

Let's imagine you 'touch' history



Eglise
Saint-Similien



Sai...

SAINTE-SIMILIEN SUR LA MAGUETTE SAINTE-SIMILIEN DE PIERRE-AUGUSTE
SAINTE-SIMILIEN DE PIERRE-AUGUSTE



KLM for Heritage

Vers une humanisation de l'industrie par les connaissances patrimoniales

ou

Comment considérer le patrimoine comme pilier de connaissances pour construire un futur durable

Soutenance Habilitation à Diriger les Recherches - 8 décembre 2017
Florent Laroche, Maître de conférences, Ecole Centrale de Nantes

Sommaire

1

Mes parcours

2

Objectifs de recherche

3

Focus sur les contributions majeures

4

Mon projet de recherche

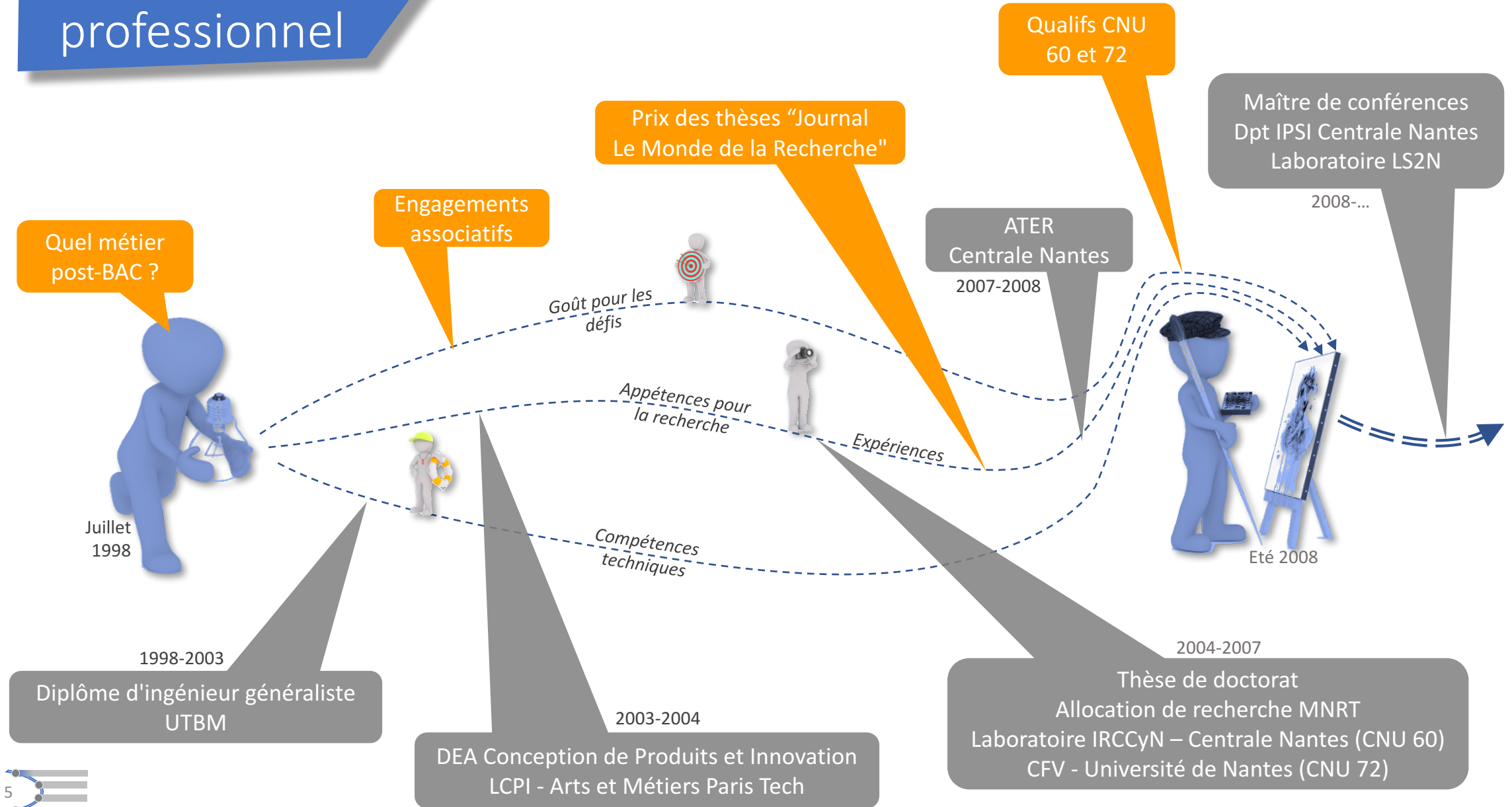
CONTENT



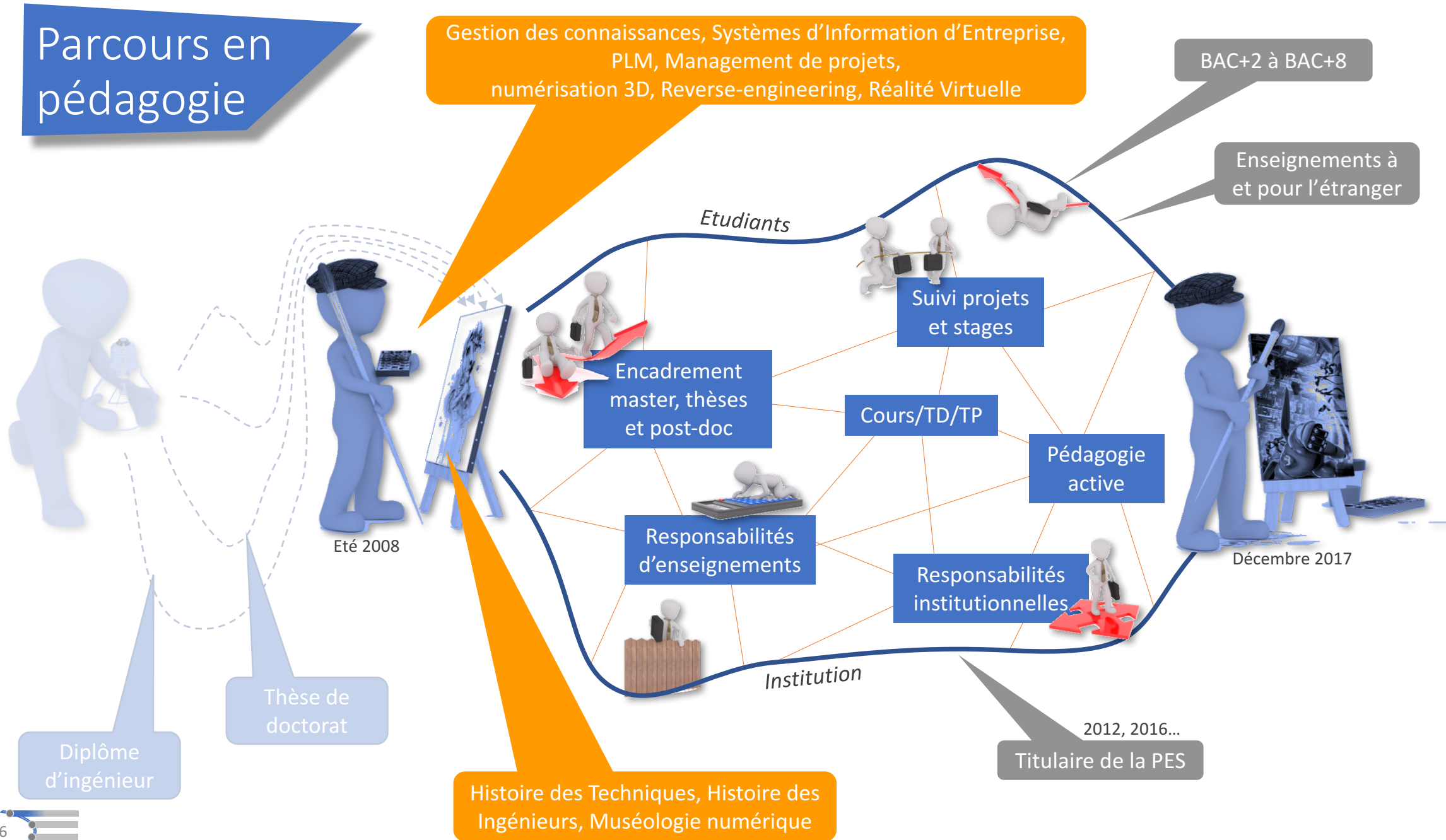
A chacun son parcours
professionnel



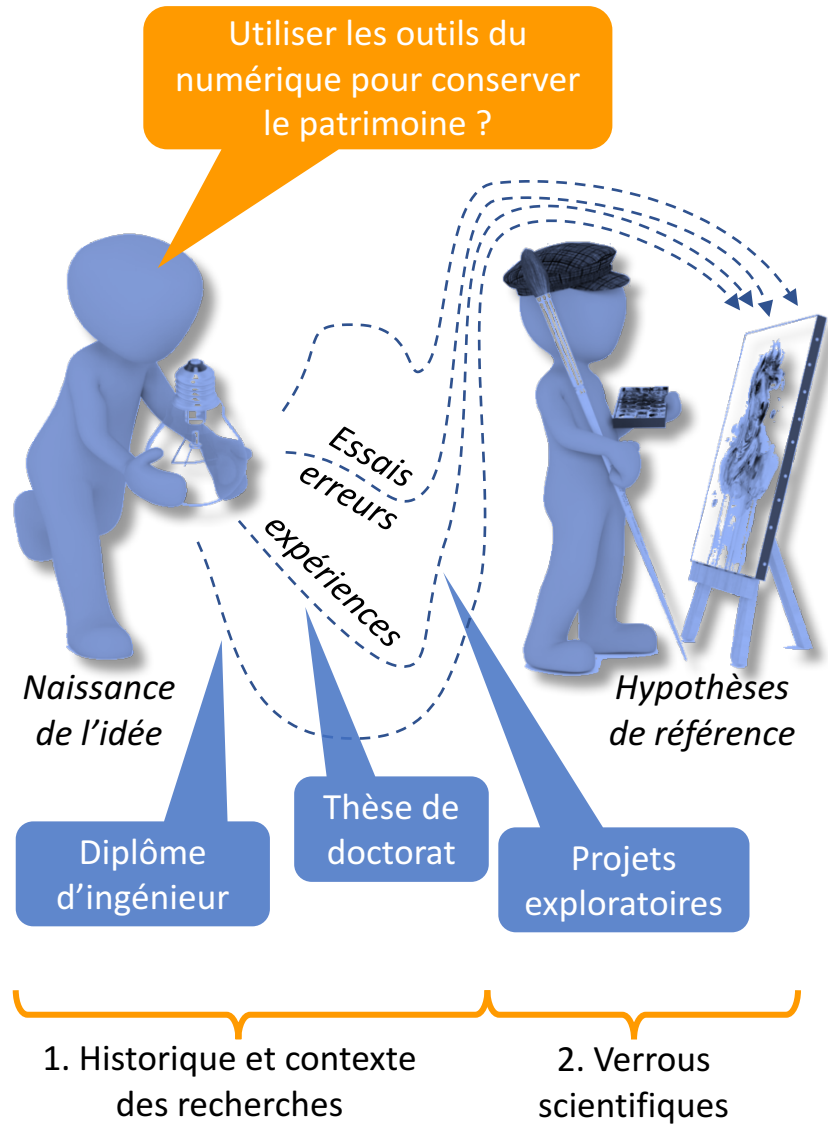
Parcours professionnel



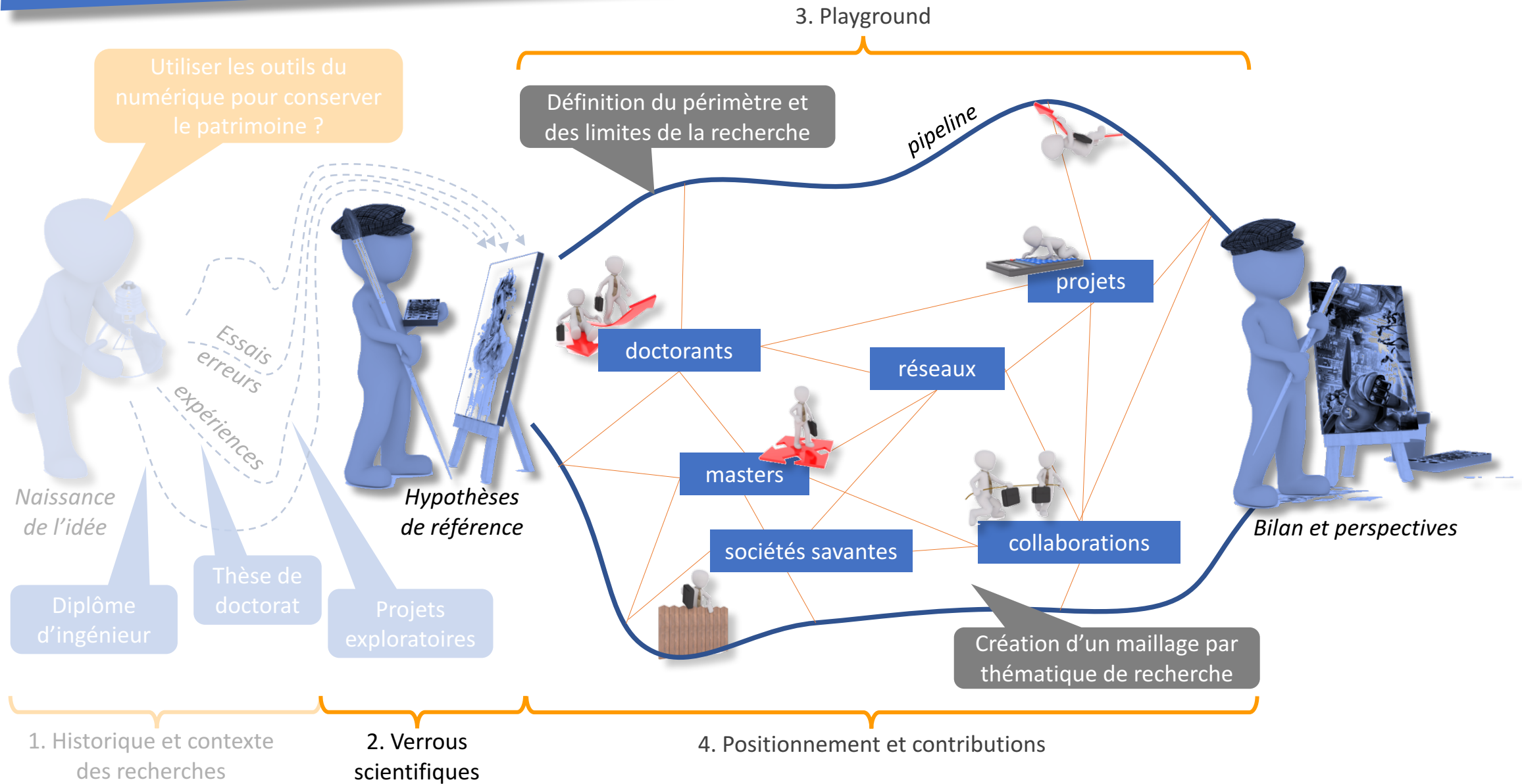
Parcours en pédagogie



Parcours scientifique



Parcours scientifique



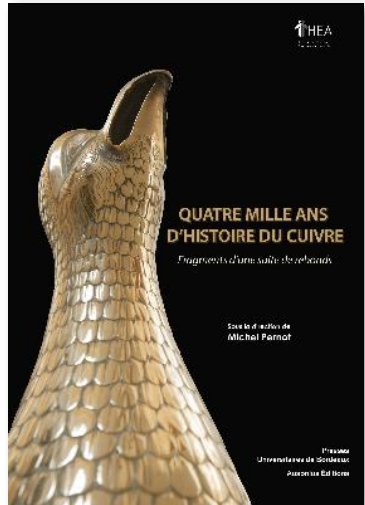
Bilan recherches



Prix Nantes1900



[Guillet, Courtin, Laroche, Kerouanton 2015]



[Lassalle, Arvieu, Laroche 2017]

- 10 thèses de doctorat (dont 6 soutenues)
+ 2 post-doctorants
- 8 jurys de thèses

Reviewer (revues et conférences internationales)

Fédérations / Sociétés savantes :
- 4 réseaux régionaux
- 6 réseaux nationaux (GDR-MACS, S.mart, Consortium3D...)
- 2 réseaux internationaux (CIRP, ICOMOS)

Implication dans la communauté scientifique

13 conférences internationales /nationales
comme chairman, co-chairman ou co-organisateur

Responsabilités scientifiques de projets :
- 16 contrats européens, ANR, région, institutions ou industriels (budget cumulé 1,5 M€)
- ANR www.reseed.fr : coordinateur scientifique, 4 ans, 8 partenaires, budget 1,5 M€

Bilan valorisation de la recherche

Plus de 200 communications, soit 14 / an :

- 19 revues internationales et 16 revues nationales dont 14 revues à facteur d'impact de 0,71 à 5,02
- 19 chapitres d'ouvrages
- 1 livre en tant qu'éditeur
- 51 conférences internationales et 26 conférences nationales (avec comité de lecture et actes)
- 72 keynotes ou conférences et séminaires invités

