

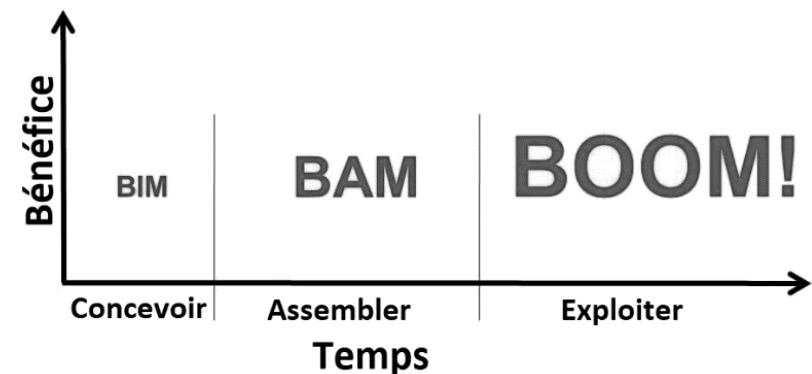
Analyse SWOT des Systèmes d'Information pervasifs dans les bâtiments intelligents sur les modes BIM, BAM et BOOM !

Christophe Ponsard et Mounir Touzani

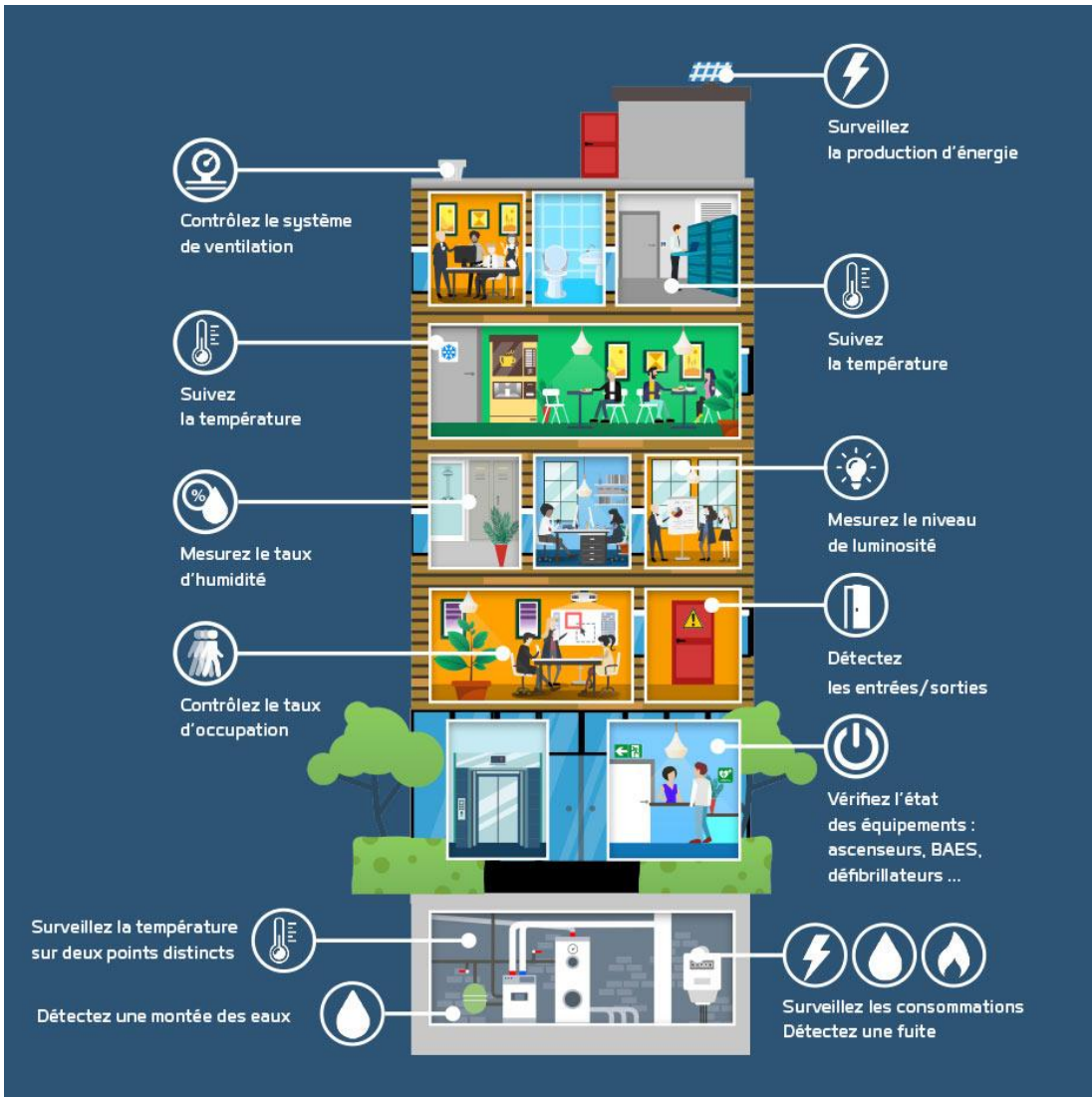
InforSID 2021, Atelier SI Pervasifs, en ligne, 1^{er} juin 2021

