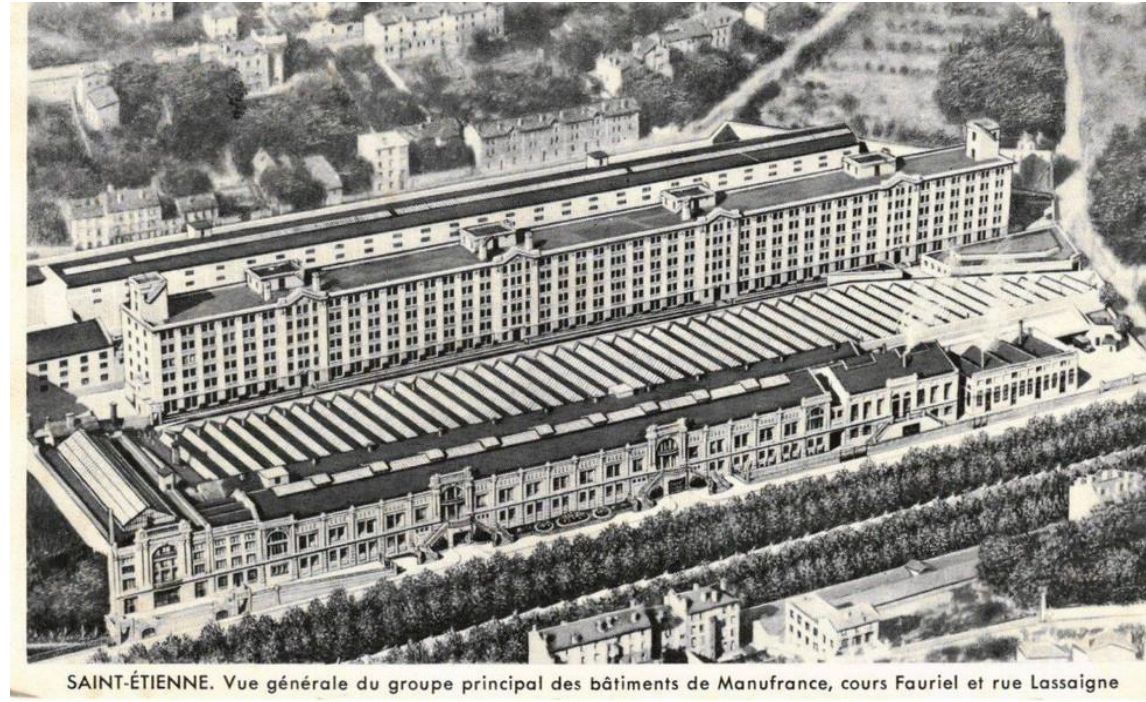


# Projet de jumeau numérique du bâtiment Espace Fauriel de Mines Saint-Étienne

Maxime Lefrançois  
<http://maxime-lefrancois.info/>

IMT – MINES Saint-Étienne – Institut Henri Fayol –  
LIMOS UMR 6158

# Bâtiment Espace Fauriel de Mines Saint-Étienne



SAINT-ÉTIENNE. Vue générale du groupe principal des bâtiments de Manufrance, cours Fauriel et rue Lassaigne