Valorisation

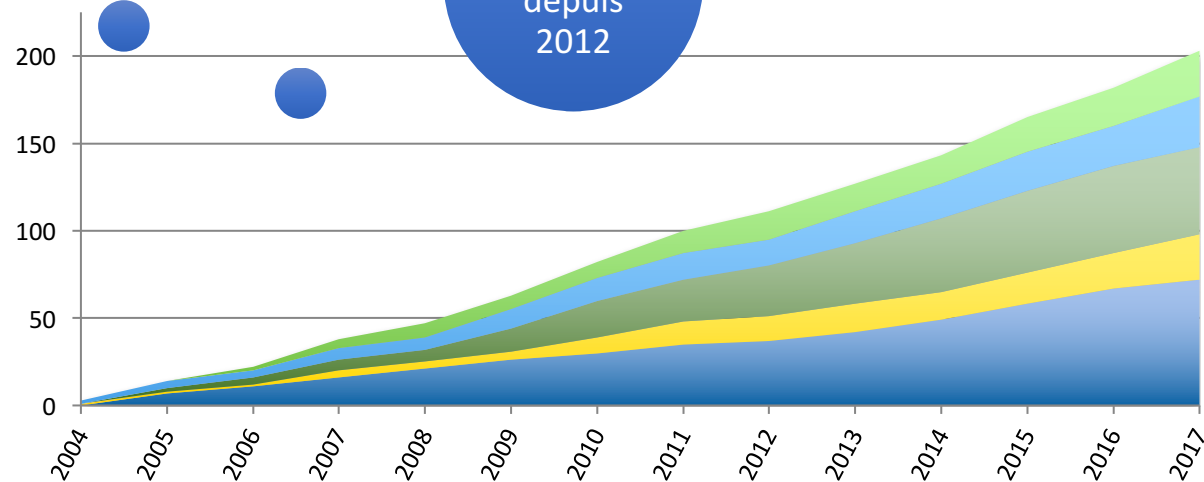
H-Index : entre 12 et 18 selon l'indicateur


8 prix et distinctions : papers award, thèses ou projets

1 dépôt de brevet logiciel en cours

Titulaire de la PES depuis 2012

- Revues et ouvrages internationaux
- Revues et ouvrages nationaux
- Conférences internationales avec actes
- Conférences nationales avec actes
- Conférences sans acte



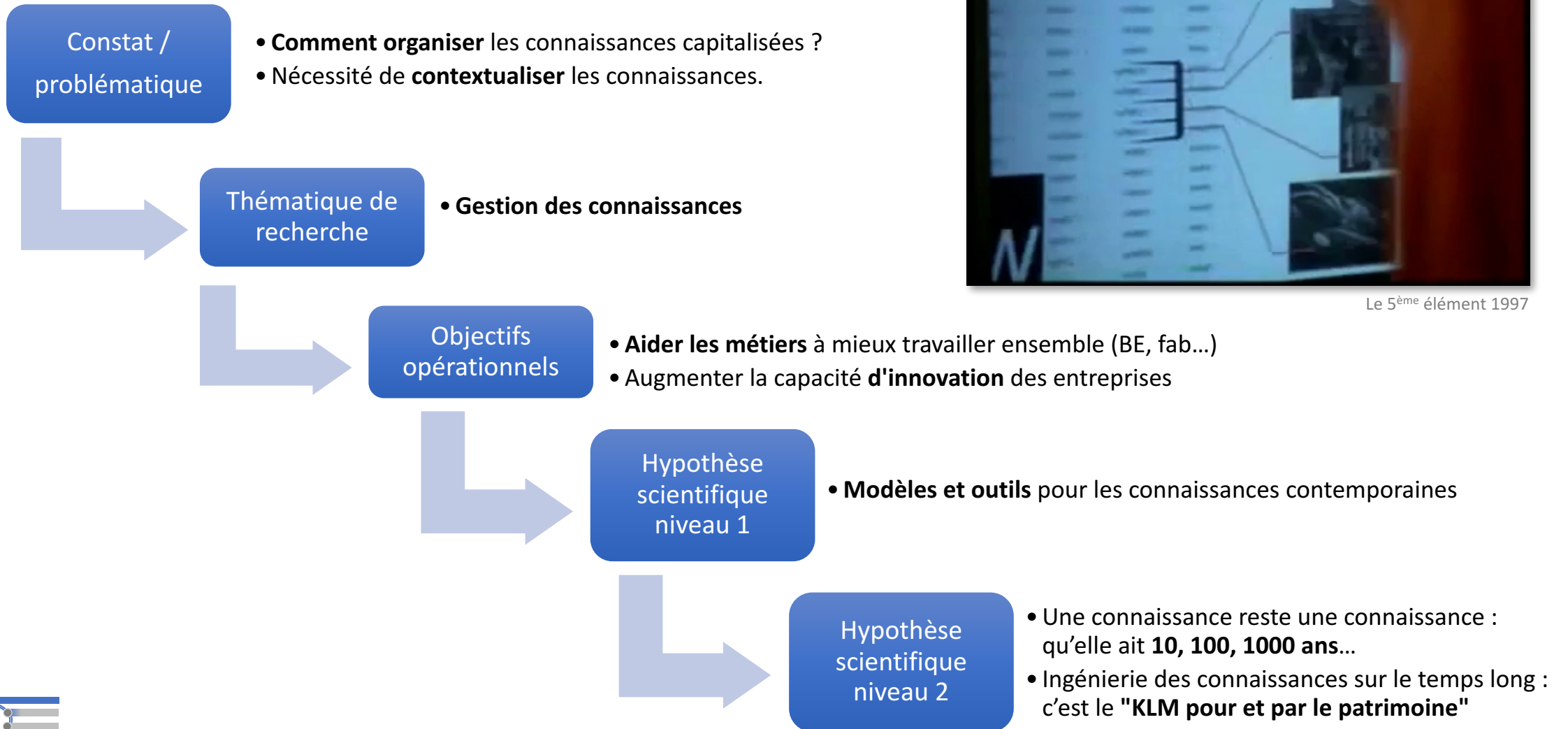


Vers un patrimoine numérique...



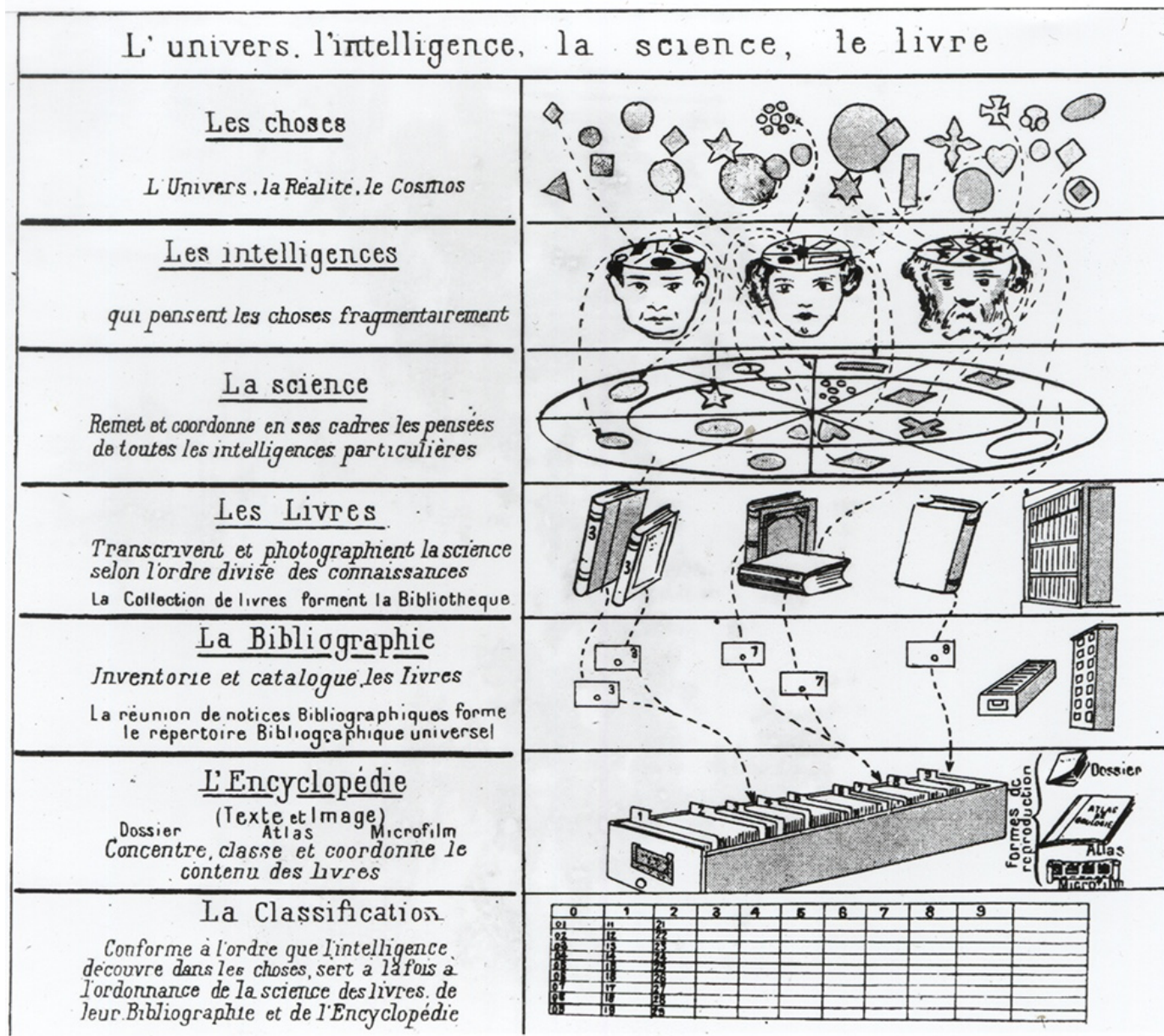
1^{ère} question de recherche...

Verrou scientifique n°1 : *Vers des connaissances numériques ?*



Une réponse...
...le Mundaneum

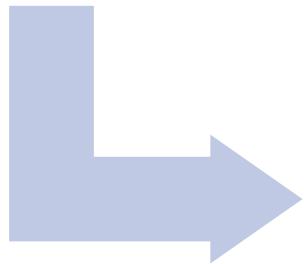
[Paul Otlet 1895]



Verrou scientifique n°2 : *Entre représentations réelle et virtuelle des connaissances ?*

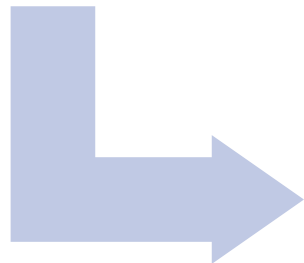
Constat /
problématique

- « On est bien loin de l'usine et de l'atelier, du bruit et de la poussière, de la fatigue et de la sueur, de la fureur des luttes et de la violence des rapports sociaux... » [Paul Rasse]



Objectifs
opérationnels

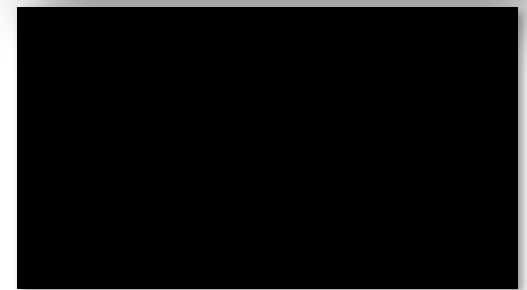
- « Des maquettes réelles aux maquettes virtuelles »
- « Du musée réel au musée virtuel »



Hypothèse

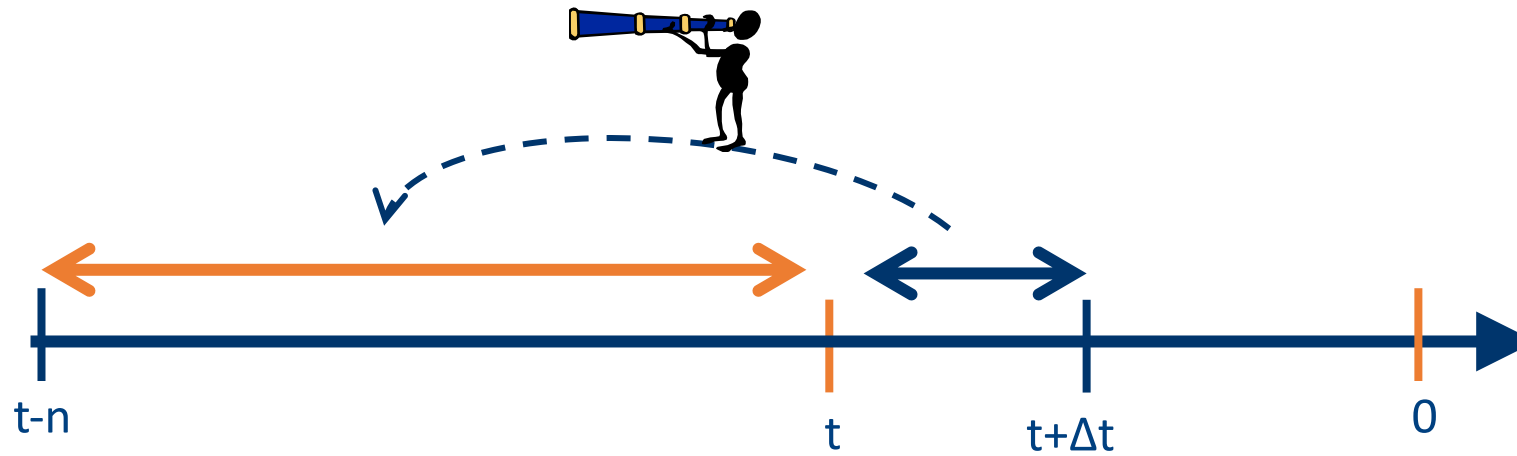
- Digitaliser les collections patrimoniales... et les musées ?

Musée des Arts-et-Métiers, Paris



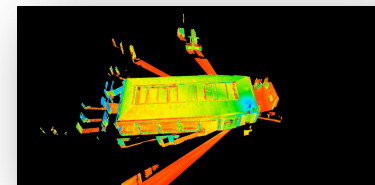
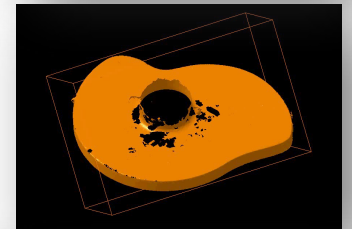
Minority report 2002

Hypothèse : *Digitaliser notre patrimoine ?*



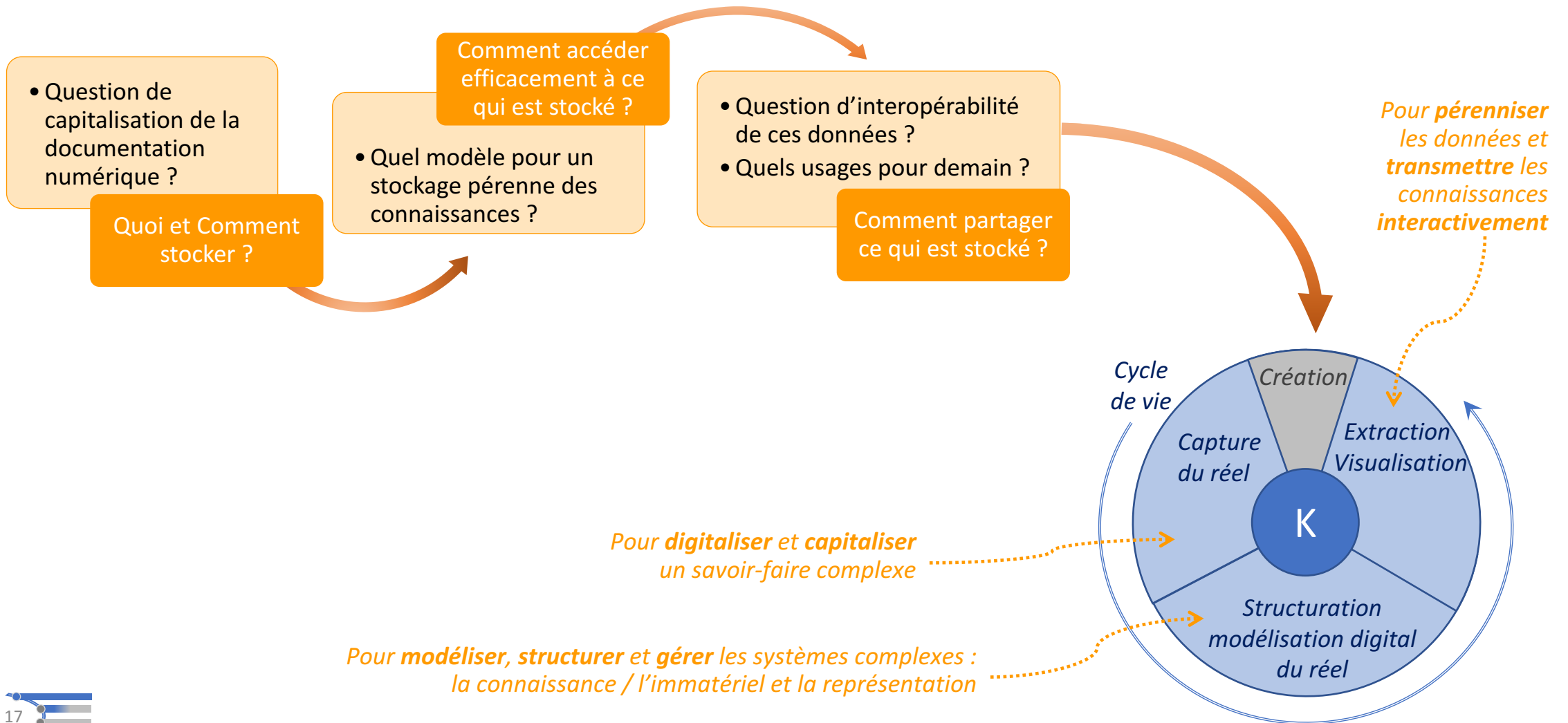
Quand le Génie Industriel aide notre patrimoine industriel [Cotte & al 2002]

- ❑ Renverser l'axe des temps de la conception en utilisant les outils de l'ingénierie virtuelle
→ processus méthodologique / rigueur technique
(Outils métiers = CAO, CG, 4D, 5D, numérisation 3D, réalité virtuelle, web, IA...)
- ❑ En permettant une utilisation pérenne des connaissances acquises
(Supports = Bases de données, ontologies, SIG, BIM...)