Contexte : Transformation numérique en construction

- Adoption des SI dans le domaine de la construction
 - Soutien des processus en place → nouvelles manières de collaborer/structurer/conduire le métier → « smart building » (Arkin, Paciuk, 1997) (Omar, 2018) (Architecture et Climat, 2019)
 - effort multidisciplinaire d'intégration et d'optimisation des structures, systèmes et services d'un bâtiment
 - dans le but de répondre aux enjeux généraux
 - de confort, de bien-être et de sécurité (pour les usagers)
 - de rentabilité, de performance énergétique et environnementale (pour l'exploitant)
 - en s'appuyant sur des technologies liées au monde numérique
- Rôle du SI : assurer cette « intelligence »
 - Gestion de différents objets, capteurs et fonctions du bâtiment pour interagir avec la possibilité de contrôle à distance ?
 - Plus que de la Gestion Technique Centralisée (GTC) : contexte ouvert et décentralisé
 - Plus que de l'opération : SI pour la conception, pour la construction et modèles correspondants (« cycle de vie »)
 - BIM : Building Information Model (Bâti Immobilier Modélisé)
 - BAM : Building Assembly Model
 - BOOM : Building Operation Optimisation Model
- Impact lié à la crise COVID-19 (bâtiment « autonome »)



Bim Bam Toi --- Carla par Igit et Barbara Pravi



But et structure du travail amont

- But : compréhension des enjeux liés à l'évolution technologique
- Démarche suivie :
 - Parties prenantes (« internes »/ « externes »)
 - Exigences portées sur le SI en particulier non-fonctionnelles (rentabilité, sécurité, ouverture...)
 - Cadre concret d'expérimentation : étude de cas interne au centre (CETIC) menée en collaboration avec l'acteur du domaine (CSTC)
 - Analyse « SWOT »
 - Dimensions internes : forces (+) et faiblesses (-)
 - Dimensions externes : opportunités (+) et menaces (-)
 - Alimentation par la littérature
- Démarche non exhaustive mais tentative d'être représentative pour alimenter l'atelier