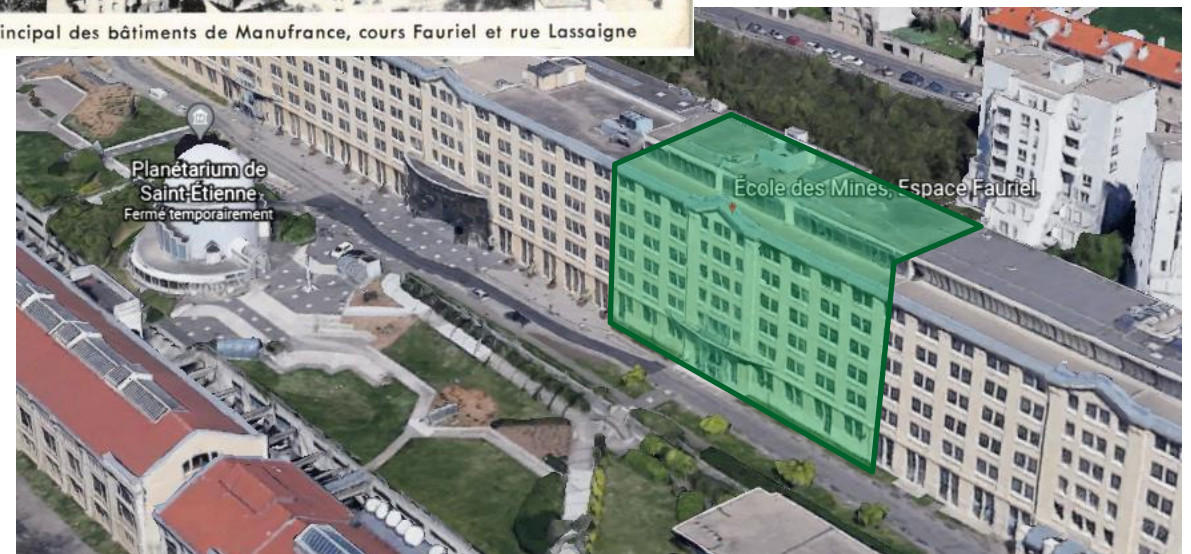
Construit autour de 1920 par Manufrance

Réhabilité en 1994

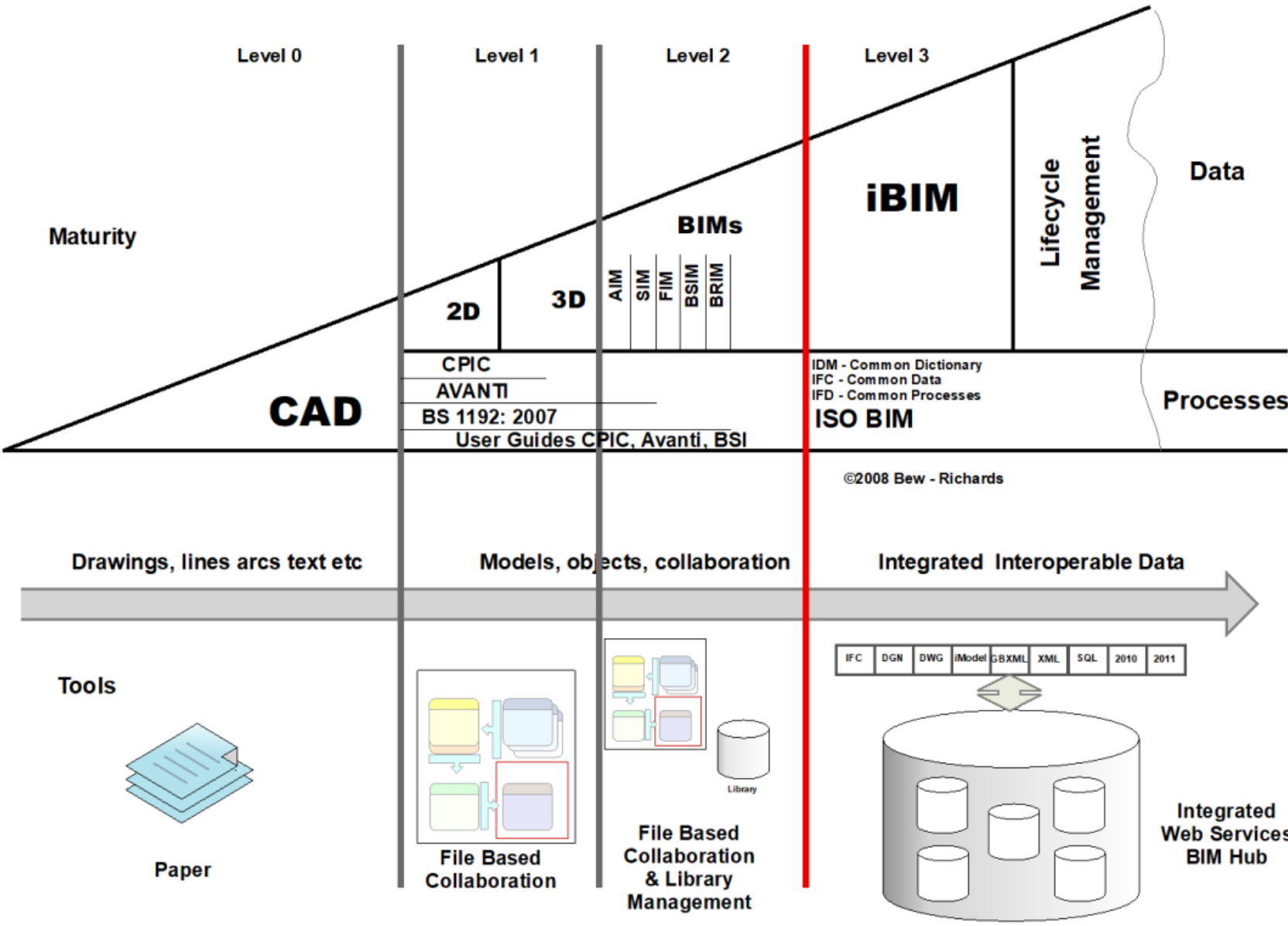
8 niveaux, 6720 m<sup>2</sup>

Conso moyenne journalière:

hiver 1,3MWh été 0,5MWh



# Niveaux de maturité Building Information Modeling (BIM)



©2008 Bew - Richards

M. Bew and M. Richards, Bew-Richards BIM maturity model, in: *BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting*, Brighton, UK, 2008.