Synthèse des problématiques

- ✓ Champ de recherche → Cycle des connaissances
- ✓ Le cercle vertueux du « KLM for heritage »



Positionnement disciplinaire Contributions scientifiques

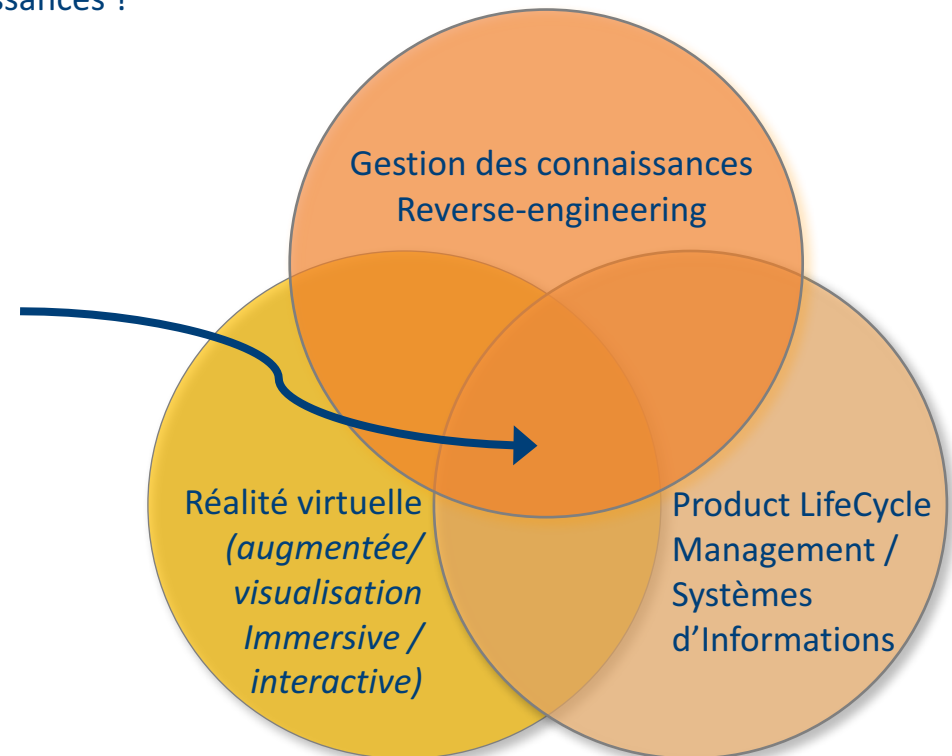
Apports scientifiques :

- ✓ Quels **modèles** et outils de structuration de la **connaissance multi-échelles** (multi-spatial et temporel) ?
- ✓ Comment intégrer l'**humain** et les **contextes** dans les modèles ?
- ✓ Comment assurer un **couplage** de l'environnement virtuel (**3D**) et des **connaissances** ?
- ✓ Quelle capacité à extraire et analyser **automatiquement** les connaissances ?
- ✓ Comment contribuer à l'évolution des **technologies du virtuel** ?

Verrous scientifiques :

1. Adéquation des outils aux utilisateurs
2. Opérationnalisation du processus global de patrimonialisation

*Interdisciplinarité de mes
travaux de recherche*



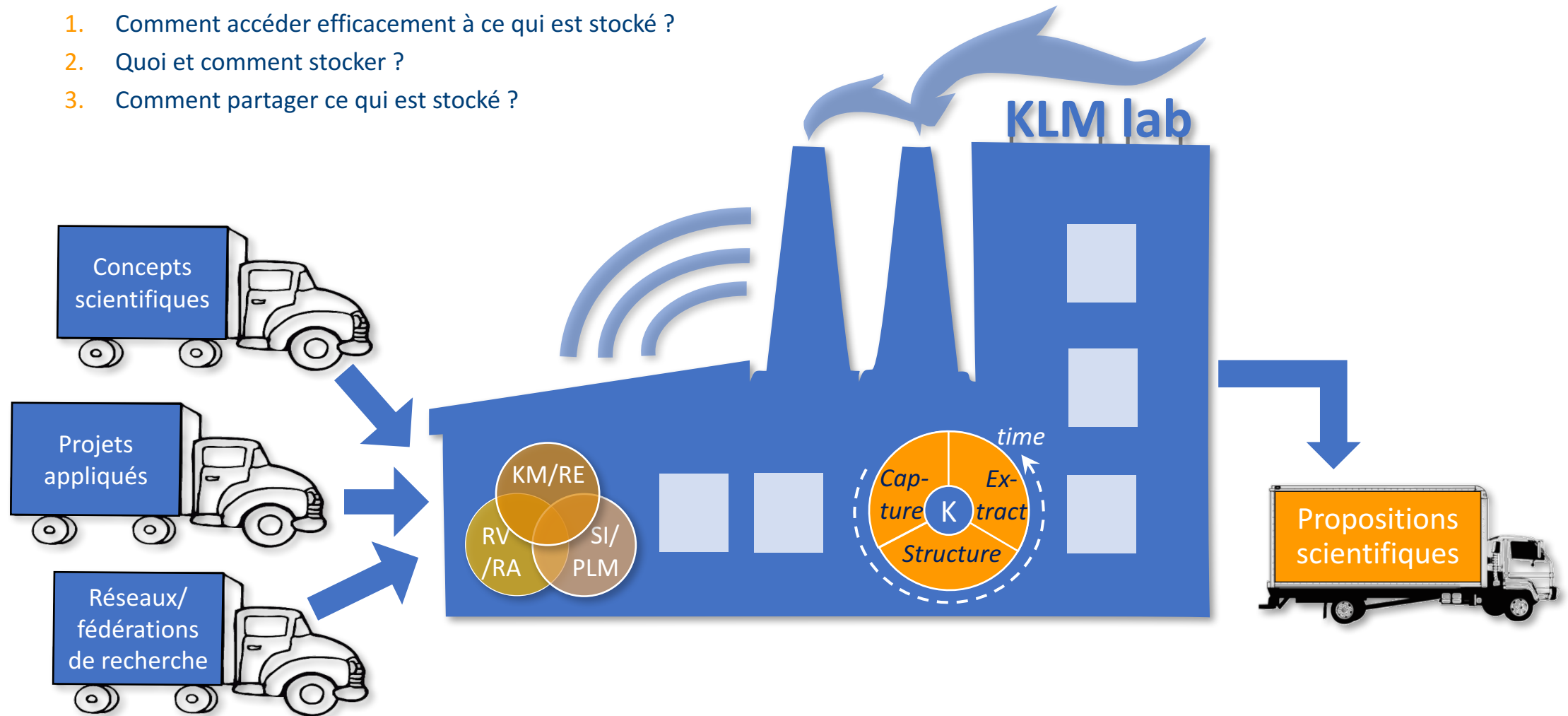
Quel chemin scientifique ?

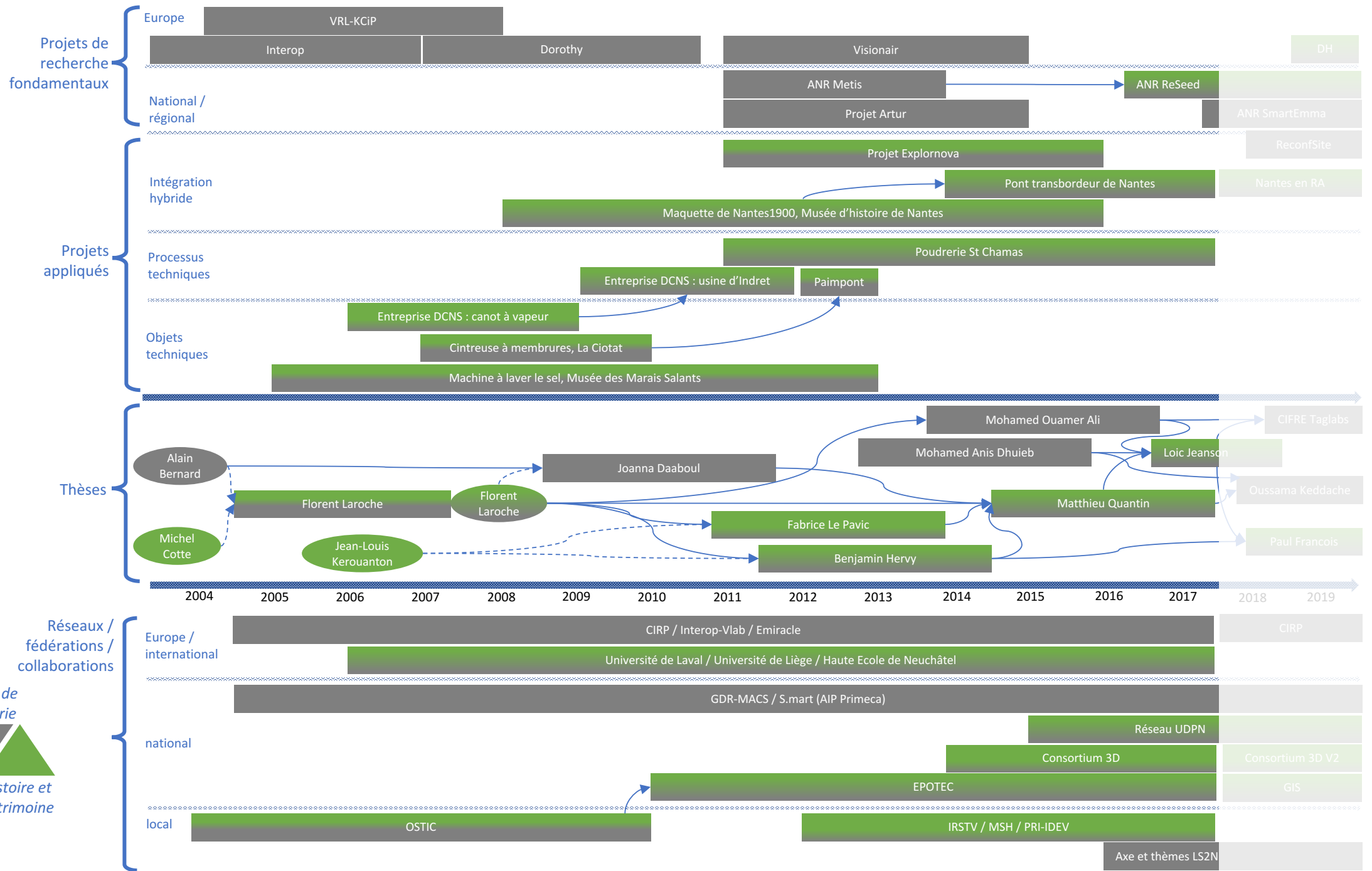


Ma trajectoire scientifique

« KLM for Heritage » Lab :

1. Comment accéder efficacement à ce qui est stocké ?
2. Quoi et comment stocker ?
3. Comment partager ce qui est stocké ?

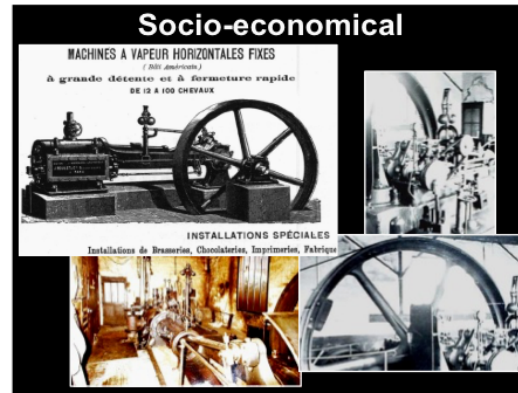
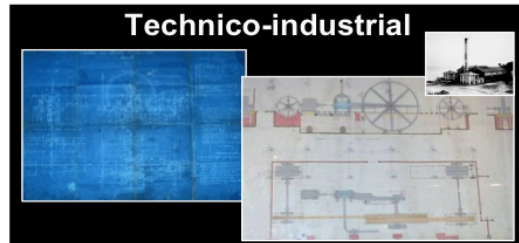




Proposition méthodologique globale

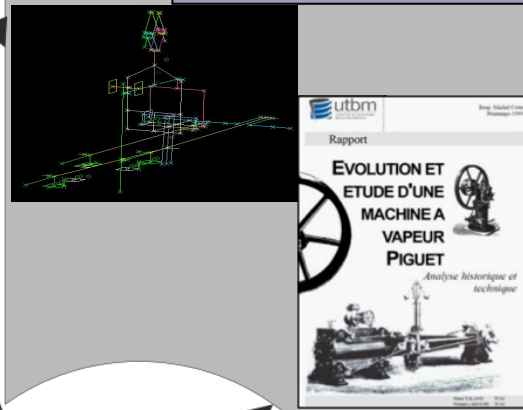
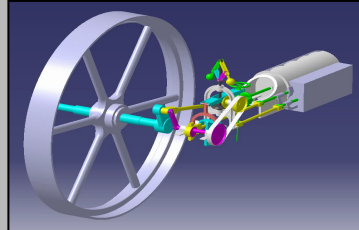
Knowledge's evolution...

Digitizing
Knowledge Management



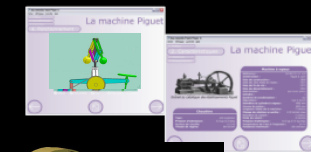
Modeling

Digital heritage Reference model
(object contextualized)

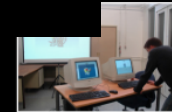
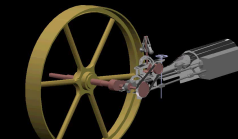


Dynamic used situations
Virtual Reality

Standalone use at home



Immersive system



Standalone use in Museum

DHRM =
Digital Heritage
Reference Model
[Thèse Laroche 2007]

Pourquoi digitaliser notre patrimoine ?

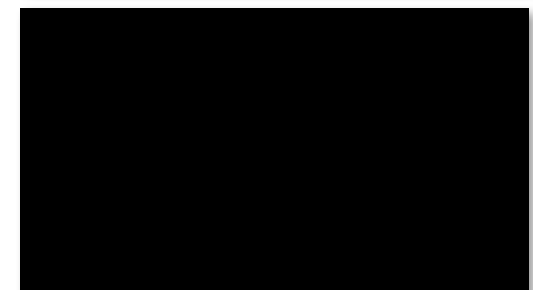
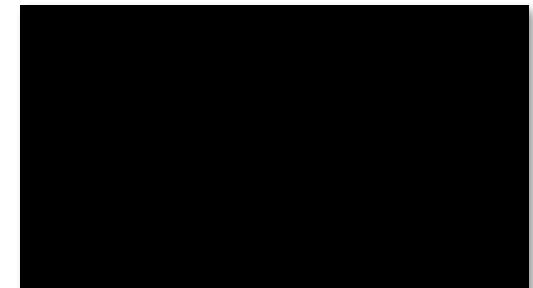
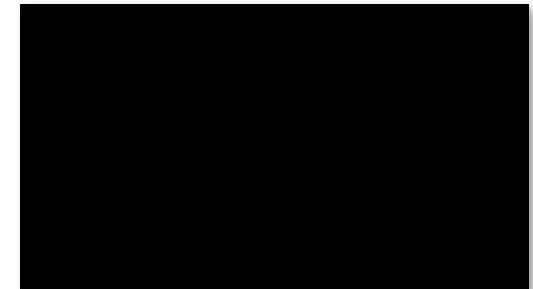
Entre réalité et virtualité du couple objet/connaissance ?

Pourquoi capitaliser notre savoir-faire et le diffuser ? Quelles finalités ?

- ✓ Valorisation **muséographique** pour tout public
- ✓ **Thésaurus** virtuel (digital humanities)
- ✓ **Sauvegarde** en archéologie industrielle
- ✓ **Reconstruction** : maquettes ou taille réelle
- ✓ Tremplin pour l'**innovation**
- ✓ Utilisation **didactique** pour experts ou étudiants

Vers une déontologie du patrimoine virtuel...

1. La 3D comme approche du patrimoine ? Des termes à prohiber...
 - dire "c'est beau" – admirer de belles couleurs
 - faire une visite virtuelle
 - utiliser le multimédia
2. Les maquettes de patrimoine en 3D...
...ce ne sont pas de faux artefacts de notre réalité passée.