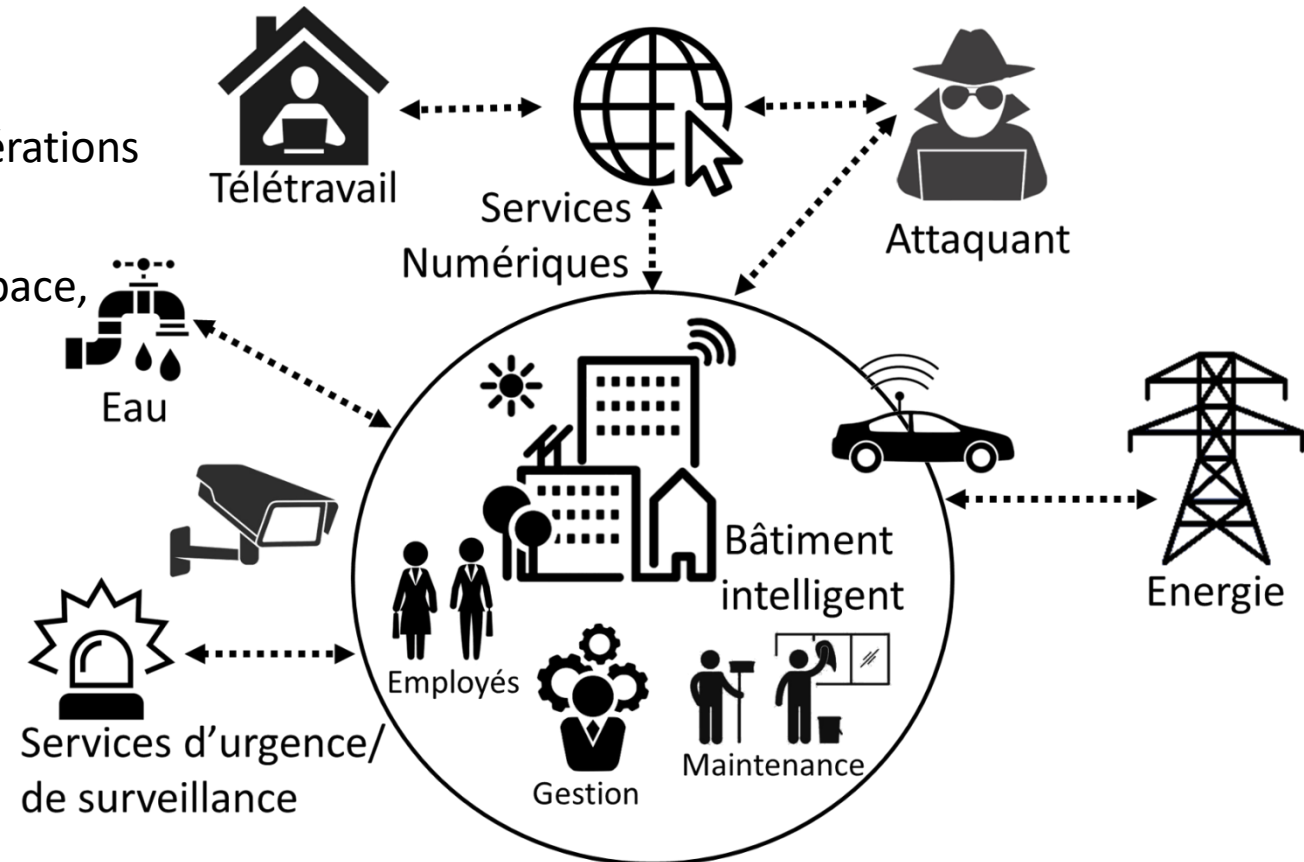
Capacité de base et parties prenantes

Fonctions de base communes

- connecter les humains dans des espaces physiques mais également virtuels
- leur permettre de collaborer efficacement pour mener à bien leurs missions
 - employés physiques ou à distance (new)
- assurer un meilleur contrôle des installations et des opérations
 - gestion/maintenance
- gérer de manière durable des ressources telles que l'espace, l'énergie, l'eau et les employés
 - Énergie, eau...
 - Services numériques (new)

Agents malveillants

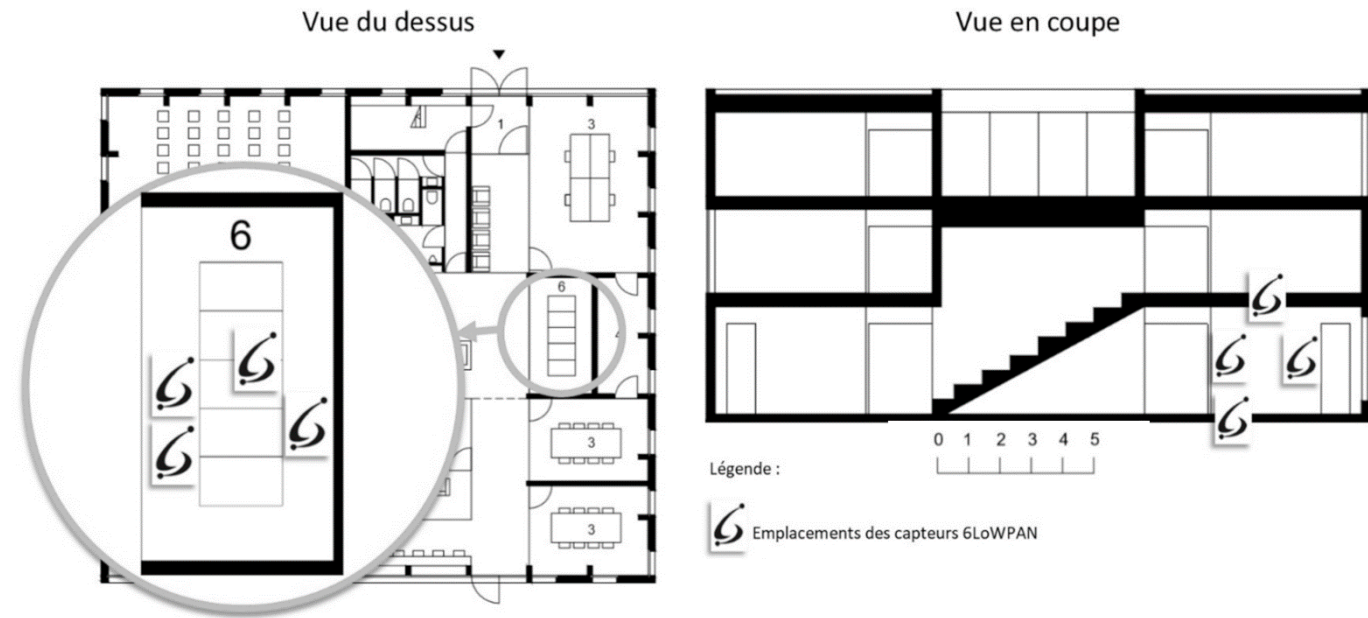
- Voleurs (intrusion physique)
- Attaquant informatique (new)