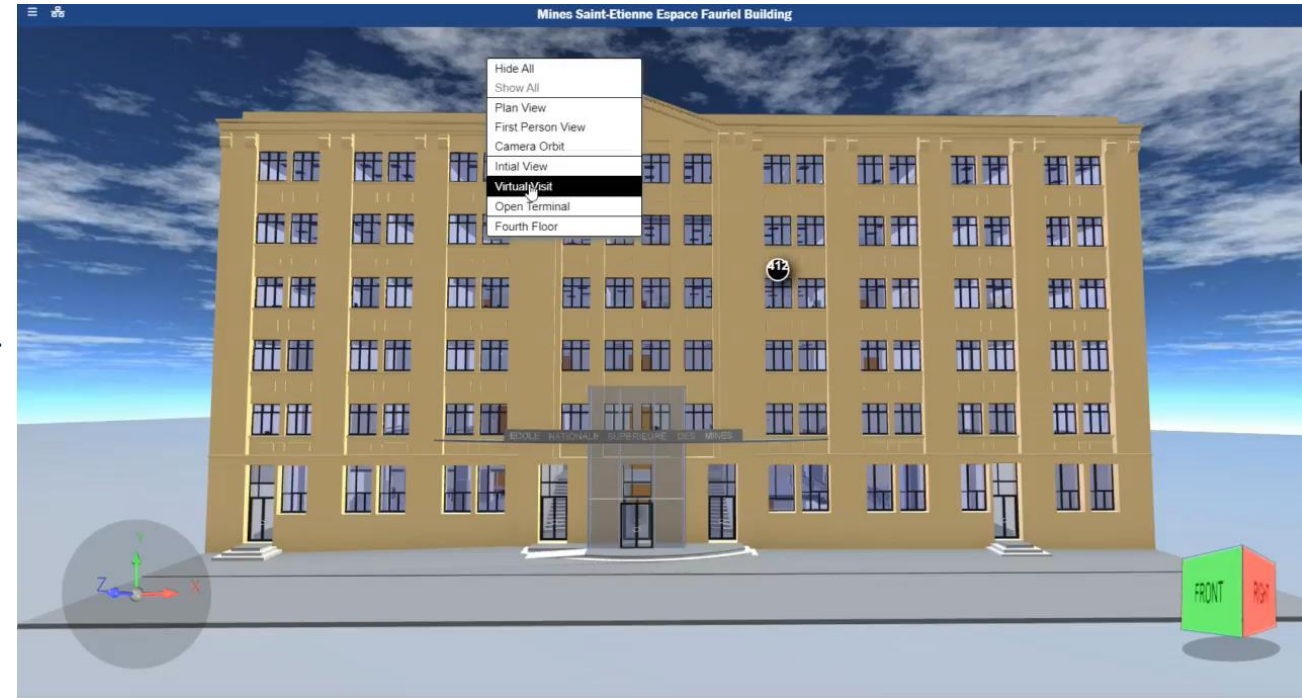
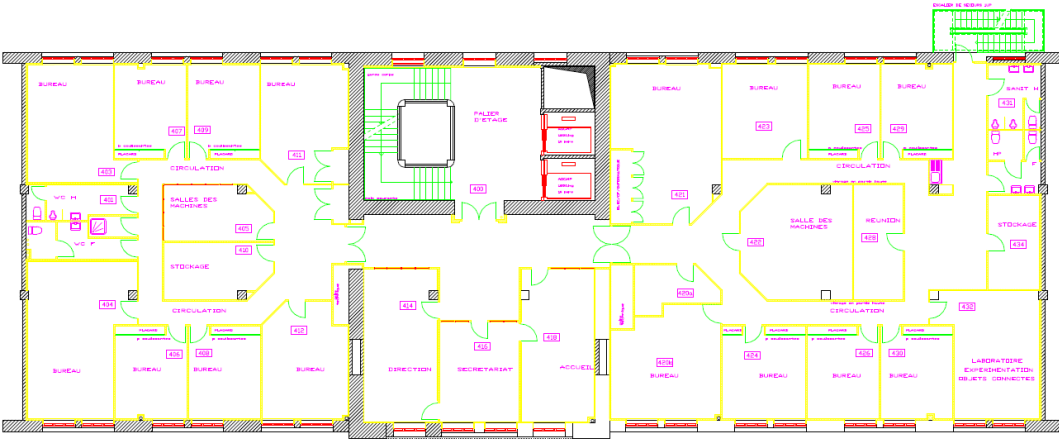