Synthèse des propositions scientifiques

1. Nécessité de **déconstruire** puis de **recomposer** les connaissances
2. En identifiant des **champs disciplinaires** et des **référentiels sémantiques**
3. **Opérationnaliser le DHRM** : définir des **modèles et outils** de capitalisation des savoirs du patrimoine technique et industriel

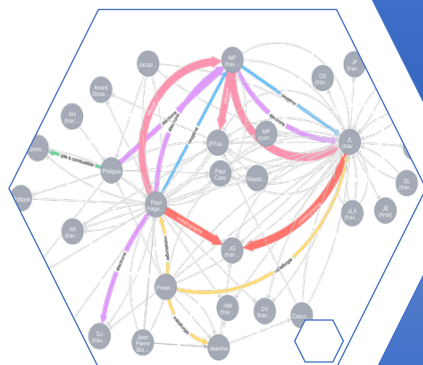


Archéologie sémantique pour la production de connaissances

Challenges scientifiques Pour une réelle transdisciplinarité

Rappel des verrous scientifiques :

1. Adéquation des outils aux utilisateurs
2. Opérationnalisation du processus global de patrimonialisation



Besoin d'une **méthodologie outillée robuste** et adaptée à chaque objet

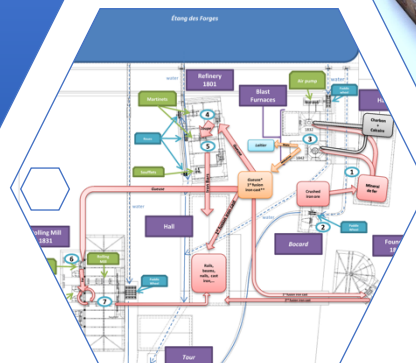
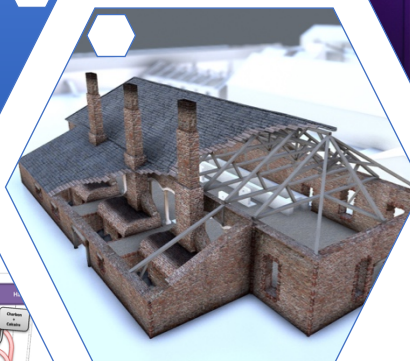
Une capitalisation historique à des fins de **compréhension scientifique** de notre patrimoine



Créer des **études complètes** afin d'établir des modèles à destination des **experts et du grand public**

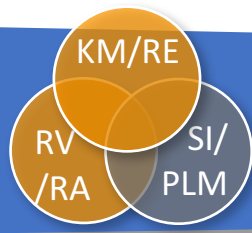
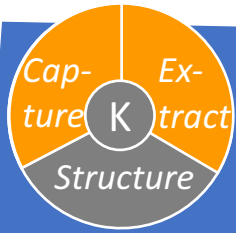
Approche scientifique totalement **interdisciplinaire** à la frontière des SHS et des SPI

Définir de bonnes pratiques d'usage de la 3D sur le **cycle de vie patrimonial**





Contributions majeures



Valider le principe d'Archéologie Industrielle par le numérique



Objectifs :

- ✓ Sauvegarder un objet artisanal
- ✓ Valider un processus de rétro-conception à multi-niveaux
- ✓ Permettre de reconstruire l'objet à échelle 1:1 fonctionnel en vue de sa réimplantation dans un musée rénové

Moyens → Machine à laver le sel de Batz-sur-Mer

- ✓ Projet de recherche sur 9 ans dont thèse [Laroche 2007]
- ✓ Assistance à maîtrise d'ouvrage pendant la construction du nouveau musée
- ✓ 25 publications (revues ou conférences avec actes)

Contributions majeures :

- ✓ Validation de la chaîne numérique pour le patrimoine
- ✓ Application muséographique in-situ

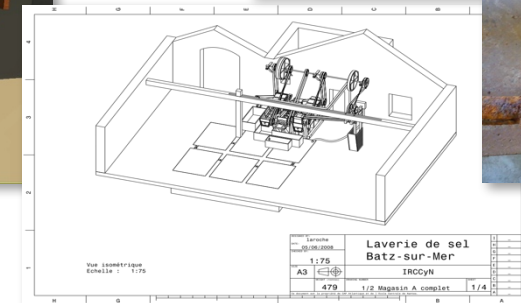
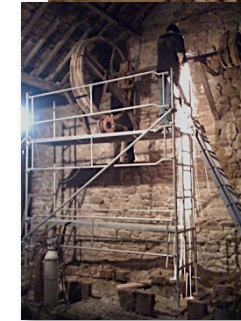


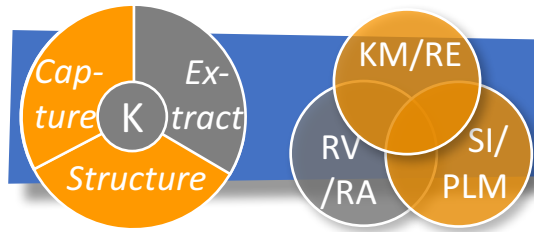
Machine à laver le sel



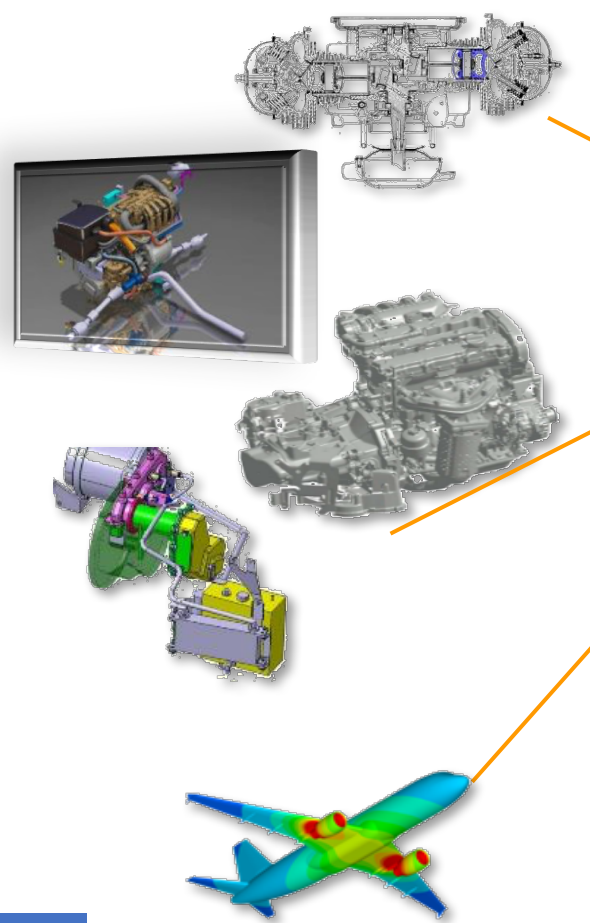
Chaine numérique patrimoniale

1. Numérisation 3D globale + de détails
2. Capitalisation des connaissances historiques
3. Reconception mécanique en CAO
4. Démontage et reconstruction
5. Implantation in-situ in-vivo





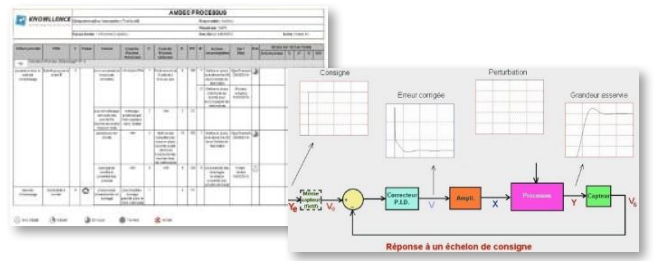
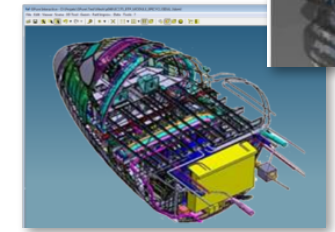
Projet ANR Metis



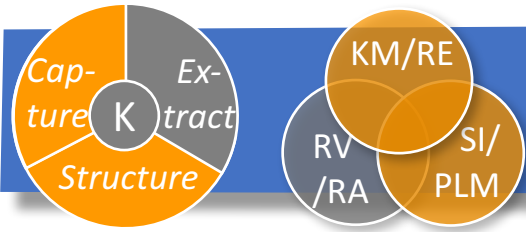
Entrées: Données hétérogènes

Intégration des données hétérogènes pour la **rétro-conception** de grands assemblages à partir de source de **données hétérogènes** (nuages de points, images/photos, plan 2D, ancienne DMU...) et d'une base de connaissances

Sorties : DMU résultat



Reverse-engineering de systèmes complexes



Problématique :

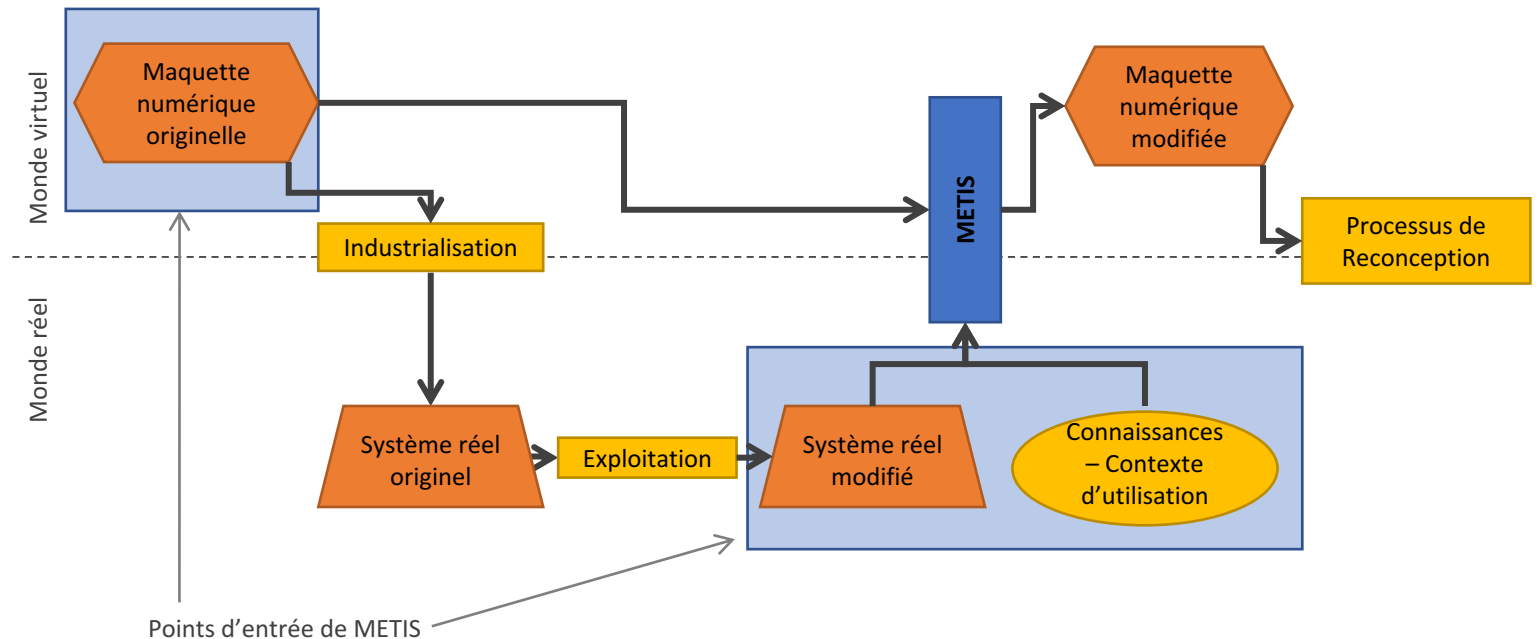
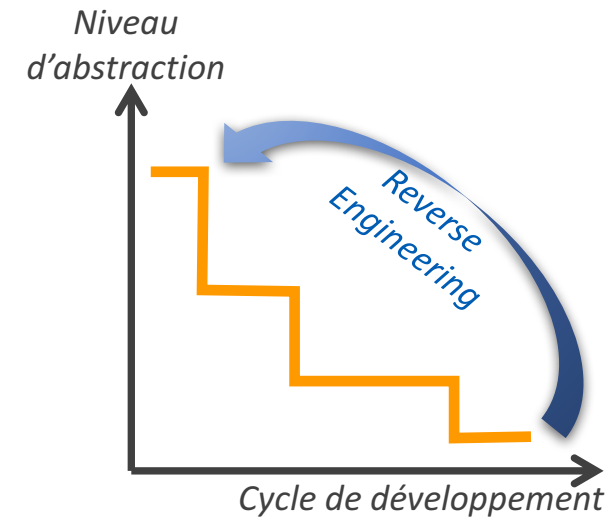
- ✓ Comment retrouver l'intention de conception d'un objet ?

Moyens → Projet ANR METIS

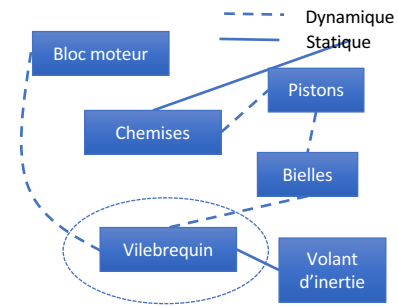
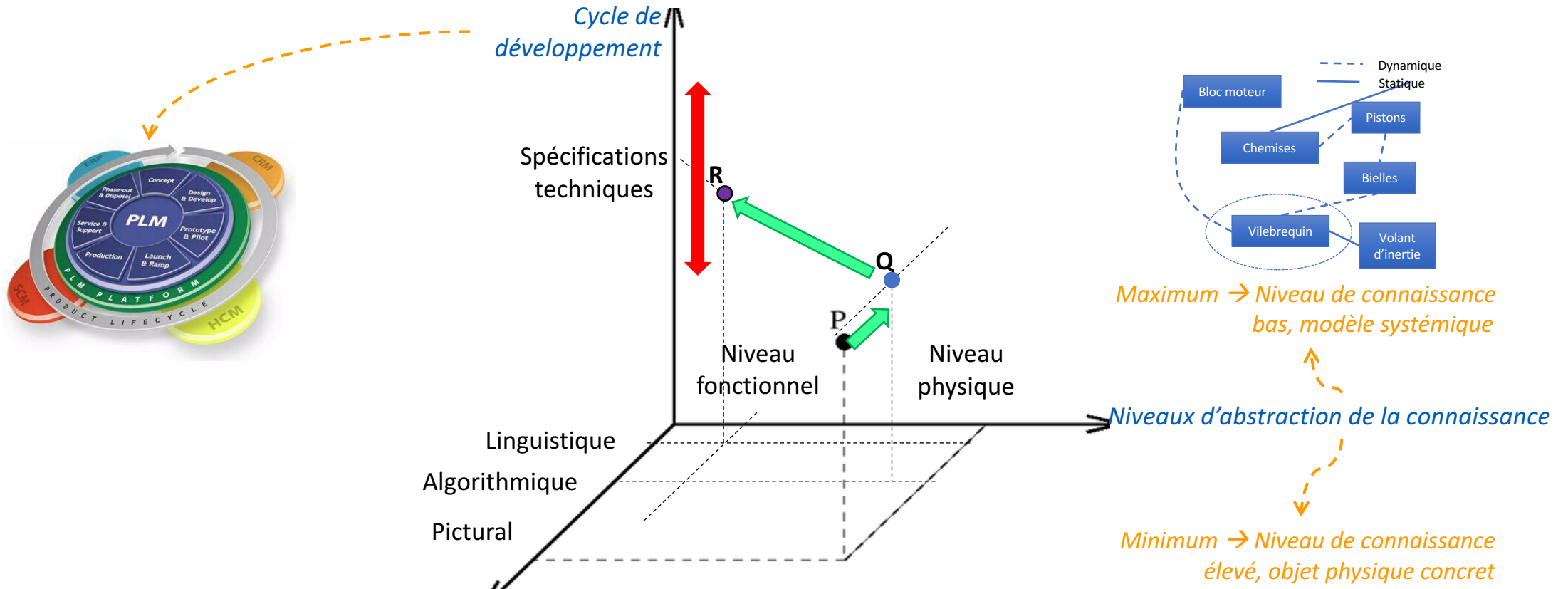
- ✓ ModElisation Tridimensionnelle de maquettes numériques par l'Intégration de données géométriques et de connaissances hétérogènes
- ✓ Projet ANR sur 3 ans avec 6 partenaires dont 2 industriels
- ✓ Une thèse [Thèse Ouamer Ali 2016]
- ✓ 7 publications (revues ou conférences avec actes)

Contributions majeures :

- ✓ Proposition d'une **démarche de reconception** dite en escalier
- ✓ **Méthodologie Ki4D** = Knowledge integration en 4D pour reconstruire le processus de rétro-conception de façon modulaire



Processus Ki4D



Maximum → Niveau de connaissance bas, modèle systémique

Niveaux d'abstraction de la connaissance

Minimum → Niveau de connaissance élevé, objet physique concret

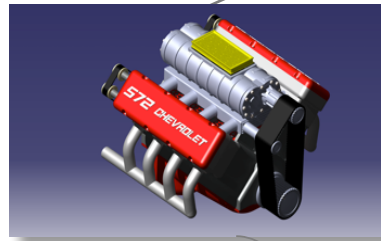


Pictorial	Symbolic	Linguistic	Virtual	Algorithmic
Sketches	Decision tables	Customer Requirements	CAD Models	Mathematical Equations
Detailed drawings	Production rules	Design Rules, constraints	CAE Simulations	Parametrizations
Charts	Flow charts	Analogies	Virtual Reality simulations	Constraint Solvers
Photographs	FMEA diagram	Customer feedback	Virtual prototypes	Computer Algorithms
CAD model views	Assembly tree	Verbal communication	Animations	Design/ operational procedures
	Fishbone diagrams		Multimedia	
	Ontologies			

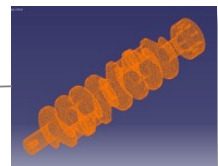
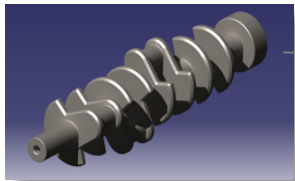
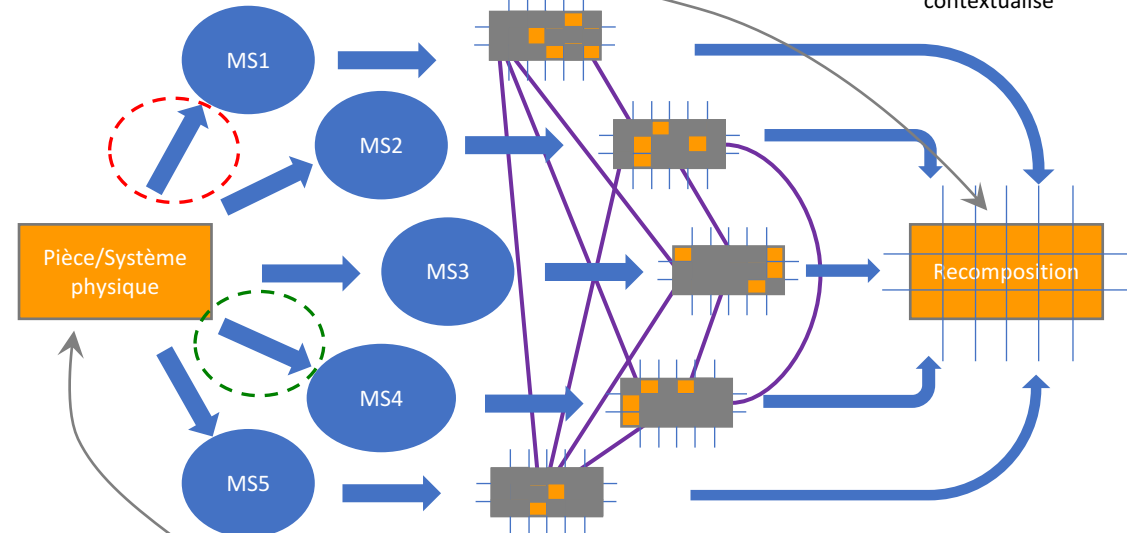
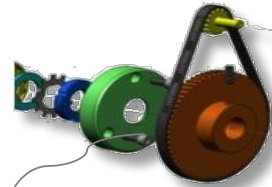
[Chandrasegaran & al 2012]