- **NFR de rentabilité : maintenance et gestion énergétique**
 - TCO : 20% = design/construction et 80% opérations → à optimiser (EC, 2017)
 - Efficacité énergétique : impact économique et écologique (empreinte CO2) mais à anticiper en phase de conception
 - Maintenance : connaître l'état, anticiper (préventif → analyse de données)
- **NFR de sécurité physique et de confort des utilisateurs**
 - garantir aux utilisateurs un environnement sûr mais aussi confortable et propice à la collaboration (Abdennadher, 2015)
 - Sûreté : dispositifs d'évacuation d'urgence et de contrôle d'accès
 - Confort : conditions environnementales optimales en termes de température, humidité, nuisances sonores, etc.
- **NFR d'ouverture**
 - Ouverture importante dans le contexte d'un environnement externe dynamique (gestion adaptative intelligente)
 - Exemple : s'ajuster aux conditions du réseau, en privilégiant les heures où l'énergie est abondante voire locale (PV)
 - Nécessité de pouvoir planifier des actions
 - Exemple : enclencher ou délester certains dispositifs électriques
- **NFR de flexibilité**
 - adaptation à de nouvelles exigences suite à une évolution du métier ou de l'environnement
 - crise de la COVID-19 → changements radicaux : locaux peu occupés et une pression IT pour le télétravail + impact sur d'autres systèmes (chauffage ou planification des salles de réunion)

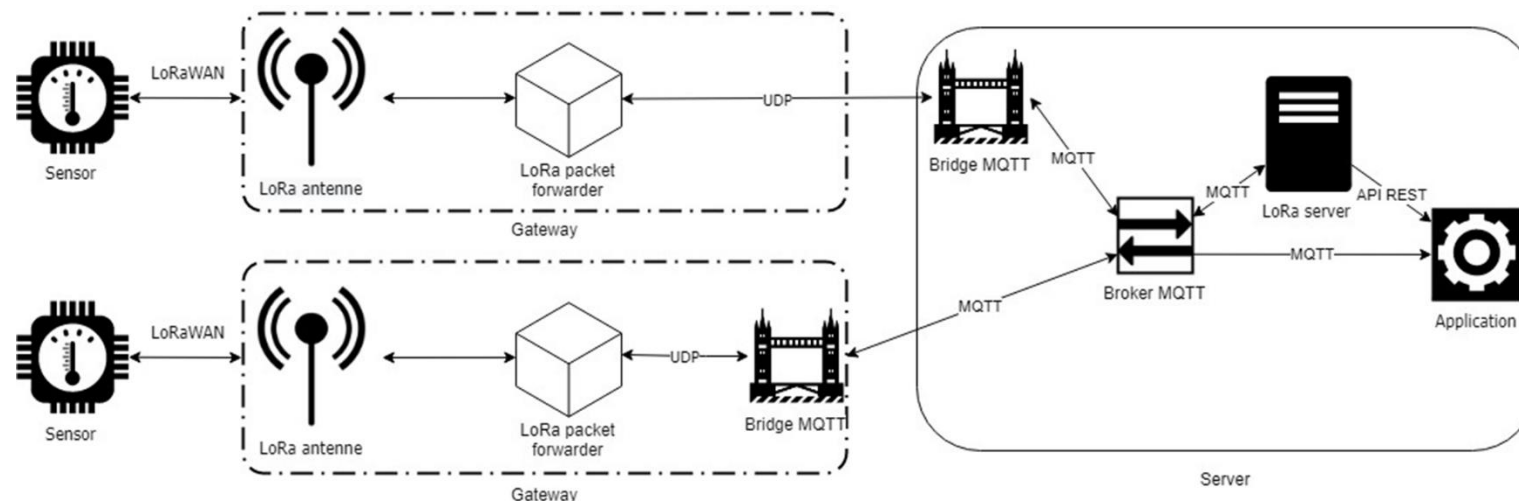
Etude de cas – scénario #1 : déploiement