# BIM niveaux de maturité 2 et 3

## Niveau de maturité 2:

représentation standard des maquettes numériques, ex RVT, IFC (Industry Foundation Classes)

utilisation de bibliothèques standard pour les propriétés des objets (Property sets), ex: conductivité thermique



# BIM niveaux de maturité 2 et 3

## Niveau de maturité 3: BIM basé sur le web

REQ1: Échange d'informations sur le web ;

REQ2: Flux de travail collaboratifs entre les parties prenantes interdisciplinaires ;

REQ3: Normes interopérables, flexibles et ouvertes couvrant différents domaines ;

REQ4: Intégration, liaison, suivi des données distribuées.

# BIM niveaux de maturité 2 et 3

## Niveau de maturité 3: BIM basé sur le web

REQ1: Échange d'informations sur le web ;

REQ2: Flux de travail collaboratifs entre les parties prenantes interdisciplinaires ;

REQ3: Normes interopérables, flexibles et ouvertes couvrant différents domaines ;

REQ4: Intégration, liaison, suivi des données distribuées.

W3C®



LINKED BUILDING DATA  
COMMUNITY GROUP

Règle 1. URIs pour nommer les objets du bâtiment:

pieces, murs, éléments... permet à quiconque de les identifier dans des graphes de connaissances différents.

Règle 2. Utiliser des HTTP URI pour y rendre accessible des informations de référence

produits dans un catalogue, capteurs, actionneurs...

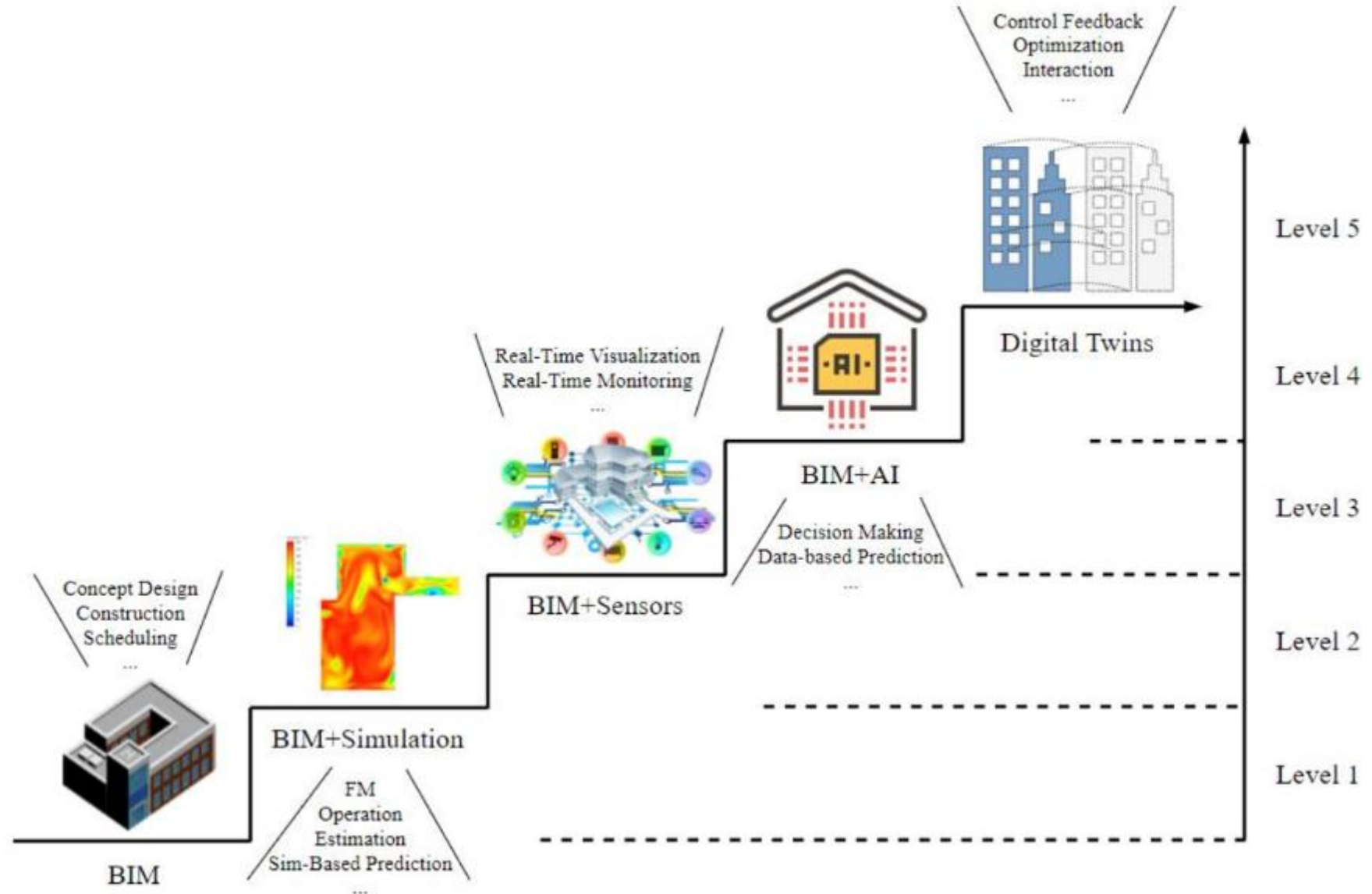
Règle 3. Utiliser des formats et modèles de connaissances communs (RDF, SPARQL, ontologies)