Ki4D : axe systémique

[Thèse Ouamer Ali 2016]



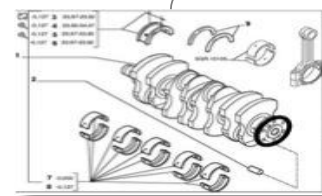
Mode de représentation



Cycle de vie



Niveau d'abstraction



A

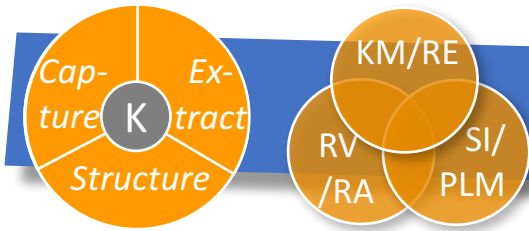
D

Projet Nantes1900

Musée d'histoire de la ville de Nantes,
Château des Ducs de Bretagne (44)

- Maquette réalisée par Pierre-Auguste Duchêne pour l'Exposition Universelle de 1900
- Utilisée par la Chambre de Commerce jusqu'en 1921, puis donnée au musée
- Objet d'une grande précision témoin de l'activité du port de Nantes à son apogée
- 9,20 x 1,85m





Vers un PLM muséologique

Objectifs :

- ✓ Donner au visiteur des clefs de **compréhension de l'objet**
- ✓ Donner **accès aux documents** relatifs au territoire couvert par la maquette
- ✓ Favoriser la **recherche historique**

Moyens → Projet "Nantes1900"

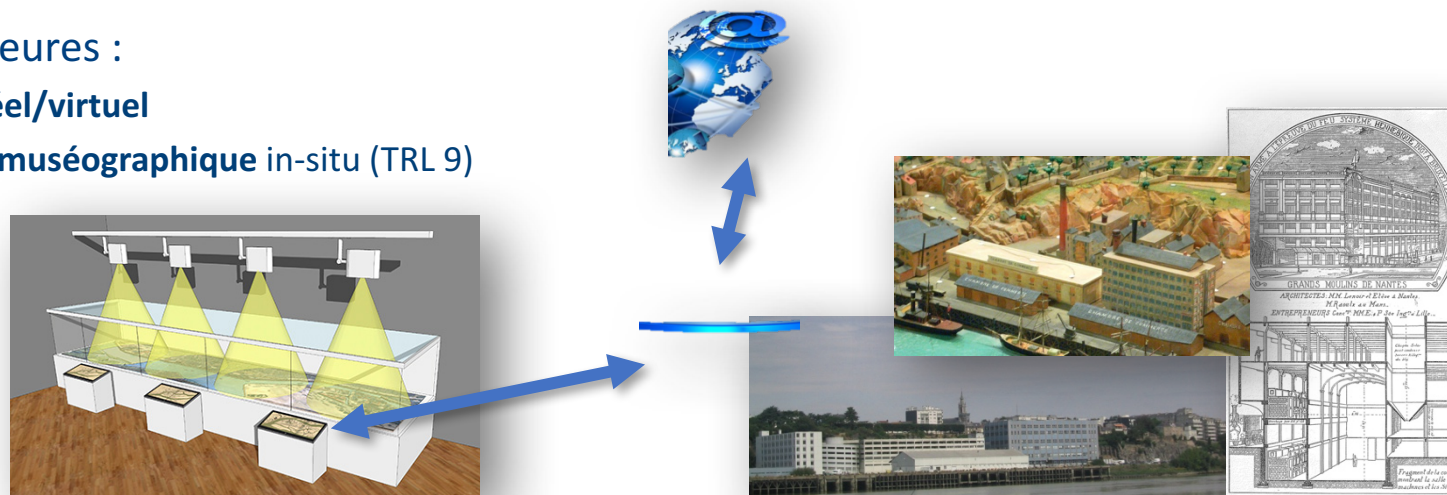
- ✓ Projet de recherche interdisciplinaire collaboratif sur 8 ans
- ✓ 90 étudiants, enseignants et industriels de compétences multiples
- ✓ Thèse CIFRE avec le VAN [Thèse Hervy 2014]
- ✓ 28 publications (revues ou conférences avec actes)

Contributions majeures :

- ✓ **Lien objet réel/virtuel**
- ✓ **Application muséographique in-situ (TRL 9)**



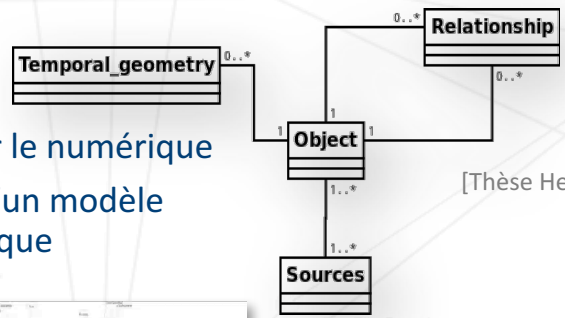
[Guillet, Courtin, Laroche, Kerouanton 2015]



Capture des connaissances sémantiques

Contributions :

- ✓ Changement des pratiques historiques par le numérique
- ✓ Définition d'un PLM muséographique et d'un modèle d'encapsulation de la connaissance historique



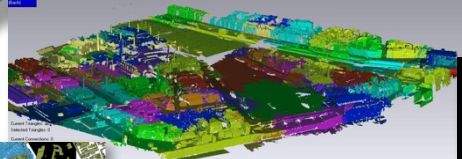
[Thèse Hervy 2014]



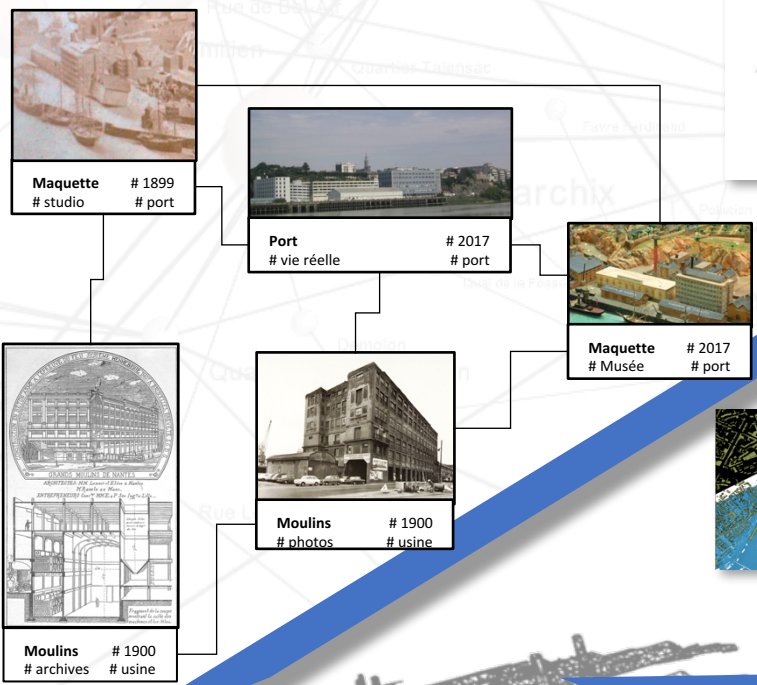
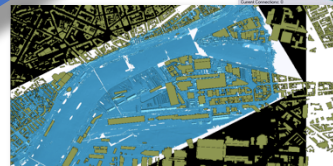
Contributions :

- ✓ Numérisation 3D de patrimoine à grande échelle (120 millions points)
- ✓ Problématiques de reverse-engineering automatique
- ✓ Lien objet réel/virtuel
- ✓ Utilisation de la 3D dans un dispositif muséographique in-situ

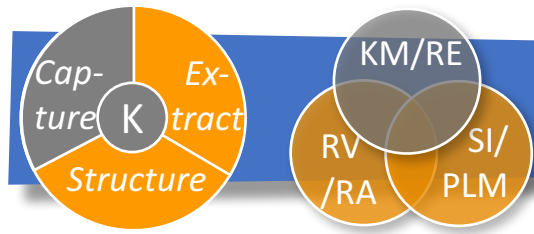
[Master Lefevre 2011]



[Master Serveille 2009]



Capture des connaissances physiques



Prototypes "Nantes1900"



Navigation immersive en 3D

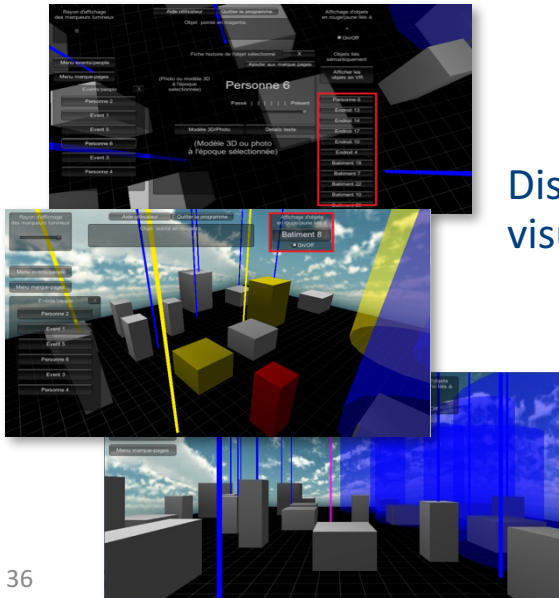
[Master Monier 2012]
[Master Rouquet 2014]



Prototype de SIC-SIG

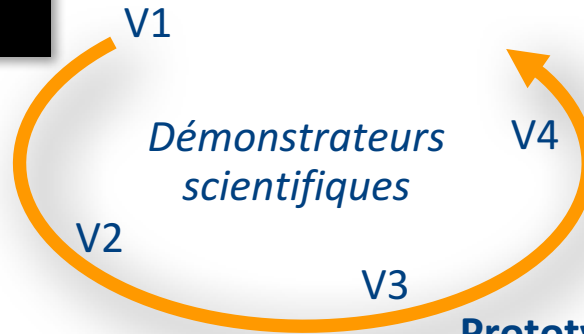
[Master Langeois 2016]
[Master Arragon 2016]

[Master Lam 2014]



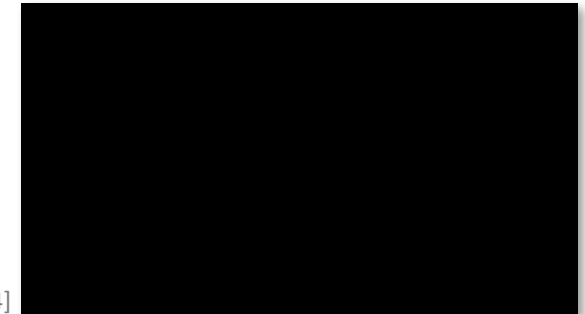
Dispositif interactif pour la visualisation de connaissances

- ✓ Capitaliser les connaissances
- ✓ Contextualiser les informations
- ✓ Piloter la visualisation de données par les connaissances
- ✓ Visualiser et manipuler les données en immersion
- ✓ Nouvelle forme d'historiographie

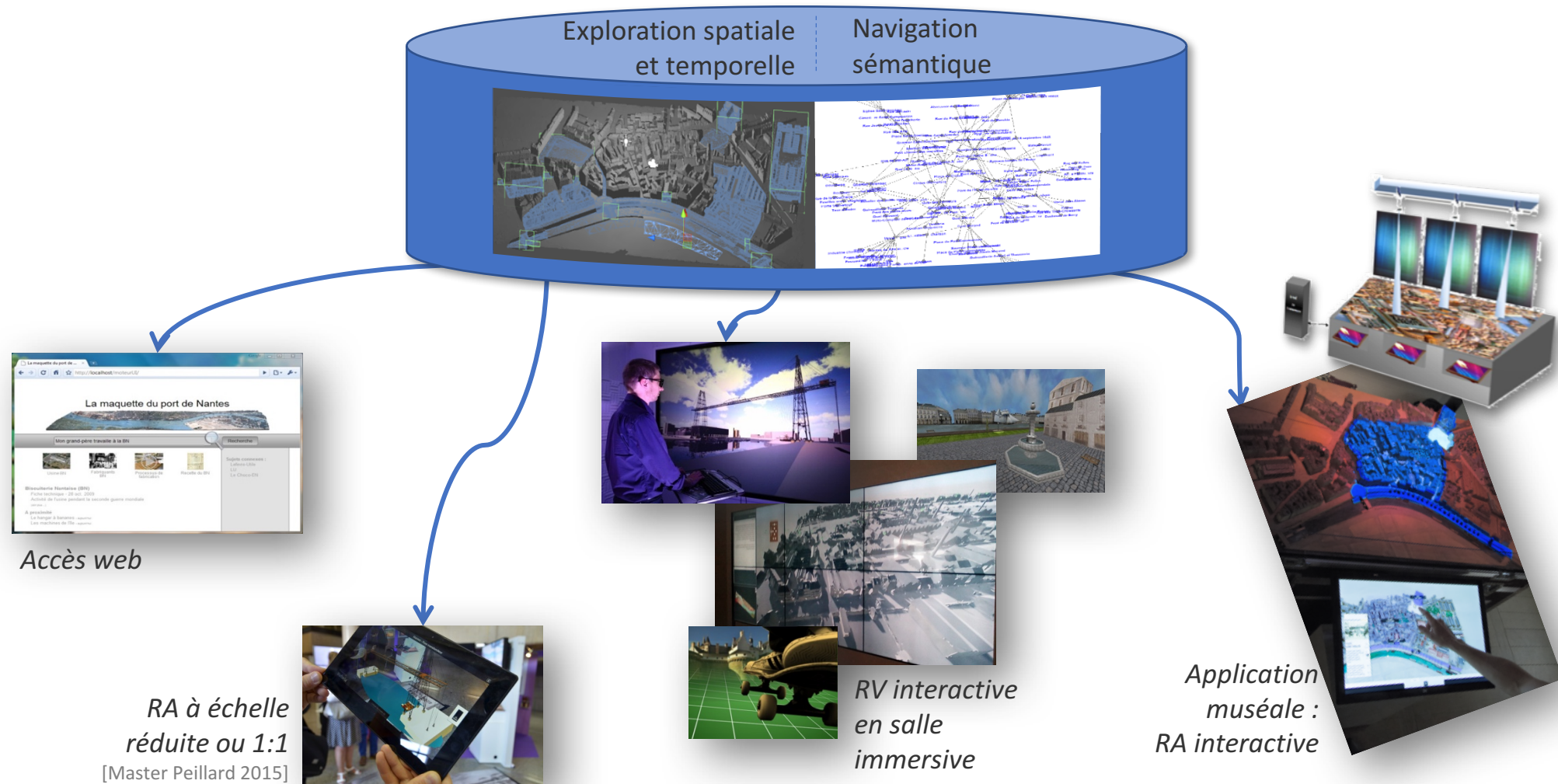


Prototype mobile « Système de gestion de connaissances historiques »

- ✓ Analyse et construction du récit historique
- ✓ Conservation
- ✓ Muséographie



Créer de l'interaction entre le modèle réel et le modèle virtuel



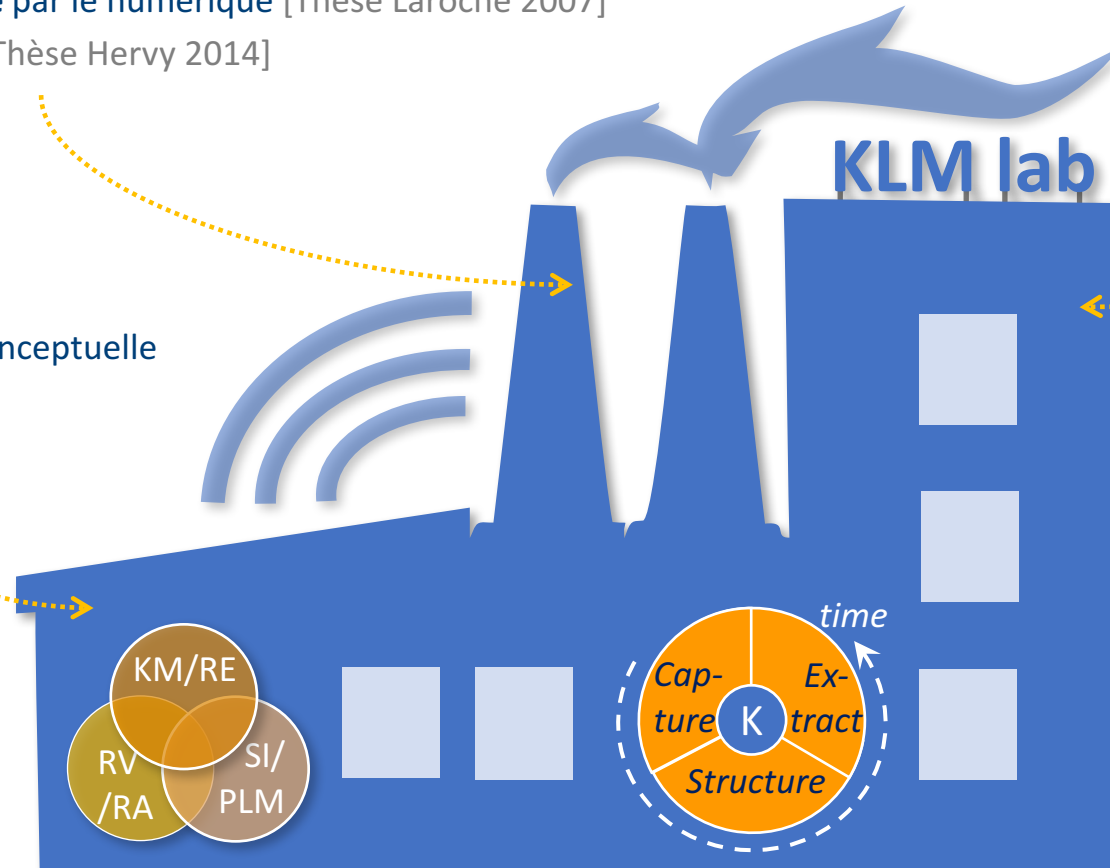
Synthèse des propositions scientifiques

- ✓ Proposition d'un **PLM muséologique** [Thèse Hervy 2014]
- ✓ Nécessité d'un **couplage** des connaissances avec un modèle 3D numérisé intelligible [Laroche 2016]

Validation des principes...