- Deux scénarios de déploiement de SI dans notre bâtiment mené par le projet Build4Wal en collaboration avec le domaine de la construction en Belgique (Bernaud, 2019)(CSTC, 2019)
- Scénario #1 : déployer un réseau de capteurs afin de collecter des informations sur l’environnement du bâtiment
 - Sur 3 étages, environnement béton armé
 - Critères de consommation et portée
 - Techniquement : Zwave (+ coûteux, - adaptable) vs 6LowPan (+adaptable, même performance)
 - Border routeur « edge » pour prétraitement avant de traiter les données sur un Cloud
→ **sécurité (C/I/A) ?**
 - Topologie mesh des capteurs
→ **ouverture, facilité de maintenance**
 - Plateforme de traitement (promoteus, grafana,...)
→ **open source (ouverture, lockin,...)**



Etude de cas – scénario #2 : Gestion énergétique

- Le SI doit assurer le monitoring des « gros postes » de consommation : HVAC, l'armoire électrique et compteurs officiels d'eau, de gaz et d'électricité
 - Périmètre : bâtiment et parking (3800 m²)
 - Techniquement : WM-Bus et LoRa
 - mêmes caractéristiques en termes de portée, de consommation et débit
 - différences majeures de prix et évolutivité
 - WM-Bus : protocole très structuré, facile à déployer mais capteurs couteux
 - LoRa : plus abordable et à adapter à un format de données (y compris pour imiter WM-Bus)
- ➔ **adaptabilité, interopérabilité (lockin)**
- Topologie : arbre-étoile avec passerelle via protocole MQTT, permet aux SI de s'abonner à des messages
- ➔ **ouverture**



- **Meilleure coordination de bout en bout d'un projet immobilier**
 - grâce à l'enchaînement et l'enrichissement des modèles BIM/BAM/BOOM → chaîne d'information (Dragoicea *et al.*, 2013)
 - meilleure estimation des matériaux nécessaires et planification des travaux
 - meilleure sécurité sur le chantier (Kaufmann *et al.*, 2018)
- **Gestion optimisée des coûts d'opération et contrôle de l'empreinte écologique**
 - contrôle des coûts d'opération via l'optimisation des systèmes, des services et de la gestion (Omar, 2018)
 - en phase de conception mais aussi dynamiquement lors du fonctionnement : adaptation de la consommation en tenant compte de l'activité des utilisateurs (Nguyen, Aiello, 2013)
 - contextualisation et gestion de la finesse de la collecte des informations via les capteurs de type IoT (Elkhouchi *et al.*, 2018)→ Globalement contribue à la réduction de l'empreinte écologique
- **Facilité de configuration et d'adaptation**
 - couche intelligente pilotée par logiciel → coordination, plus de flexibilité et adaptabilité y compris dans des scénarios imprévus (par exemple, la crise COVID-19)
 - Importance de l'architecture déployée pour prendre en compte l'hétérogénéité, le contexte et la dynamique (Khalfi, Benslimane, 2014)