pour favoriser l'interopérabilité sémantique...

Règle 4. Inclure des liens hypermédias vers d'autres entités,

par exemple un lien d'un appareil vers un Service du Web des Objets pour interagir avec

# Niveaux de maturité Jumeau numérique



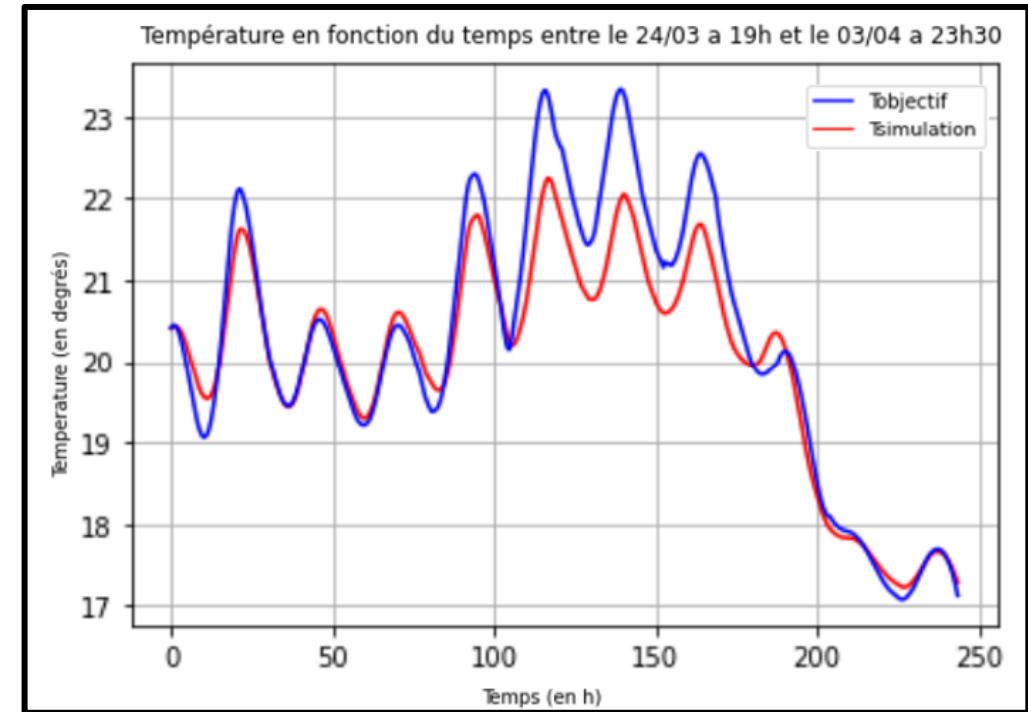
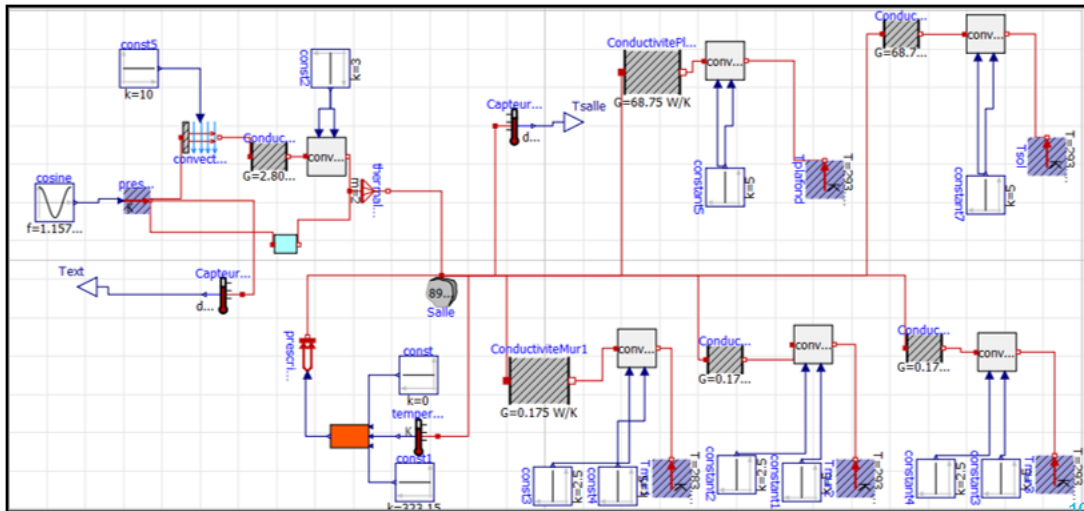
# Jumeau numérique niveau 2