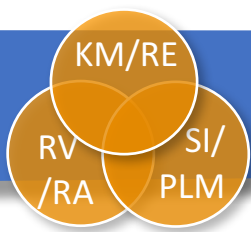
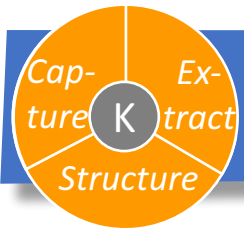
- ✓ d'**Archéologie Industrielle** par le numérique [Thèse Laroche 2007]
- ✓ de **muséologie virtuelle** [Thèse Hervy 2014]

Proposition d'une méthodologie conceptuelle de **reverse-engineering Ki4D** [Thèse Ouamer Ali 2016]

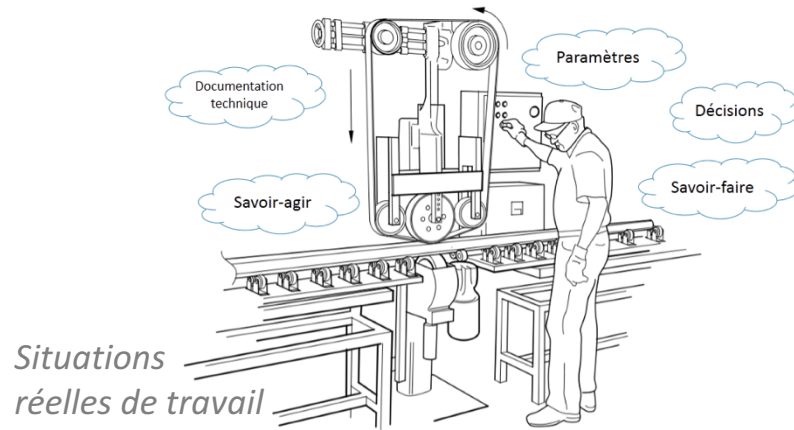


Quelle est ma place dans ce nouveau contexte ?





Intégrer le contexte dans les modèles de connaissances Vers le KLM ?



Problématiques :

- ✓ Si la connaissance dépend de son **contexte d'usage** (capitalisation, modélisation ou restitution), quel outil et méthode de KLM ? [Laroche 2008]
- ✓ **Place de l'humain et IHM ?**

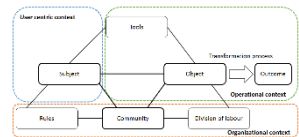
Moyens → Projet ARTUR

- ✓ AtelierR du fuTUR
- ✓ Projet Région sur 4 ans avec 6 partenaires dont 1 industriel
- ✓ Une thèse [Thèse Dhuieb 2016]
- ✓ 13 publications (revues ou conférences avec actes)

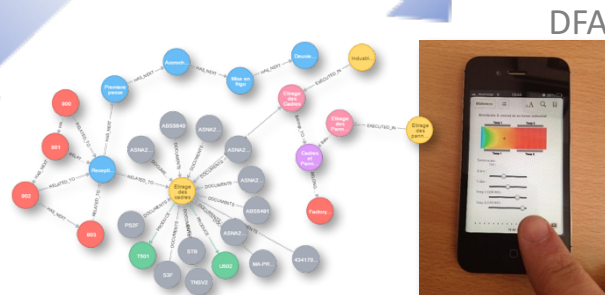
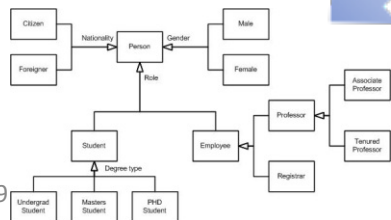
Contributions majeures :

1. **Outil numérique ubiquitaire** → « Digital Factory Assistant »
2. Nouvelle façon de **modéliser** et de **structurer** la connaissance
3. Intégration du **contexte**

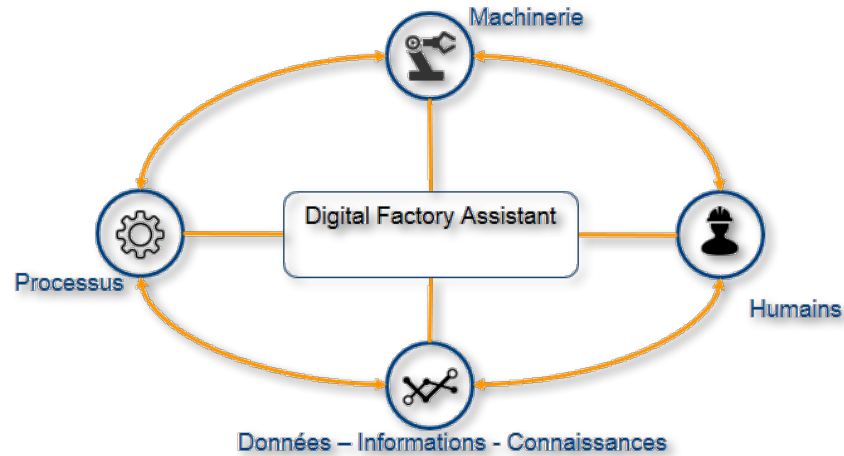
Théorie de l'activité



Modèle de contexte



Le projet ARTUR



Objectif :

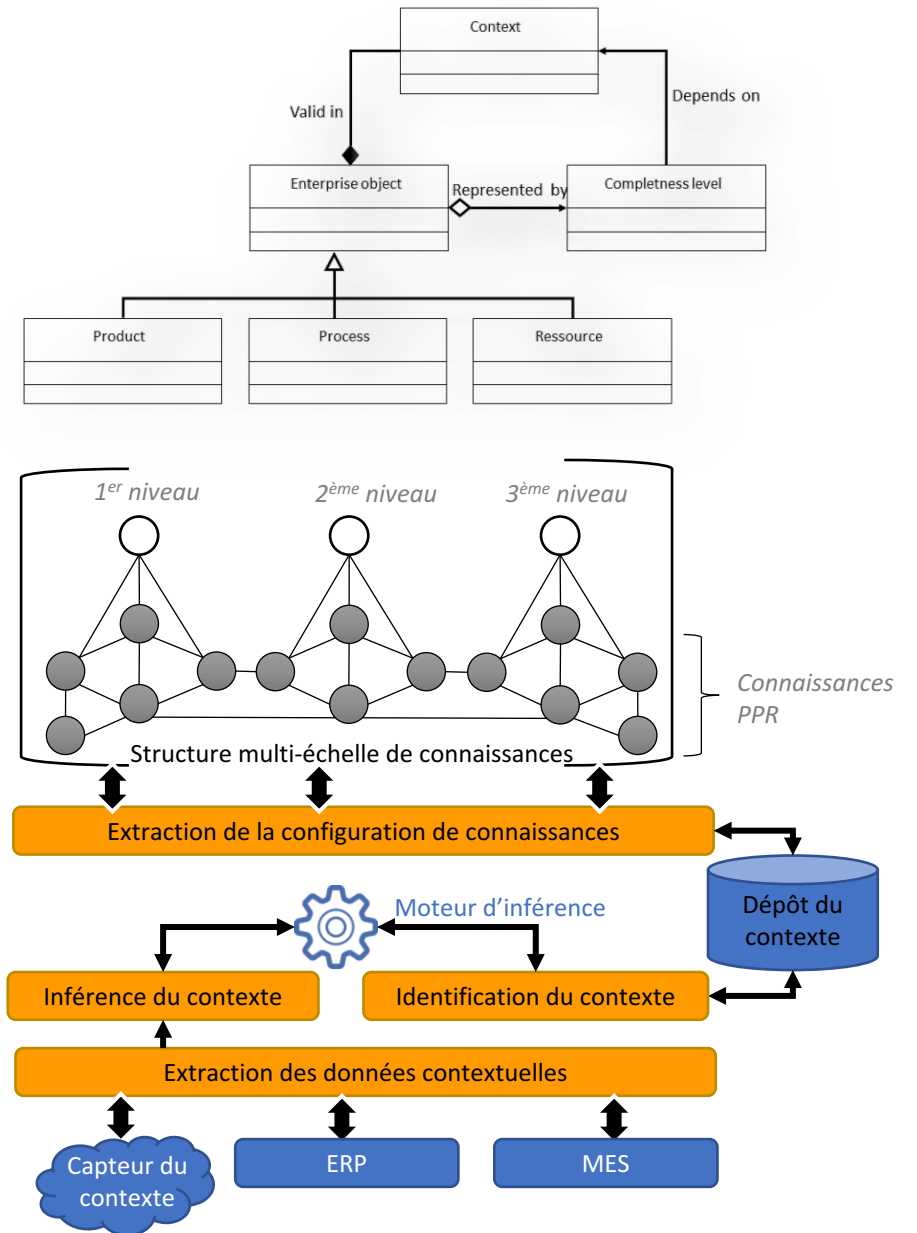
Extraire la bonne connaissance requise et la fournir à la bonne personne, au bon moment et au bon endroit.

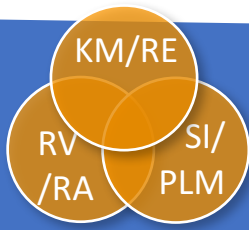
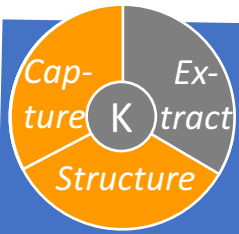
Résultats scientifiques :

1. Un méta-modèle pour **structurer la connaissance** et le contexte à multi-échelles
2. Un **mécanisme** de reconstruction de la connaissance

Résultat industriel :

Le Digital Factory Assistant est un système de support et d'aide à la décision destiné aux opérateurs en lignes de production [Laroche & al 2012]





Vers un double numérique porteur de sens

Objectifs :

- ✓ Avoir un **outil pour permettre le dialogue** entre experts du patrimoine et les objets « numériques »

Verrou scientifique :

- ✓ Décloisonner par une **interopérabilité du processus** "capitalisation-modélisation-valorisation"

Moyens → Projet ANR ReSeed

- ✓ Projet ANR sur 4 ans ; 8 partenaires dont 2 industriels et 2 institutions
- ✓ *Rétro-conception Sémantique d'objets patrimoniaux Digitaux*
- ✓ Une thèse [Thèse Jeanson 2019]
- ✓ 1 publication internationale avec actes

Comment ouvrir et faire bouger ce fichier 3D et obtenir plus d'informations juste sur la cathédrale ?



Expert du patrimoine



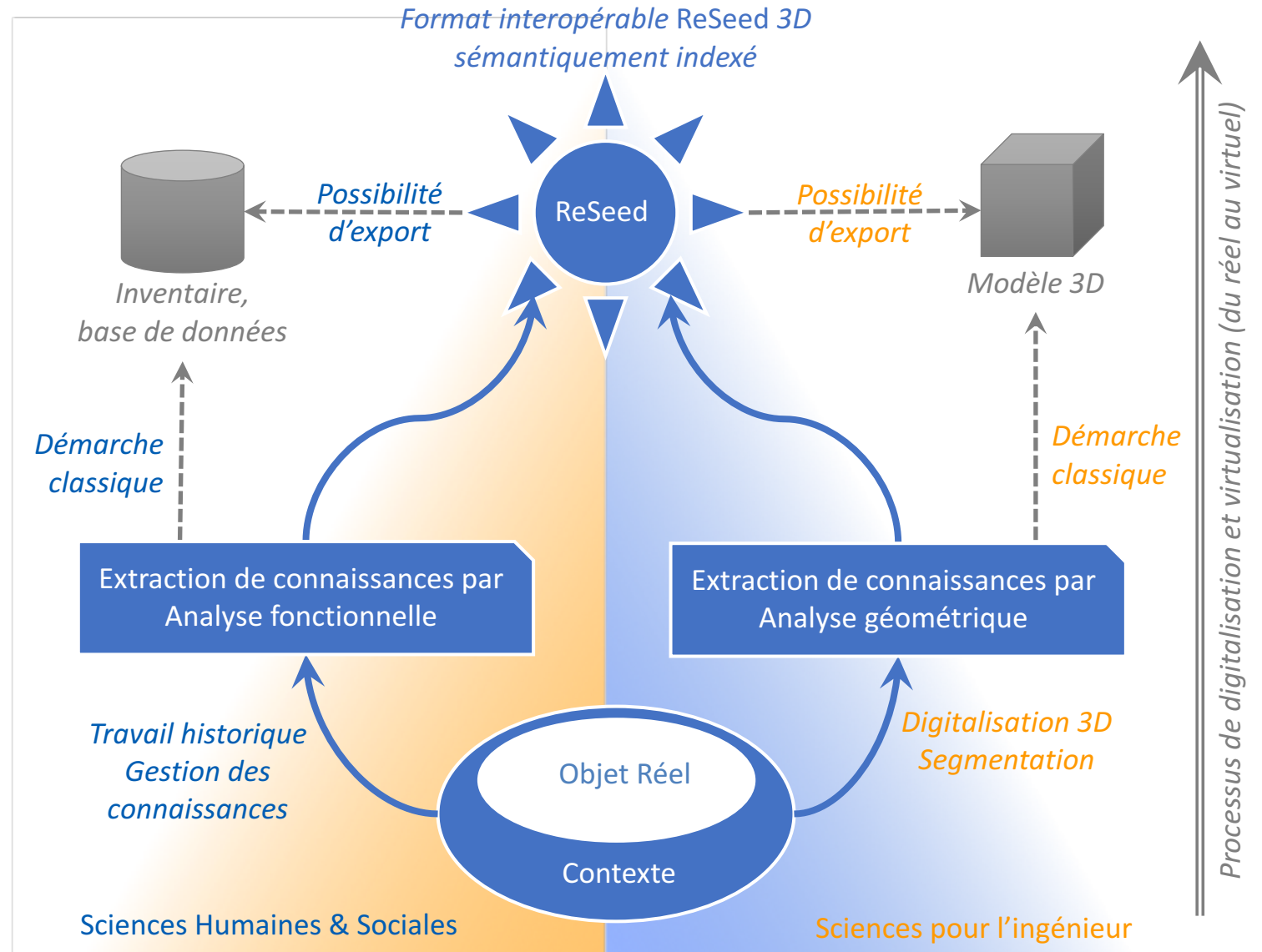
Projet ANR ReSeed

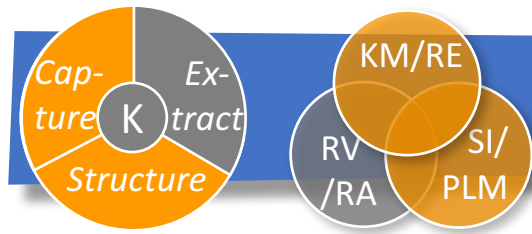
Proposition scientifique :

1. Vers un environnement hybride
2. En reverse-engineering contextualisé

Résultats attendus de ReSeed :

- ✓ **Modèle structuré**
- ✓ **Outil interopérable**
- ✓ **Nouveau format** incluant la "valeur patrimoniale"





Extraction automatique de connaissances

Problématiques :

- ✓ Les données numérisées :
 - Très nombreuses
 - Hétérogènes (quantité et qualité)
 - Non-structurées avec des vocabulaires métiers
- ✓ La phase de capture et d'indexation est donc longue.

Objectifs :

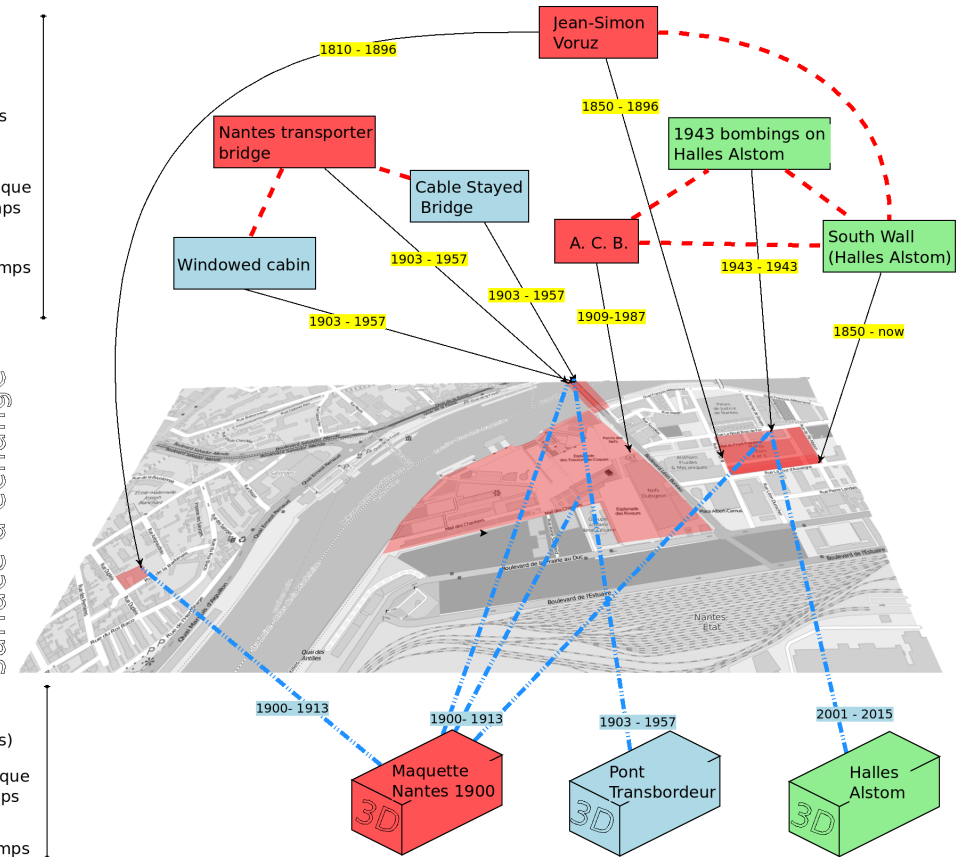
- ✓ **Structurer automatiquement** les relations entre les données capitalisées
- ✓ Extraire automatiquement des bribes de connaissances – **mots clefs intelligents**
- ✓ **Aider l'utilisateur** dans cette nébuleuse de connaissances

Moyens :

- ✓ Travail sur plusieurs corpus historiques ("Nantes1900", Halles Alstom, salons Mauduits...)
- ✓ Une **thèse allocation ministérielle** [Thèse Quantin 2018]
- ✓ 6 publications (revues ou conférences avec actes)

Réseau 1:
7 fiches contenant texte et sources
- - - Relation sémantique
→ Placement géographique contraint dans le temps
1903 - 1957 Intervalle temporel contraint dans le temps

surface d'échange



Réseau 2:
3 géométries (maquettes virtuelles)
- - - Placement géographique contraint dans le temps
1900-1913 Intervalle temporel contraint dans le temps

[Quantin & al 2015]

Haruspex : un outil de gestion de connaissances non-structurées

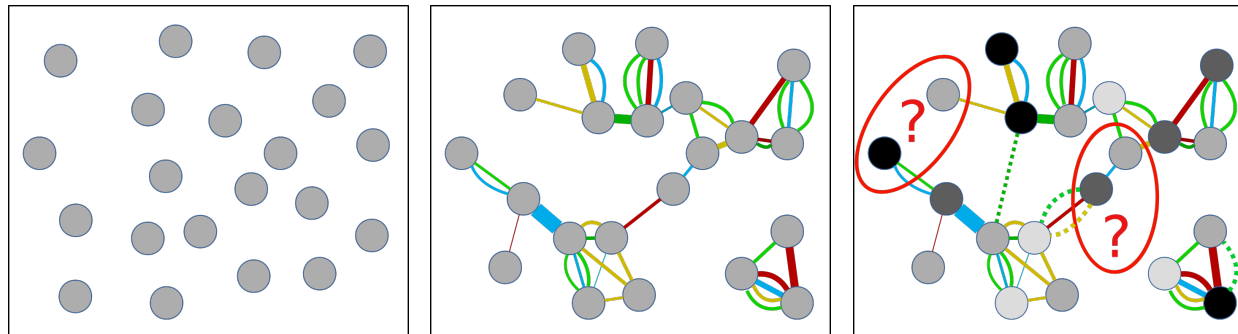
Objectifs de Haruspex :

- ✓ Capturer et structurer des informations depuis des textes
- ✓ Outil d'analyse supervisée de données non structurées pour le chaînage de connaissances

Méthode en 4 étapes :

1. Gestion de corpus
2. Extraction de mot-clef à partir du texte
3. Supervision par l'utilisateur
4. Création de "liens sémantiques" entre documents

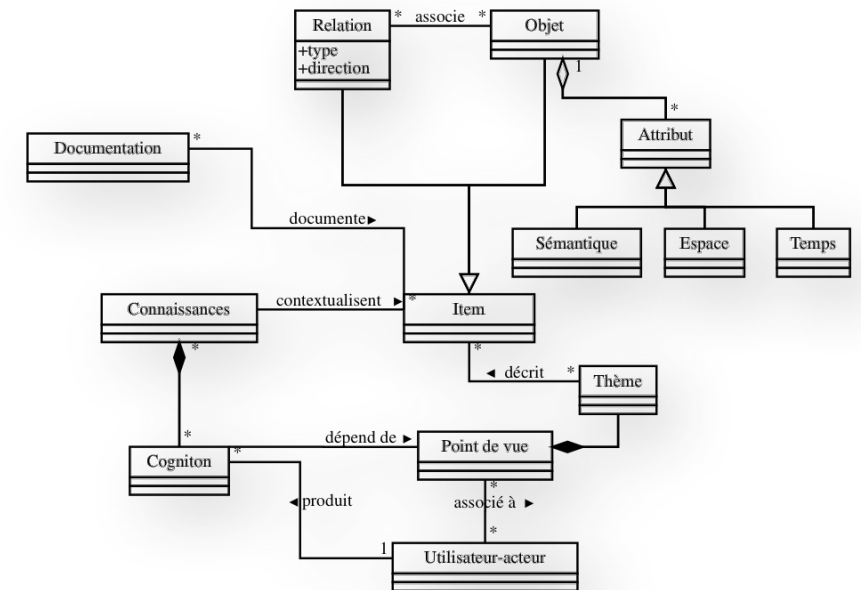
[Dépôt brevet logiciel 2018]



(a) Corpus de textes homogène, découpés en unités lexicales

(b) Réseau pondéré de textes, liens de thématique(s) commune(s) (proximité)

(c) Analyse du graphe : analyses visuelles et quantitatives : identification de chaînons singuliers

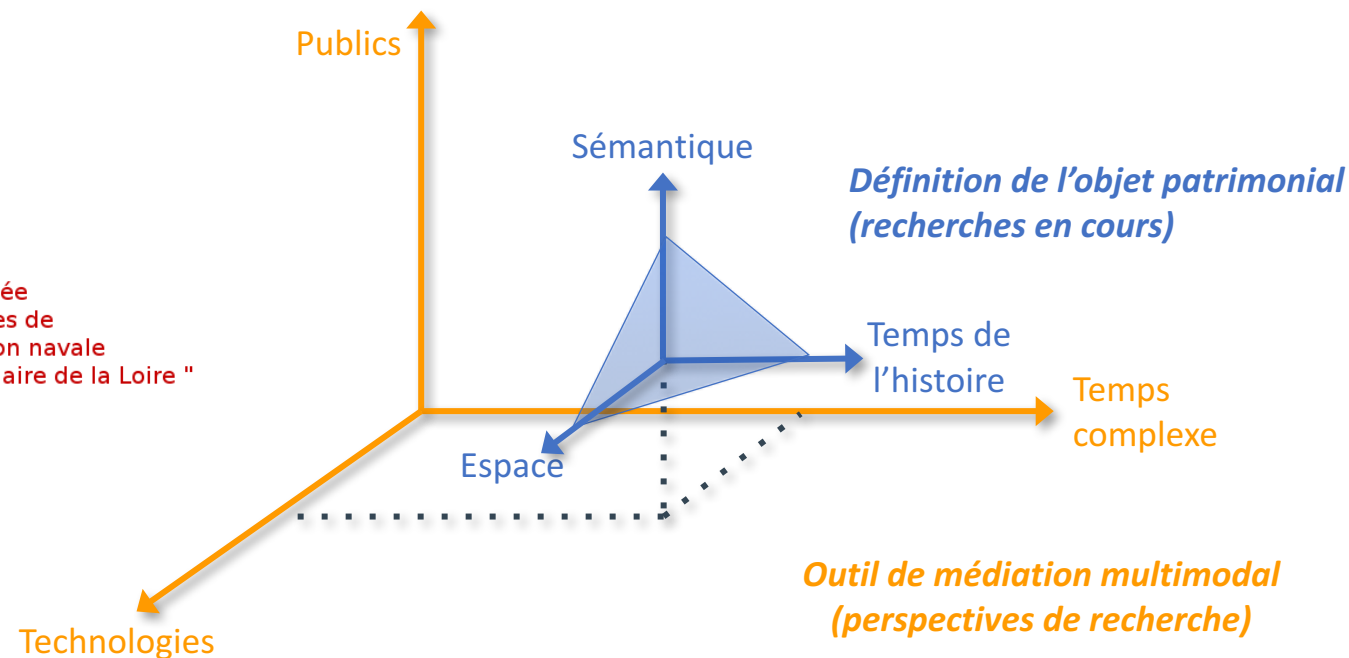
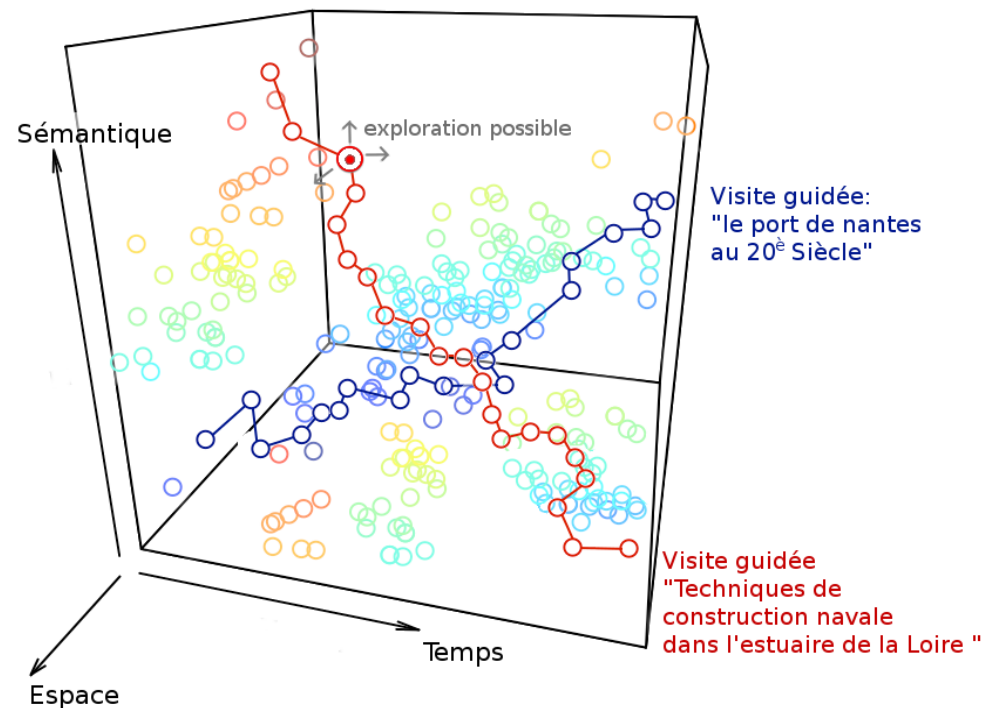


[Post-doc Hervy 2015]

Parcours de connaissances : Un meta-modèle multi-échelles à 6 dimensions

Futurs travaux

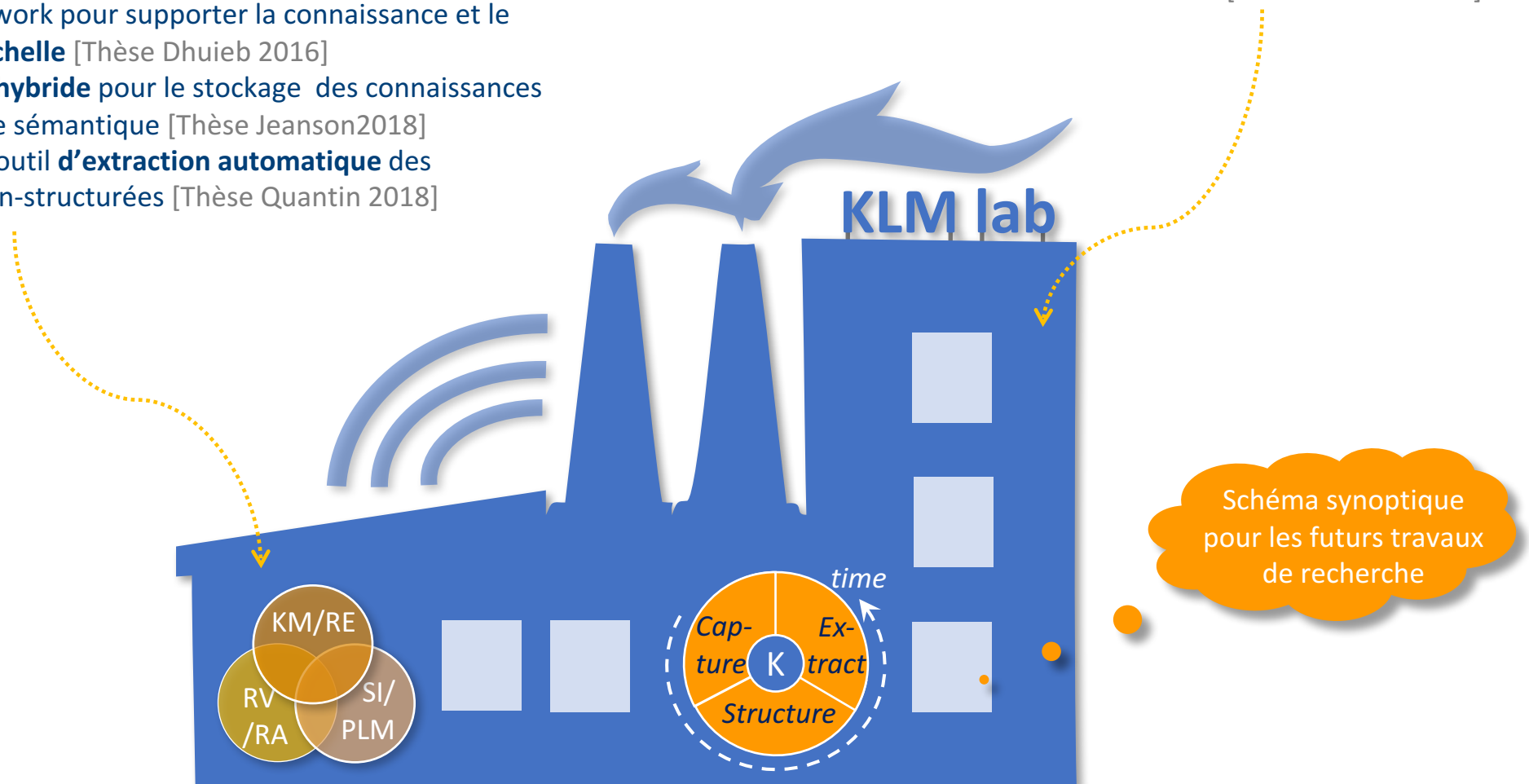
[Laroche & Kerouanton 2016]



Synthèse des propositions scientifiques

- ✓ Modèle et framework pour supporter la connaissance et le **contexte multi-échelle** [Thèse Dhuieb 2016]
- ✓ Nouveau **format hybride** pour le stockage des connaissances tant physique que sémantique [Thèse Jeanson 2018]
- ✓ Proposition d'un outil **d'extraction automatique** des connaissances non-structurées [Thèse Quantin 2018]

Lien réel-virtuel par un « **assistant virtuel** » pour contribuer à l'omniprésence de l'informatique [Thèse Dhuieb 2016]





Travaux de recherche en cours et futurs



INGRESOS
Y
EGRESOS
ENERO - DICIEMBRE - MAYO
NOVIEMBRE
IXTEPEC
1944
1954

INGRESOS
= IXTEPEC =
ENERO - DICIEMBRE - MAYO
NOVIEMBRE

Travaux en cours

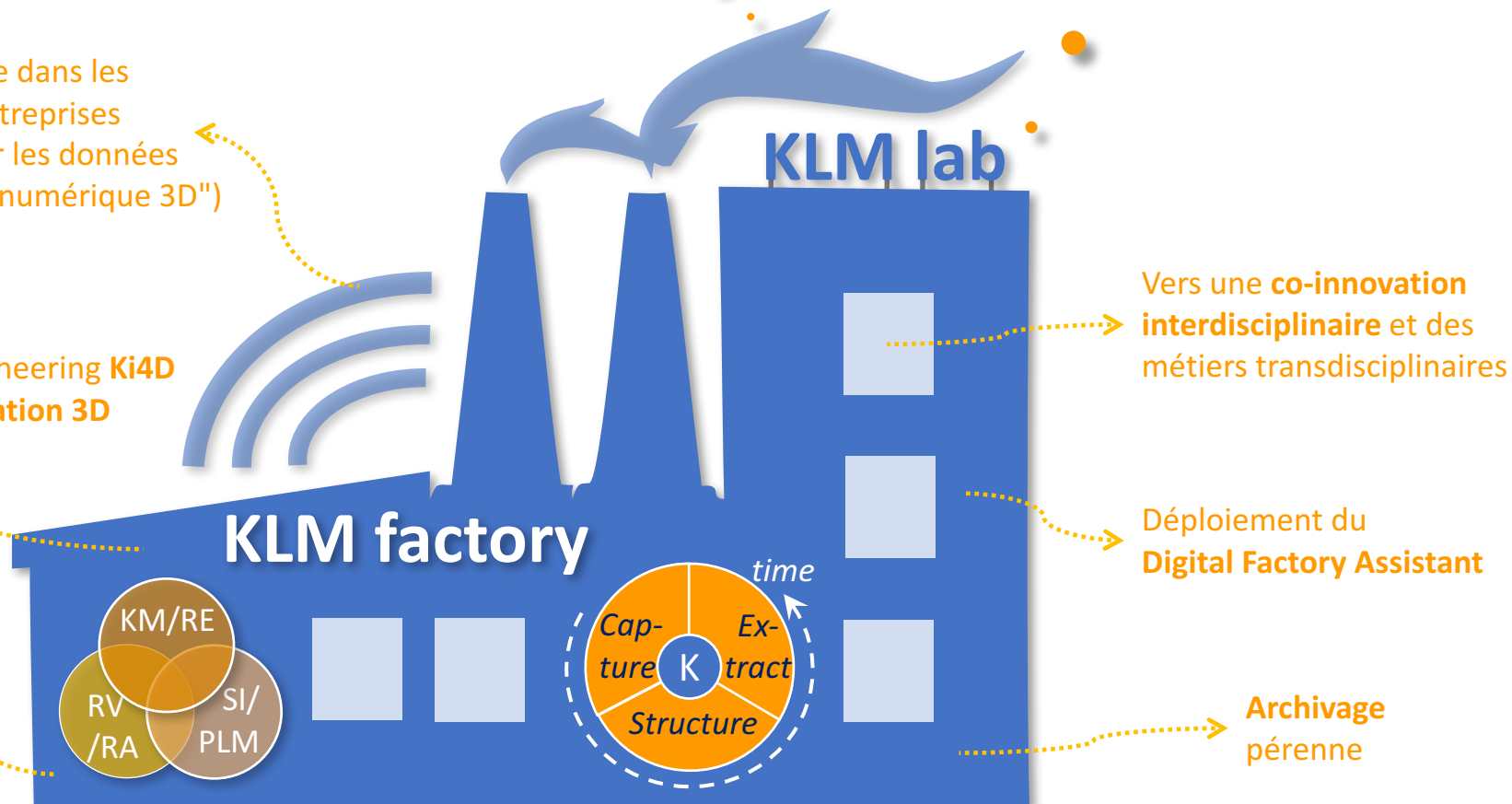
- ✓ Intégrer l'ADN du patrimoine dans les **doubles numériques** des entreprises
- ✓ Création d'un **standard** pour les données hybrides (label "patrimoine numérique 3D")