- **Mauvaise expérience utilisateur** par rapport aux systèmes mis en place
 - Obstacles :
 - système non fiable (ex. contrôle d'accès)
 - impression d'espionnage (ex. gestion des informations de présence)
 - mauvaise interface utilisateur de services
 - mauvaise organisation du bâtiment lui-même, etc.
 - Mitigation : impliquer les utilisateurs plus tôt dans le processus
 - dès la conception (BIM)
 - en validant des affinements (dans le BAM)
 - et pour les aspects de personnalisation au niveau du BOOM
- **Perte de maîtrise**
 - application trop poussée de l'automatisation, l'optimisation et la prédiction → perte de la compréhension
 - réduction des possibilités de s'écarter des décisions prises par les SI (Architecture et Climat, 2019) → perte de contrôle
 - configuration/maintenance fastidieuse (pléthore de capteurs) → protocoles adaptatifs en « mesh » de l'étude
- **Pérennité des informations**
 - certaines informations à longue durée de vie (modèles BIM/BAM/BOOM)
 - leur préservation des données nécessite une approche réfléchie (Aliouali, Dahmane, 2007)
 - et basée sur des standards tels que OAIS (ISO, 2012)
- **Amortissement du surcoût**
 - balance entre économie et surcoût technologique dans les phases de conception, de construction et d'opération
 - aspect de maturité technologique dans les estimations (efficacité théorique vs pratique, obsolescence, etc.)

- **Ouverture des SI** sur les systèmes externes
 - permet des évolutions vers des scénarios d'intégration plus riches entre le bâtiment et des systèmes externes
 - p.ex. en intervention d'urgence : transmission en temps réel des informations nécessaires aux intervenants autorisés
 - p. ex. au niveau énergétique, intégration du bâtiment dans un smart grid : prise de contrôle sur certains appareils (Maasoumy *et al.*, 2015)(Lawrence *et al.*, 2016)
- **Utilisation de techniques d'IA**
 - optimisation plus poussée des systèmes pour mieux anticiper les patterns d'utilisation des locaux et services
 - techniques d'apprentissages pour prédire les chances d'occupation en fonction des paramètres de temps et de durée (Yu, 2010)
 - modules de simulation BIM → jumeau numérique en phase d'exploitation pour la prise de décision (Cohen, 2020)
 - couplage possible à des données de systèmes externes, p.ex. les prévisions météorologiques (Kavalionak, 2019)

- **Cybersécurité**

- interconnexion et infiltration des SI dans le bâtiment intelligent → surface d'attaque accrue
- nécessité d'une démarche orientée sur les risques de cybersécurité dès le stade de la conception
- modélisation BIM utile pour découvrir des scénarios de menaces et évaluer les impacts en y intégrant un modèle de SI (infrastructure interne et lien avec l'extérieur (Cloud) et sur le Edge Pan, McElhannon, 2018)
- mesures à intégrer dans la mise en œuvre du BAM et suivi opérationnel BOOM (surveillance/réévaluation)
- attention à la protection des données personnelles collectées de diverses façons (contrôle d'accès, capteurs de présence, authentification sur des postes...) en respect du RGPD (EC, 2016)
 - possibilité d'augmenter le modèle BOOM avec la notion de propriété « ownership » des données et de fournir des garanties aux utilisateurs sur leurs utilisations (Boyer *et al.*, 2006)

- **Dépendance technologique**

- étude de cas : difficulté de mise en œuvre du BAM
- compromis entre différents critères considérés (coût, consommation, adaptation...)
- standards ouverts à privilégier, de même que les technologies les plus matures et sécurisées
- compromis généralement nécessaires face à des technologies en évolution rapide
 - adaptabilité en maîtrisant les coûts

Conclusion et Perspectives

- L'analyse non exhaustive est basée sur différentes sources
- Mais esquisse assez représentative des enjeux et défis relatifs aux SI pour alimenter les réflexions de la communauté

- Par la suite, nous comptons :
 - intégrer plus de retours en élargissant notre étude de cas (trop centrée sur la phase d'opération/infra)
 - conduire une revue plus poussée de la littérature et des retours collectés lors de plusieurs ateliers
 - examiner l'évolution vers des technologies de systèmes autonomes à la fois du point de vue du SI et du point de vue énergétique (bâtiments autonomes mais aussi véhicules)



Your Connection to ICT Research

Aéropole de Charleroi-Gosselies
Avenue Jean Mermoz 28
6041 Charleroi - Belgique



twitter.com/@CETIC
twitter.com/@CETIC_be



linkedin.com/company/cetic



info@cetic.be



+32 71 159 362

Questions ?

Christophe Ponsard

R&D&I Coordinator

+32 472 56 90 99

christophe.ponsard@cetic.be