BIM + simulation:

Functional Mock-up unit

Estimation

Prédiction,...



- élaboration de modèles de simulation thermique du bâtiment
- détermination des conductances et capacités thermiques à partir des données



# Jumeau numérique niveau 3



## BIM + simulation + capteurs

visualisation temps réel

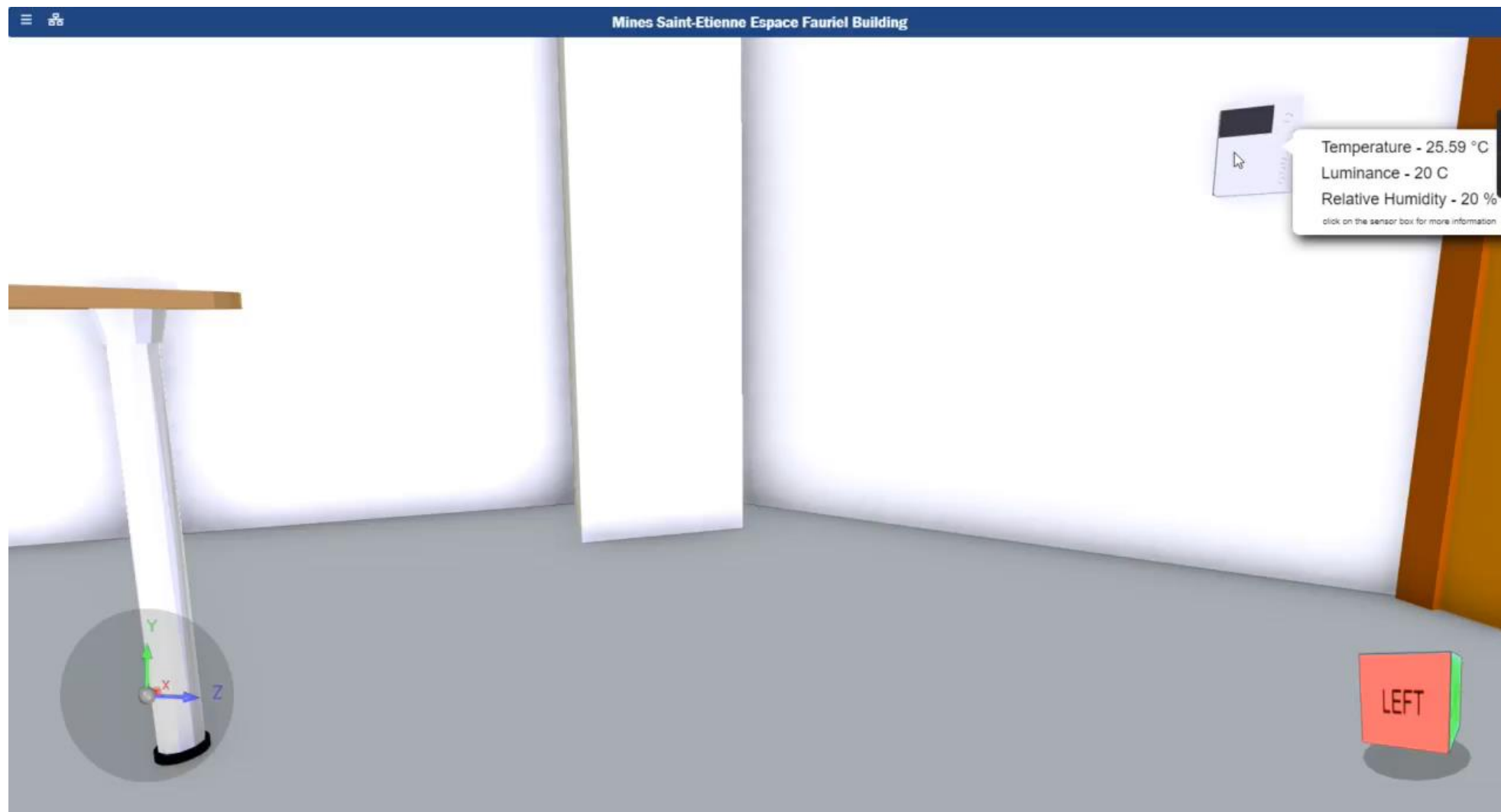
monitoring temps réel

- Gestion technique du bâtiment historique KNX/IP (1994) <https://seafire.emse.fr/f/f59eb7ba70894c69b17e/>
- capteurs et monitoring MQTT/WiFi
- Smart Meters Modbus/TCP + capteurs LoRa extérieurs
- Journalisation + mise à disposition de l'historique

Device	topic	Address	Writable	Size	Name	FunctionText
329 RAZ éclairage Z1N0, Z2N0	emse/fayol/RDC/lighting/reset	4/0/30	true	1 Bit	S2	Commande sortie 2
330 RAZ erreurs	emse/fayol/alerts/reset	0/0/10	false	1 Byte	Erreur	Reset
331 Reception	emse/fayol/RDC/entrance-hall/temperature/outside	0/0/5	true	2 Bytes	Température	Température extérieure
332 Reception	emse/fayol/RDC/entrance-hall/temperature/current	1/0/5	false	2 Bytes	Indication d'état	Température ambiante
333 Reception	emse/fayol/RDC/entrance-hall/valve-position	1/3/237	false	1 Bit	Chauffage base	Position vanne ON / OFF
334 Reception	emse/fayol/RDC/entrance-hall/temperature/setpoint	1/3/37	false	1 Byte	Indication d'état	Mode en cours (Confort, ...)