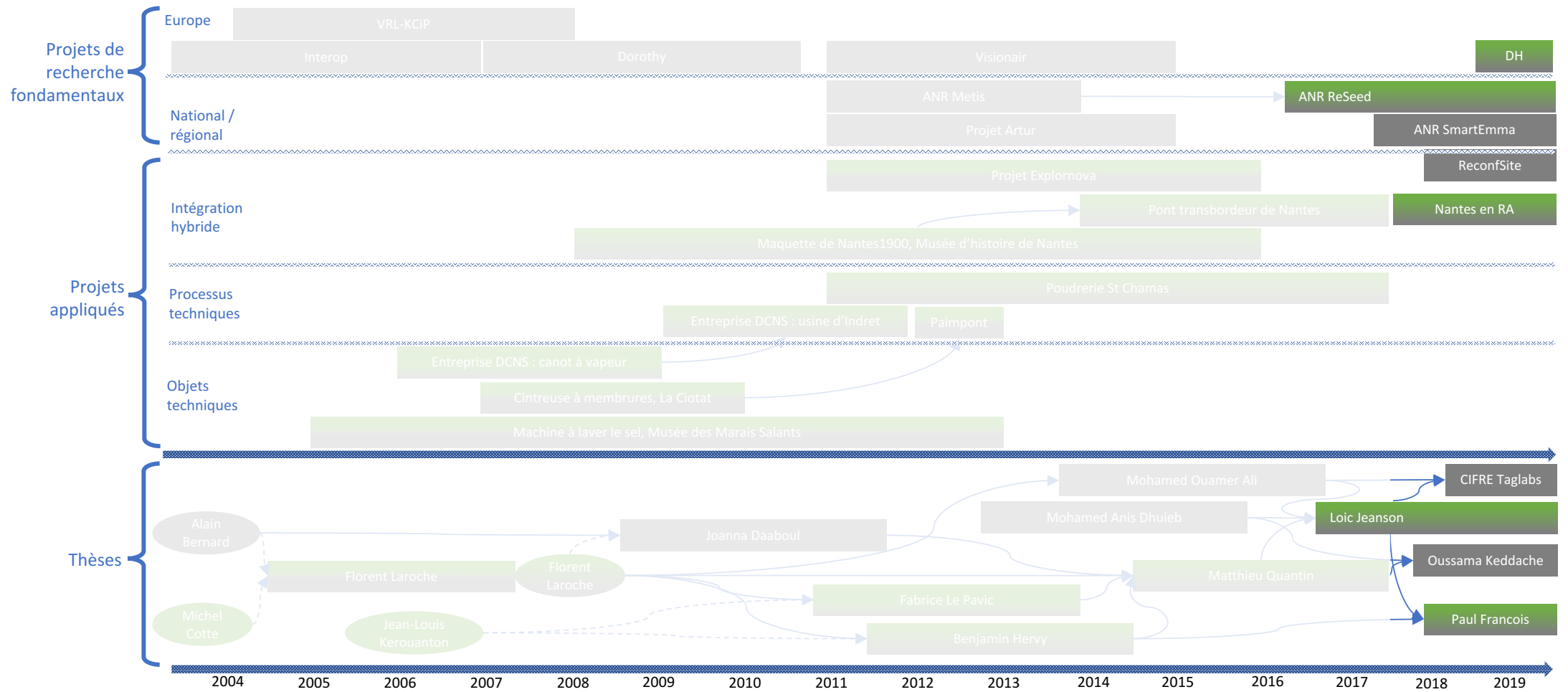
- ✓ Opérationnaliser le reverse-engineering **Ki4D**
- ✓ Nouveaux procédés de **numérisation 3D**

- ✓ Multi-modalités de **valorisation**
- ✓ Nouveaux services de liens **KM-RV-RA**
- ✓ **Impression 3D**

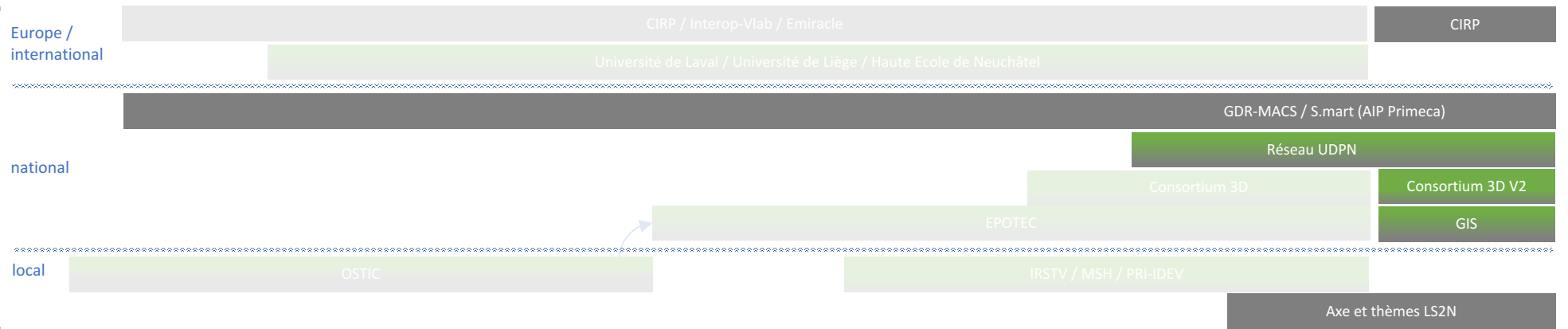
Créer l'outil du musée du futur ?

Définir le lien avec l'entreprise du futur pour ne pas réinventer la roue mais innover.





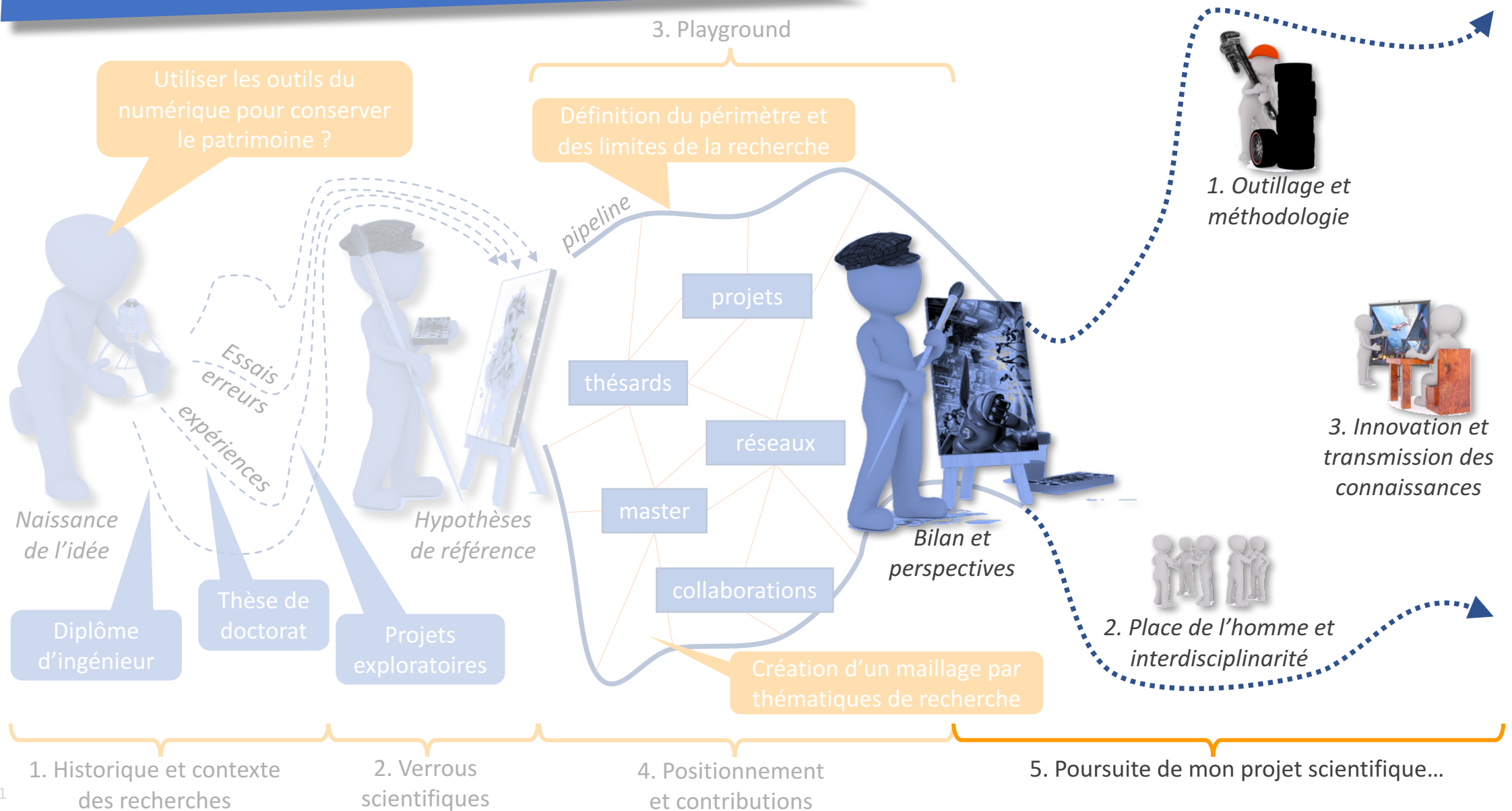
Réseaux / fédérations / collaborations



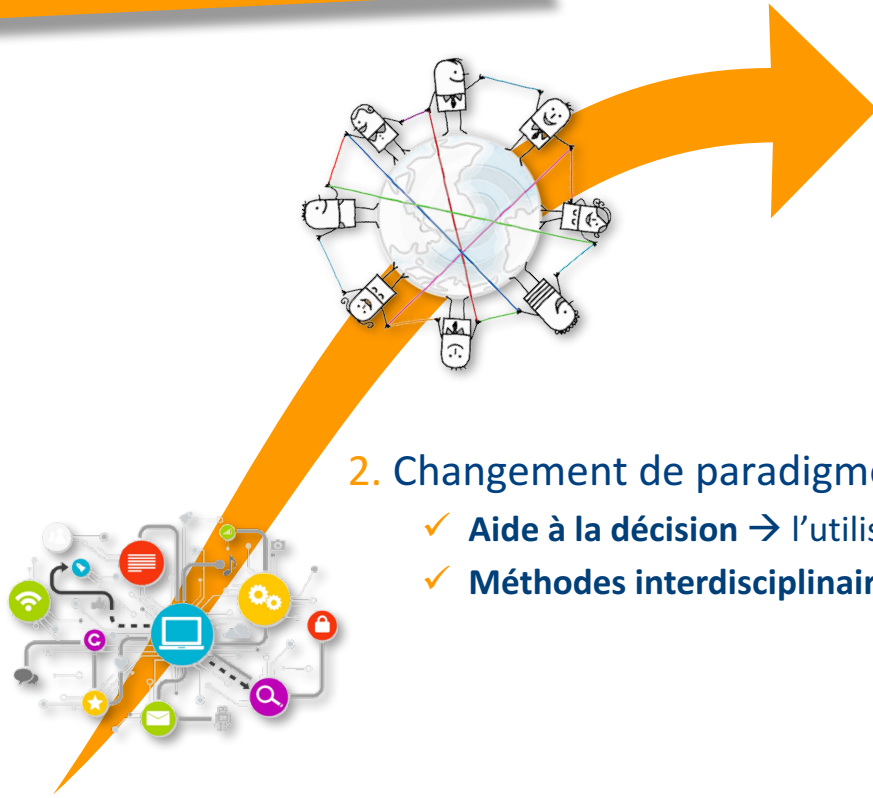


Des nouvelles trajectoires à explorer...

Ma trajectoire scientifique



Perspectives



2. Changement de paradigme sur une interdisciplinarité anthropocentrée

- ✓ **Aide à la décision** → l'utilisateur reste maître du processus
- ✓ **Méthodes interdisciplinaires** entre **numériciens & historiens**

1. Outillage et méthodologie

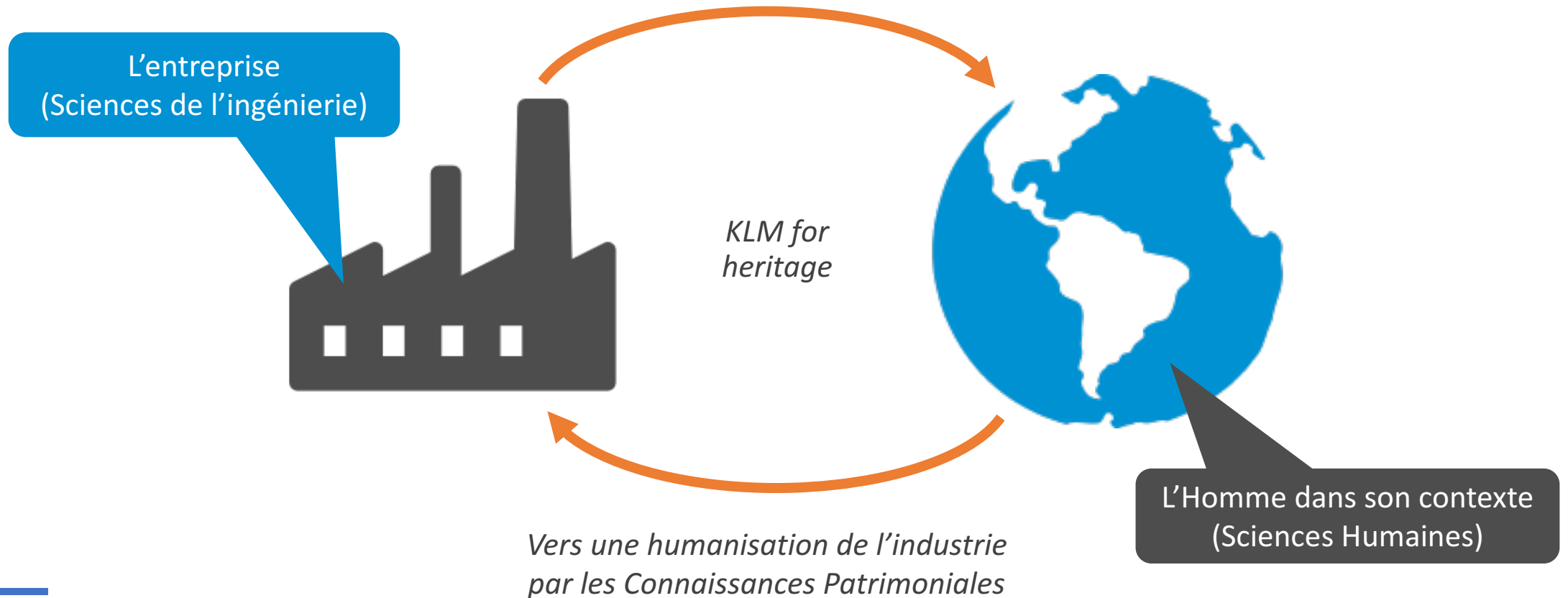
- ✓ **Un aspirateur virtuel de savoir-faire ?**
- ✓ **Continuité numérique** → ADN intergénérationnel du savoir immatériel industriel
- ✓ **Statut du double numérique** → label « patrimoine numérique 3D »
- ✓ Nouvelles approches pour l'**industrie du numérique**
- ✓ Permettre la **conservation** et la **reconversion** des sites industriels

3. Changement des mentalités pour transmettre les connaissances

- ✓ **Innovation dans les entreprises** par réinjection du savoir-faire ancien
- ✓ Le patrimoine comme **outil didactique** → **pédagogie transdisciplinaire**
- ✓ Evolution du **métier d'ingénieur**, comme un architecte de l'objet.

Prospectives : *Pour une nécessaire interdisciplinarité*

*Le patrimoine comme pilier de connaissance
pour construire un futur durable*



DATA ACCESS USE

KLM for Heritage

Soutenance Habilitation à Diriger les Recherches - 8 décembre 2017
Florent Laroche, Maître de conférences, Ecole Centrale de Nantes