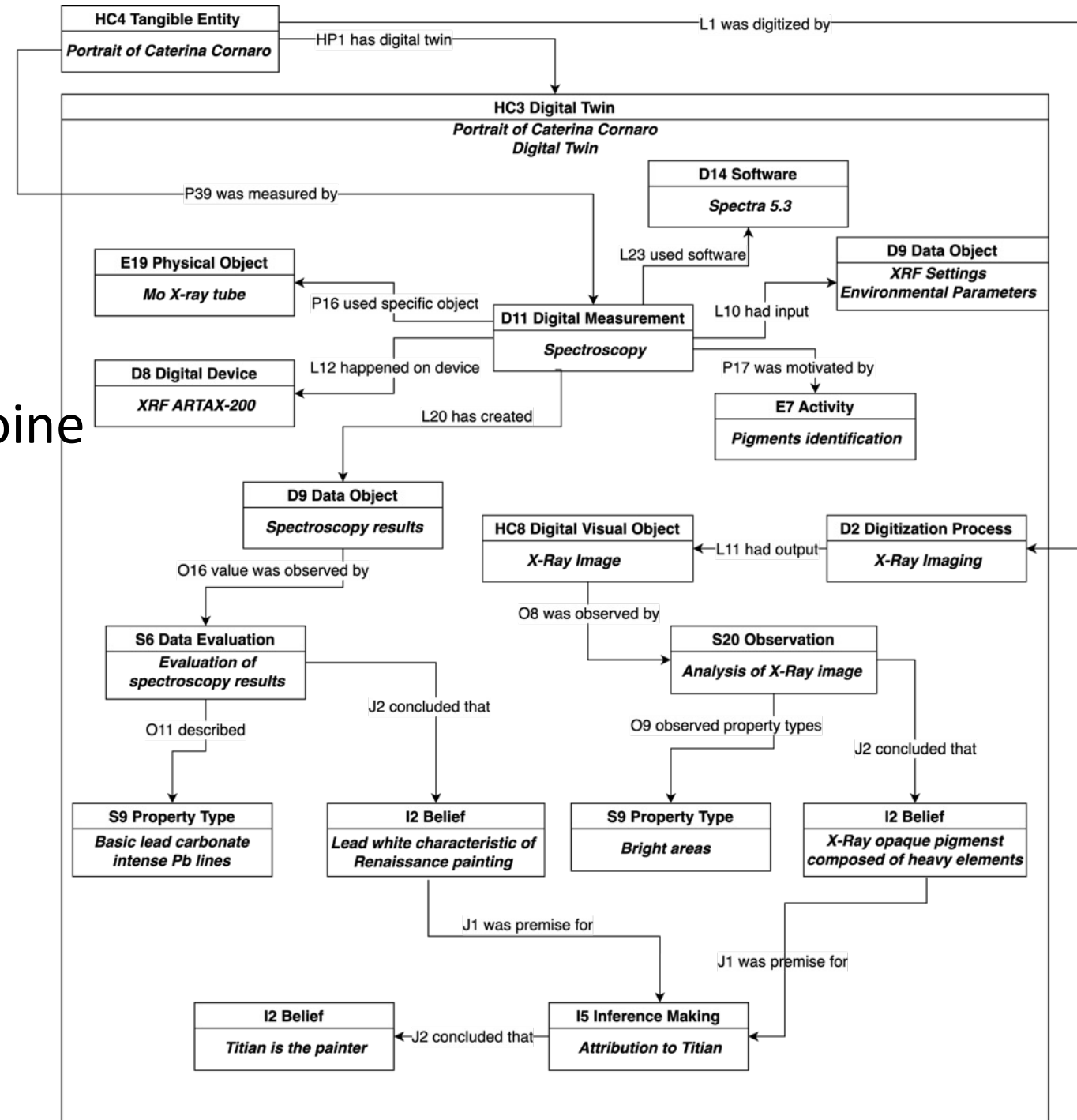
Histoire de l'art



[Schéma de Achille Felicetti]

Exemple bis

Point de vue
Sciences du patrimoine



[Schéma de Achille Felicetti]

Un jumeau pour les rassembler tous - classes

- Heritage Entity
 - Tangible Entity
 - Intangible Entity
- Heritage Digital Twin
- Virtual Asset
 - Document
 - Visual Object
 - 3D Model

Relations décrivant des entités du patrimoine

- has digital twin (is digital twin of)
 - HE -> HDT
- has story (is story about)
 - HE -> nont:Fabula
- has visual representation (is visual representation of)
 - HE -> VO

ex. une église -> une photo (numérique), ou une visite virtuelle

+ propriétés similaires :

crmdig:L1 was digitized by (HE -> 3D Model)

crm:P70 is documented in (HE -> Document)

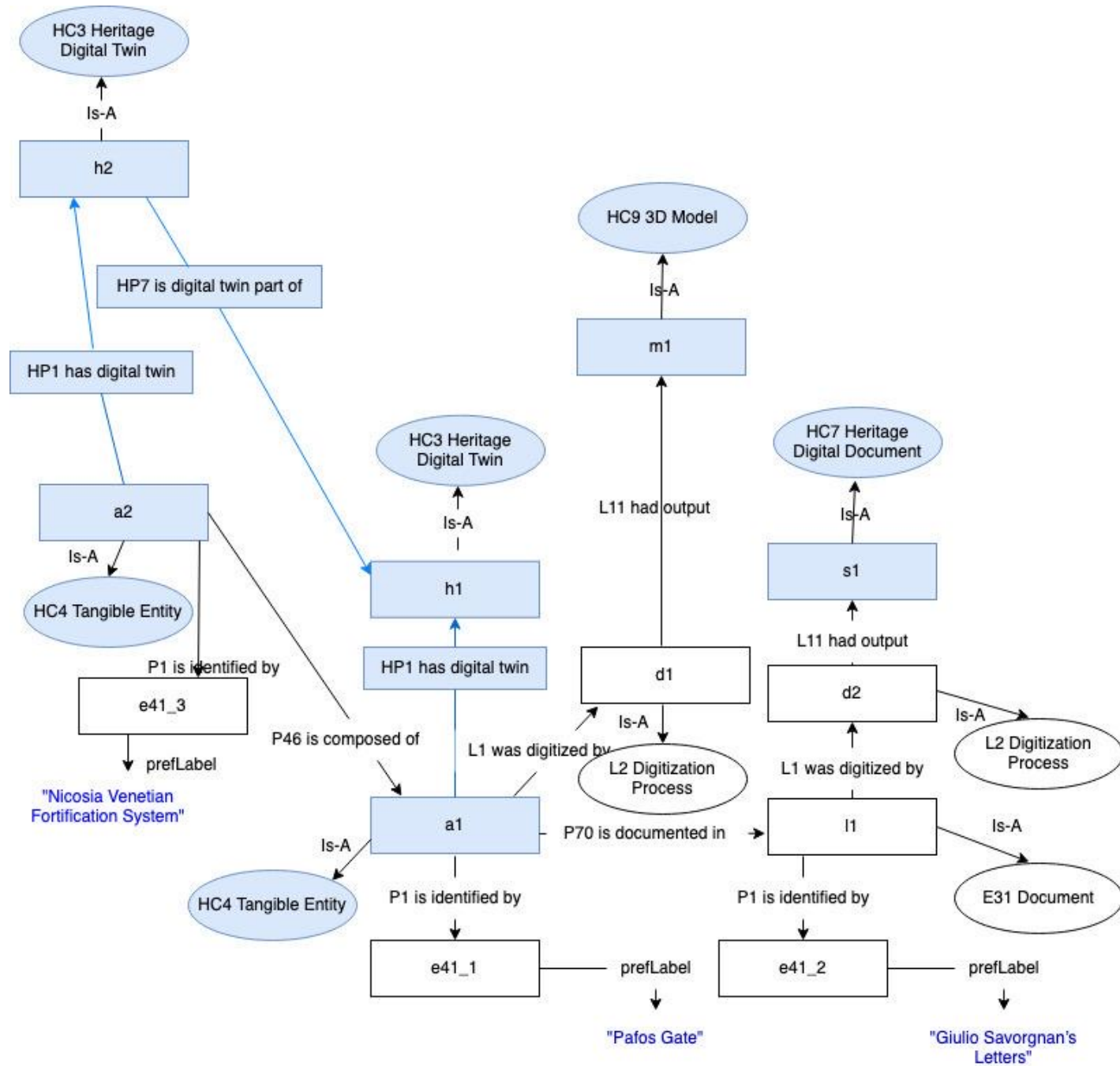
Relations décrivant des entités tangibles ou intangibles

- has intangible aspect (is intangible aspect of)
 - TE -> IE
ex. une église -> le pèlerinage qui lui est associé
- is manifestation of (is manifested by)
 - TE -> IE
ex. un graffiti dévotionnel dans une église -> le pèlerinage associé à cette église
- has manifestation event (event is manifestation of)
 - IE -> crm:E5 Event
ex. un pèlerinage -> celui qui a eu lieu à la date t

Relations décrivant un jumeau / une histoire

- is digital twin component of (has digital twin component)
 - HDT -> HDT
 - ex. jumeau du patrimoine UNESCO “grandes villes d’eau d’Europe” (11 villes) -> jumeau de Vichy – station thermale internationale
- narrates (is narrated through)
 - nont:Narration (VA) -> nont:Fabula
 - ex. un document, ou une vidéo -> l’histoire racontée
- tells about (is told by)
 - nont:Fabula -> crm:E5 Event
 - ex. histoire d’une église -> un événement précis de cette histoire

Exemple



Conclusion : “work in progress”

- Contenu du jumeau numérique
 - Très peu de classes et propriétés sont nécessaires
 - Quand on peut reposer sur un éco-système déjà riche (ontologies et thésauri)
- “Comportement” du jumeau numérique (jumeau comme agent)
 - Reste à définir dans le contexte du patrimoine culturel
- Utilisation
 - Idem exemple fourni par Microsoft Azure : plutôt que mettre toutes sortes d’informations dans BIM (solution “H-BIM”), permettre aux applications d’utiliser conjointement BIM et son modèle 3D, plus quantité d’autres informations.

SeWin 2022

Merci

Béatrice Markhoff