335 Reception	emse/fayol/RDC/entrance-hall/temperature/setpoint/select	2/1/47	true	1 Byte	Thermostat	Sélection mode (Confort, ...)
336 Reg 103 / Terminaux 1	emse/fayol/1ET/103/temperature/outside	0/0/5	true	2 Bytes	Température	Température extérieure
337 Reg 103 / Terminaux 1	emse/fayol/1ET/103/temperature/current	1/0/12	false	2 Bytes	Indication d'état	Température ambiante
338 Reg 103 / Terminaux 1	emse/fayol/1ET/103/valve-position	1/3/244	false	1 Bit	Chauffage base	Position vanne ON / OFF
339 Reg 103 / Terminaux 1	emse/fayol/1ET/103/temperature/setpoint	1/3/44	false	1 Byte	Indication d'état	Mode en cours (Confort, ...)
340 Reg 103 / Terminaux 1	emse/fayol/1ET/103/temperature/setpoint/select	2/1/50	true	1 Byte	Thermostat	Sélection mode (Confort, ...)
341 Reg 104 / Cours 66 places	emse/fayol/1ET/104/temperature/outside	0/0/5	true	2 Bytes	Température	Température extérieure
342 Reg 104 / Cours 66 places	emse/fayol/1ET/104/temperature/current	1/0/21	false	2 Bytes	Indication d'état	Température ambiante
343 Reg 104 / Cours 66 places	emse/fayol/1ET/104/valve-position	1/3/253	false	1 Bit	Chauffage base	Position vanne ON / OFF
344 Reg 104 / Cours 66 places	emse/fayol/1ET/104/temperature/setpoint	1/3/53	false	1 Byte	Indication d'état	Mode en cours (Confort, ...)
345 Reg 104 / Cours 66 places	emse/fayol/1ET/104/temperature/setpoint/select	2/1/57	true	1 Byte	Thermostat	Sélection mode (Confort, ...)

# Jumeau numérique niveau 3

## Visualisation dans le jumeau numérique



# Jumeau numérique

BIM + simulation + capteurs + actionneurs + IA

prise de décision

data-based predictions...

rétroaction de contrôle

optimisation

interaction

Prévention Covid-19 - Risques Aérosols : Les Meilleures Pratiques  
Pour Réduire Les Contaminations  
<https://nousaerons.fr/>

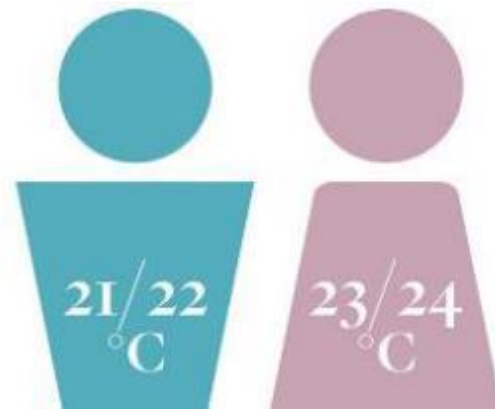
Chang TY, Kajackaite A (2019) Battle for the thermostat: Gender and the effect of temperature on cognitive performance. PLoS ONE 14(5): e0216362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216362>

<https://cms.law/fr/fra/publication/presentation-de-l-avant-projet-de-loi-energie-climat>

**Cas d'utilisation: gestion chauffages et fenêtres pour satisfaire des objectifs antagonistes**



gestion de la santé



gestion du confort



gestion de l'énergie

# Exemple de projets passés, en cours, futurs



2020-2024 – 1,05 M€ - 305 PM  
<https://coswot.gitlab.io/>

ANR CoSWoT: Applications intelligentes et décentralisées sur des objets contraints utilisant les technologies du Web sémantique pour les bâtiments intelligents et l'agriculture durable



Laboratoire cybersécurité et internet des objets

Thèse CIFRE: Une approche hybride de modélisation sémantique et de co-simulation pour une meilleure prise en compte des phénomènes physiques dans un bâtiment intelligent



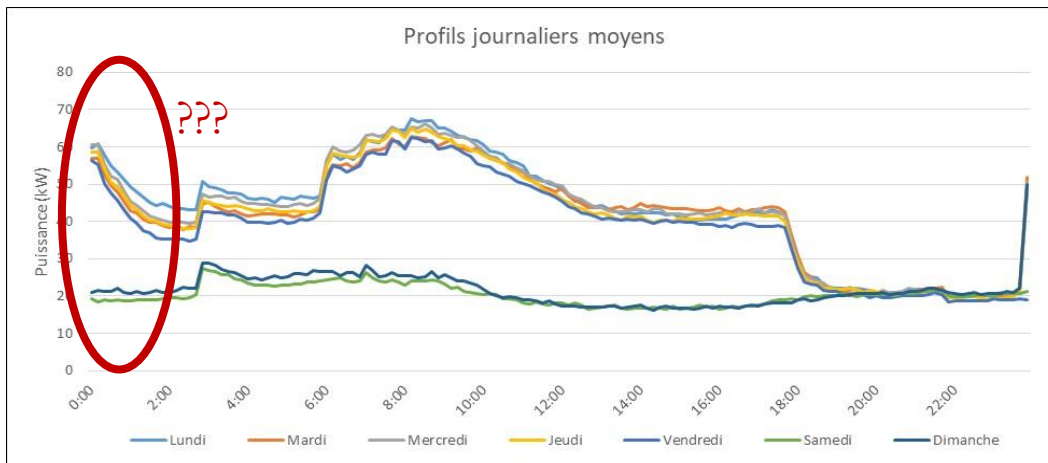
Projets étudiants, stages



2022-2025 – 11 pays, 20 partenaires, 5 M€ recherche post-doc pour automne

EU ACCORD: Automated Compliance Checks For Construction, Renovation Or Demolition Works.

sémantisation de la réglementation et règles lisibles par machine pour les processus numériques d'octroi de permis et de conformité.





# Projet de jumeau numérique du bâtiment Espace Fauriel

Dimension éthique liée aux objectifs de développement durable de l'ONU:



**Santé et bien-être** (Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge)



**Travail décent et croissance durable** (Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous)



**Infrastructures résilientes et innovation** (Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation)



**Villes et communautés durables** (Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables)



**Lutte contre les changements climatiques** (Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions)