



**AEĒCQ**

Association des estimateurs et des  
économistes de la construction du Québec

# Les drones au service de la construction

Présenté par Georges Rizkallah, ing., M.Ing.

# Agenda

---

- Introduction
- Drones
- Législation
- Applications
- Conclusion
- Avenues futures





# Problématique

---

- Complexité de la construction
- Collecte et relais de l'information inefficace
- Technologie avec potentiel non utilisée
- Méthodes traditionnelles de capture de l'information
  - Extraction des échéanciers, dessins et devis
  - Collecte de données manuelle
  - Rentrée répétitive de données



*« Quelles sont les technologies et comment les utiliser pour améliorer la capture et l'interprétation des données qui illustrent la progression d'un chantier de construction? »*



# Bénéfices Recherchés

- Suivi de progression
- Assurance qualité
- Logistique
- Contrôle de qualité
- Surveillance
- Inspection
- Sécurité
- Gestion de projet et des ressources
- Planification
- Documentation du tel-que-construit (TQC)
- Productivité





# Technologies en Construction

- Réalité Augmentée
- Réalité Virtuelle
- Balayeurs au Laser
- Préfabrication
- Impression 3D
- Radio Fréquence (RFID)
- Drones



# Quelques Statistiques

½ Million d'individus utilisent des drones pour des usages commerciaux

Industries d'application :

• <b>Construction   Plomberie</b>		<b>11.5 %</b>
• Fabrication		9.9 %
• Informatique   Communication		9.1 %
• Photographie		8.8 %
• Transport		7.7 %
• Services professionnels (i.e. compatibilité   droits)		6.6 %
• Marketing		5.1 %
• Éducation		4.7 %
• Commerce de détail		4.0 %
• Santé (i.e. pharmacie   hôpitaux)		3.3 %

# Quelques Statistiques

## Japon

On désire utiliser les drones pour améliorer la productivité sur les chantier de construction par 20% d'ici 2025, incluant les travaux d'infrastructure (tunnels, ponts, barrages) et surtout pour les Jeux Olympiques de 2020



## Royaume-Unis

12 % des firmes de construction des R-U utilisent des drones sur leurs chantier de construction

## États-Unis

Des drones surveillent et traquent la productivité des ouvrier sur un chantier de construction de \$448M en Californie

# Quelques Statistiques

*“Les drones auront un impact majeur sur l’industrie d’arpentage et de cartographie. Le Ministère du Travail (Ministry of Labor) aux É.-U. prévoit une diminution de 2% en nombre d’arpenteurs de 2014 à 2024.”*



*“Par contre, on prévoit une augmentation de 29% dans l’industrie de photogrammétrie; c’est-à-dire les photogrammètres feront plus de travail d’arpentage et les arpenteurs utiliseront les outils de photogrammétrie pour la cartographie.”*

# Drones

---

- Un drone désigne un aéronef sans pilote à bord Véhicule Aérien Sans Pilote (VASP)  
« *Unmanned Aerial Vehicle* » (UAV)
- Le drone peut avoir un usage civil ou militaire
- Le drone peut être équipé de technologies de détection et capture:  
Caméra thermique IR, LiDAR et photographie aérienne



# Drones

## Balayage au laser LiDAR

« *Light Detection and Ranging* »

### Applications :

- Topographie
- Arpentage
- Volumétrie
- Agriculture
- Mines
- Glaciers



Prix – 55,000± USD



PHOENIX  
AERIAL SYSTEMS



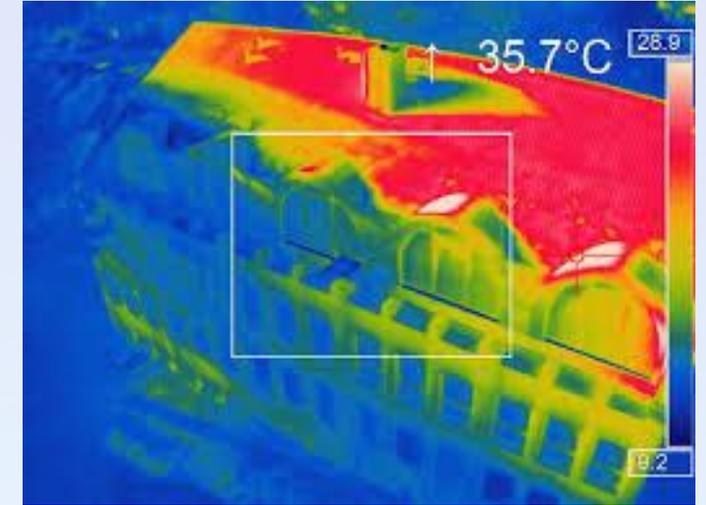


# Drones

## Imagerie Thermique

### Applications :

- Inspection de toitures
- Sécurité et urgences
- Thermo-diagnostiques
- Inspection des pipelines, mines, etc.
- Agriculture
- Centrales photovoltaïques
- Imagerie de gaz



Prix – 10,000 USD



# Drones



Prix – 1,050 USD



## Photographie Aérienne

### Applications :

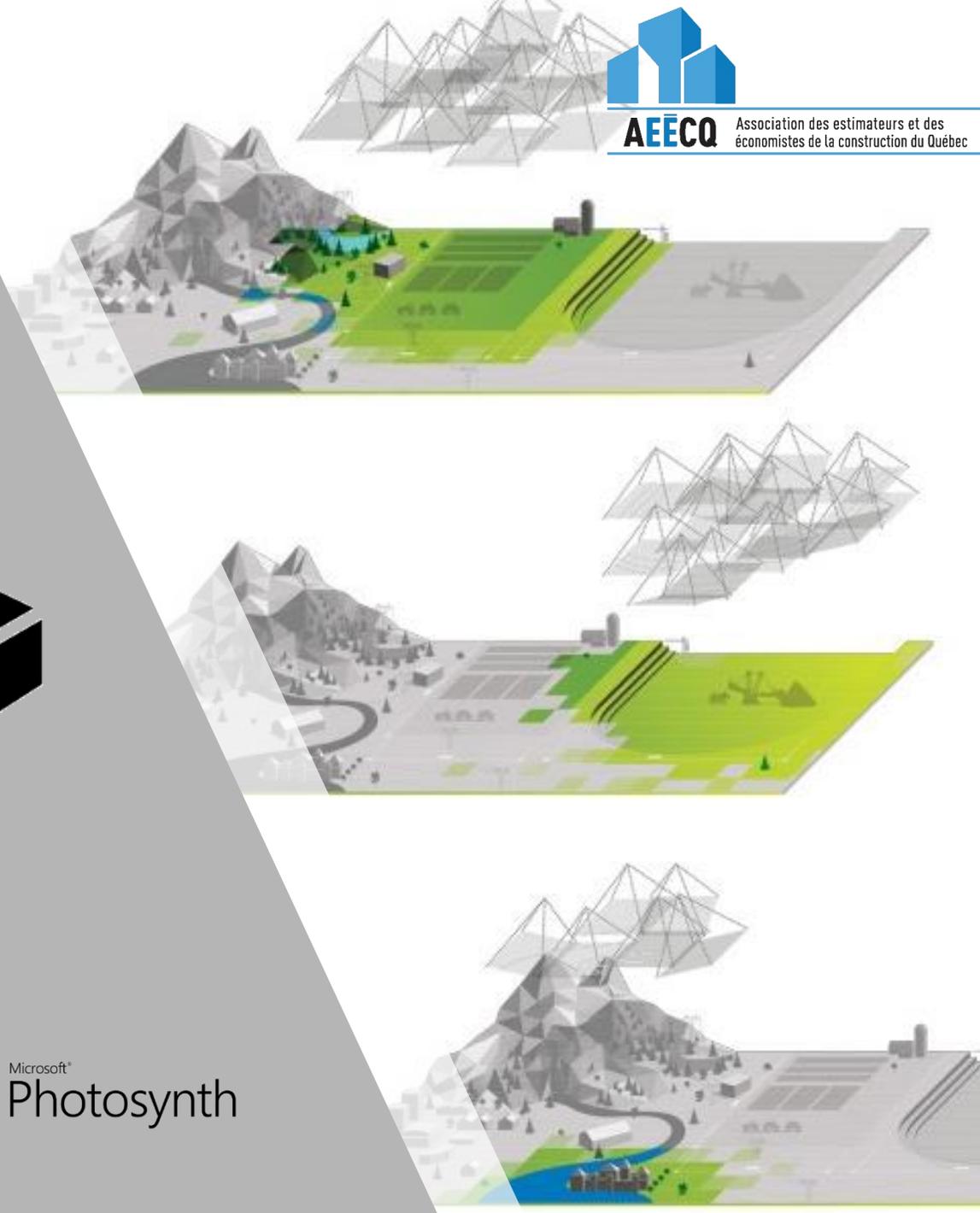
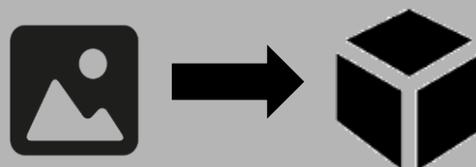
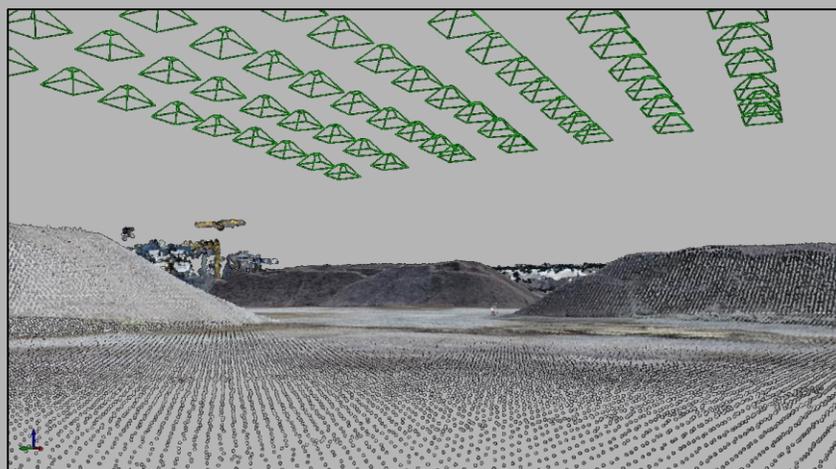
- Arpentage et topographie
- Surveillance
- Photographie aérienne
- Secteur agricole et minier





# Photogrammétrie

La photogrammétrie est le processus inverse de la photographie : un objet 3D est créé à partir de photos 2D



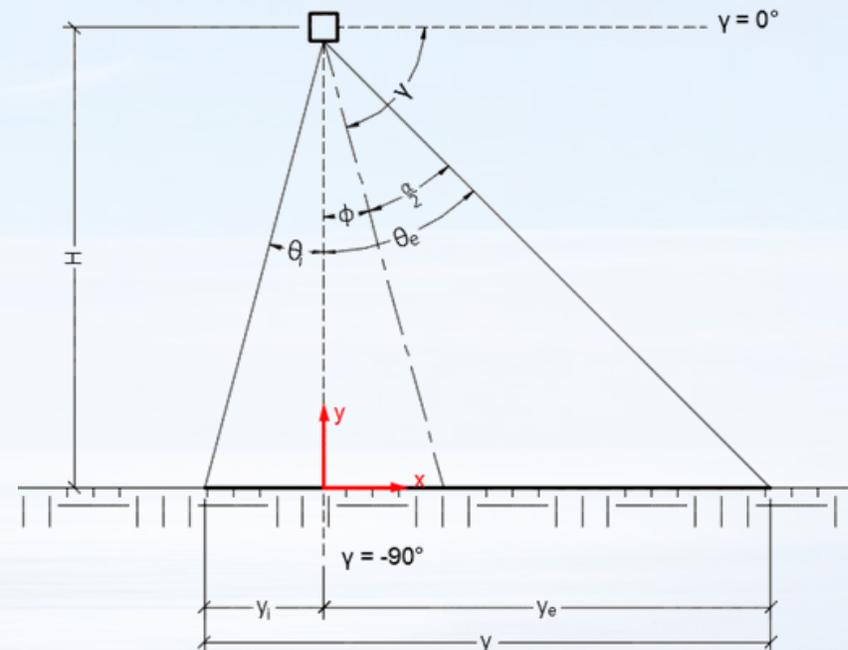
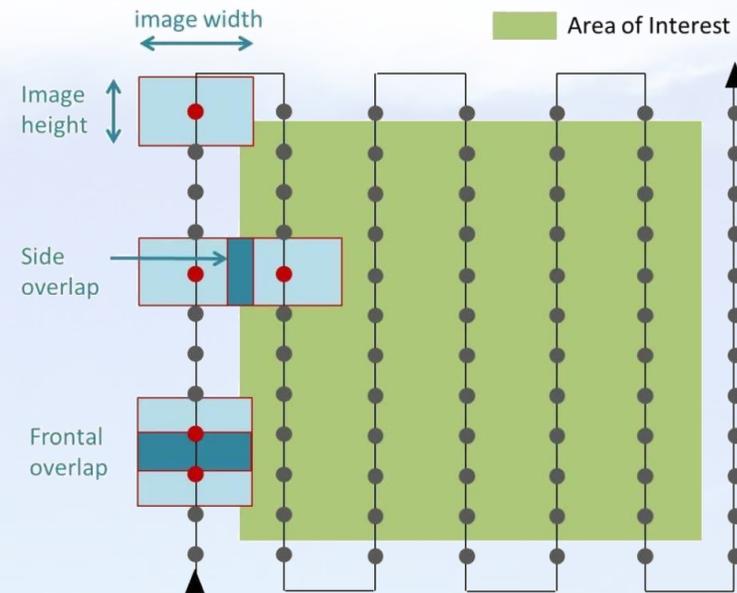
# Photogrammétrie

## Chevauchement des images

- Vitesse du drone ( $v_d$ )
- Fréquence de capture ( $f_p$ )
- Altitude du drone ( $H$ )
- Angle de la caméra ( $\gamma$ )
- Caractéristiques internes de la caméra

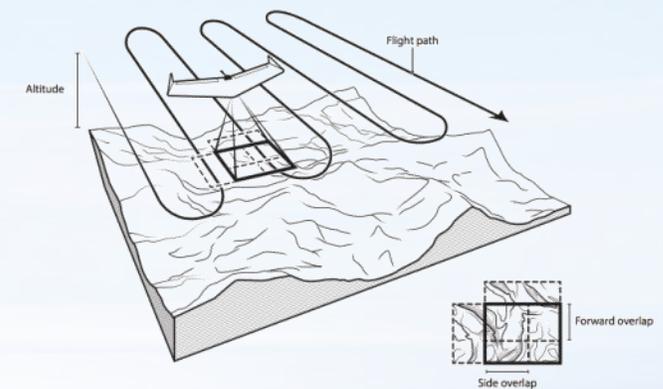
Minimum 75%

$$\frac{v_d}{f_p \cdot H \cdot (\tan(\varphi + \alpha/2) - \tan(\varphi - \alpha/2))} \leq 0.15$$



# Choix du Drone

- Prix
- Poids
- Durée de vol
- Température
- Type de fixation de caméra
- Spécifications de caméra
- Résistance au vent
- Portée
- Applications
- Compatibilité avec technologie mobile
- Autonomie et GPS
- Évasion collision



# Choix du Drone

Solo



- **PRIX : 1,000 USD**
- POIDS : 1,500 g
- **DURÉE DE VOL : 25 min**
- TEMP. : 0°C à 45°C
- **VENT MAX : 40 km/h**
- CAMÉRA EXTERNE
- PORTÉE : 805 m

Phantom 2 Vision+



- **PRIX : 1,300 USD**
- **POIDS : 1,242 g**
- **DURÉE DE VOL : 25 min**
- TEMP. : 0°C à 40°C
- VENT MAX : 30 km/h
- CAMÉRA INTERNE -90°
- PORTÉE : 800 m



X8-M

- PRIX : 5,400 USD
- POIDS : 3,500 g
- DURÉE DE VOL : 14 min
- TEMP. : 0°C à 40°C
- **VENT MAX : 40 km/h**
- CAMÉRA INTERNE -90°
- PORTÉE : 1,000 m



Inspire 1

- PRIX : 3,100 USD
- POIDS : 2,935 g
- DURÉE DE VOL : 18 min
- **TEMP. : -10°C à 40°C**
- VENT MAX : 36 km/h
- **CAMÉRA INTERNE 360°**
- **PORTÉE : 2,000 m**

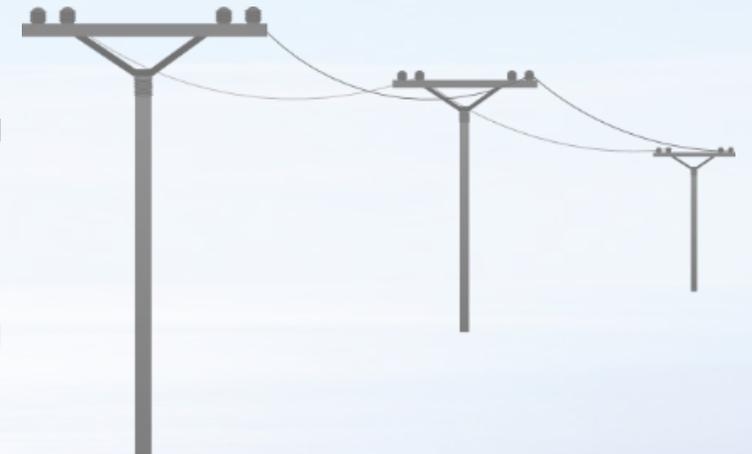
# Procédure de Vol

- Avoir un plan de vol : trajet, hauteur, coordonnées géodésiques, etc.
- S'assurer que tout équipement est en bon état et que les piles sont chargées
- Installer et mettre à jour les logiciels et applications mobiles requises
- Calibrer le compas de l'aéronef
- S'assurer que le système GPS est connecté (pour un vol autonome)
- Placer le drone sur une surface plate
- Sécuriser le périmètre de décollage et d'atterrissage
- Lancer le vol



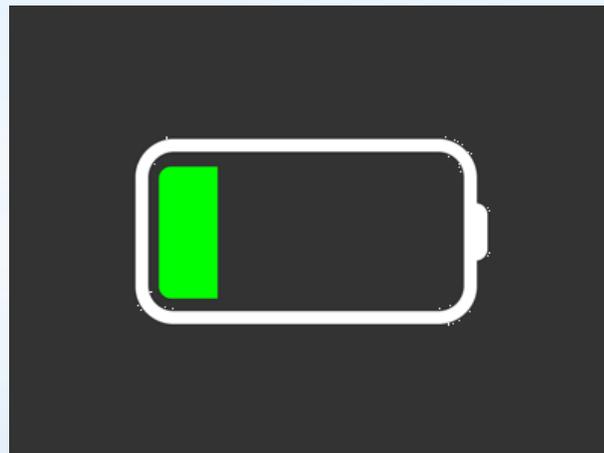
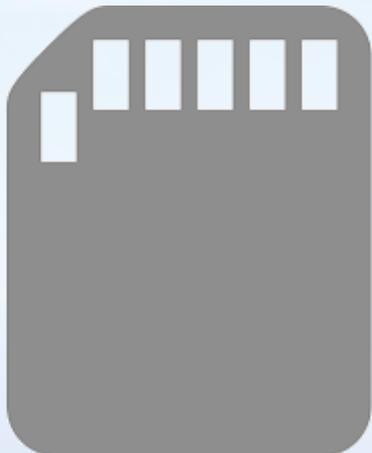
# Précautions – Environnement

- Conditions météorologiques favorables (vents, pluie, etc.)
- Aucun spectateur ou animal dans les environs
- Éviter les bâtiments, lignes de transmissions et tout obstacle
- Éviter les sources d'interférence magnétique



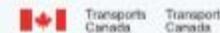
# Précautions – Drone

- Inspecter les hélices, la caméra et la télécommande
- Vérifier le système de stockage de mémoire
- S'assurer que toutes les piles sont chargées
- S'assurer que les patins d'atterrissage sont en bonne condition



# Législation

- Opérations de très petits drones
- Opérations limités (rurales)
- Opérations complexes (urbaines)



## LES DRONES, UN PASSE-TEMPS? RÈGLES POUR LEUR UTILISATION À DES FINS RÉCRÉATIVES

Pour la liste complète des règles, consultez la [mesure de sécurité](#) qui a été prise.

**C'est la loi!** Votre drone pèse plus de 250 g mais n'excède pas 35 kg et vous l'utilisez à des fins récréatives? Voici les règles à respecter :

### Faites voler votre drone :

- à une altitude maximale de 90 m
- à au moins 30 m de véhicules, de bateaux et du public, si votre drone pèse plus de 250 g mais n'excède pas 1 kg
- à au moins 75 m de véhicules, de bateaux et du public, si votre drone pèse plus de 1 kg mais n'excède pas 35 kg
- à au moins 5,5 km des aérodromes (tout aéroport, toute hydrobase ou tout endroit servant au décollage ou à l'atterrissage d'aéronefs)
- à au moins 1,8 km des hélicoptères ou des aérodromes utilisés uniquement par des hélicoptères
- à l'extérieur d'un espace aérien contrôlé ou réglementé
- à au moins 9 km d'un danger naturel ou d'une zone de catastrophe
- loin des zones où son utilisation pourrait nuire au travail des policiers ou des premiers intervenants
- le jour et jamais dans les nuages
- en le gardant dans votre champ de vision
- dans un rayon de 500 m ou moins de vous
- seulement si votre nom, adresse et numéro de téléphone sont clairement inscrits sur l'appareil.



En respectant ces règles, vous contribuerez à préserver la sécurité des personnes, des aéronefs et des biens. En y contrevenant, vous vous exposez à des amendes pouvant atteindre 3 000 \$.



# Opérations de Petits Drones

## Très petits drones de plus de 250 g à 1 kg

- Être âgé d'au moins 14 ans
- Inscrire sur le drone les renseignements de base (nom, adresse, coordonnées)
- Réussir un test de connaissances de base (en ligne)
- Détenir une assurance-responsabilité
- Garder l'appareil à au moins :
  - 5,5 km des aéroports
  - 1,85 km des héliports
  - 30 m de toute personne



# Opérations Limitées

## Petits drones de plus de 1 kg à 25 kg

- Être âgé d'au moins 16 ans
- Inscrire sur le drone les renseignements de base (nom, adresse, coordonnées)
- Réussir un test de connaissances de base (en ligne)
- Détenir une assurance-responsabilité
- Garder l'appareil à au moins :
  - 5,5 km des aéroports
  - 1,85 km des héliports
  - 150 m de tout rassemblement de personnes en plein air (p. ex. spectacle)
  - 75 m de toute personne et tout véhicule
  - 1 km des zones bâties



# Opérations Rurales

## Petits drones de plus de 1 kg à 25 kg

- Être âgé d'au moins 16 ans
- Détenir un permis de pilote pour petits drones
- Détenir une assurance-responsabilité
- Immatriculer l'appareil et le marquer d'un numéro d'identification unique fourni par Transports Canada
- respecter la norme de conception et les règles de vol
- Obtenir l'approbation du contrôle de la circulation aérienne
- Garder l'appareil à au moins :
  - 150 m de tout rassemblement de personnes en plein air (p. ex. spectacle), sauf s'il vole à au moins 90 m d'altitude
  - 30 m de toute personne, de tout véhicule et bateau





# Exemptions

Vous **n'aurez plus** besoin d'un certificat d'opérations aériennes spécialisées (COAS) si votre drone pèse entre 250 g et 25 kg et que vous l'exploitez en visibilité directe

Toutefois, vous devrez demander un COAS pour toute utilisation non prévue dans le règlement proposé, notamment si vous prévoyez exploiter un drone hors de portée visuelle ou si votre drone pèse plus de 25 kg



# Applications

---

- Chantier
- Modélisation
- Gestion

# Chantier

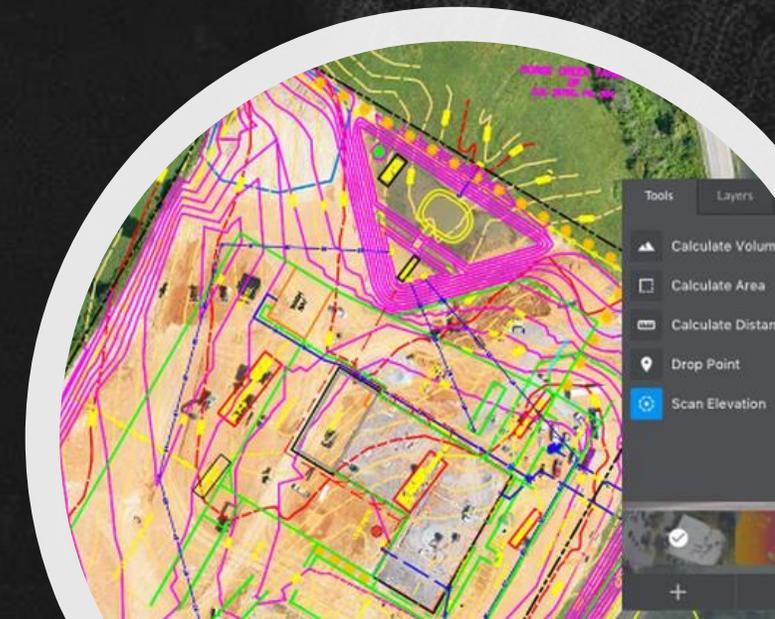
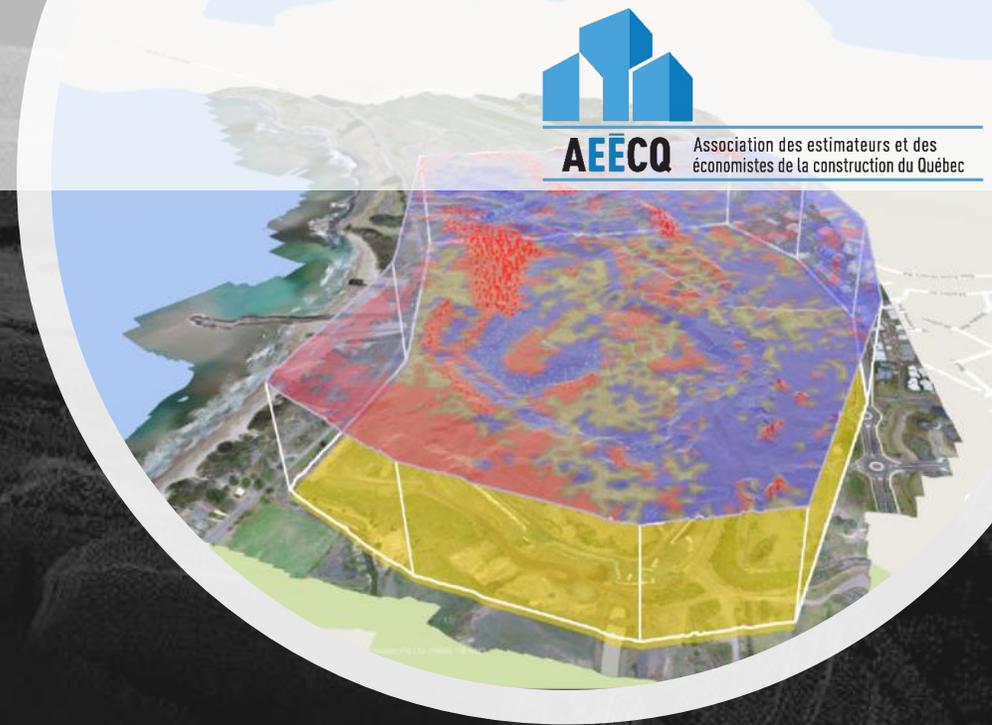
- Arpentage
- Terrassement
- Logistique
- Sécurité
- Zones Dangereuses
- Inspection

# Arpentage et Topographie

- Créer un modèle 3D du terrain
- Mesurer des distances, surfaces et volumes
- Topographie du site
- Indexer le terrain (i.e. végétation)
- Intervalle de précision : 4 à 6 cm

# Terrassement

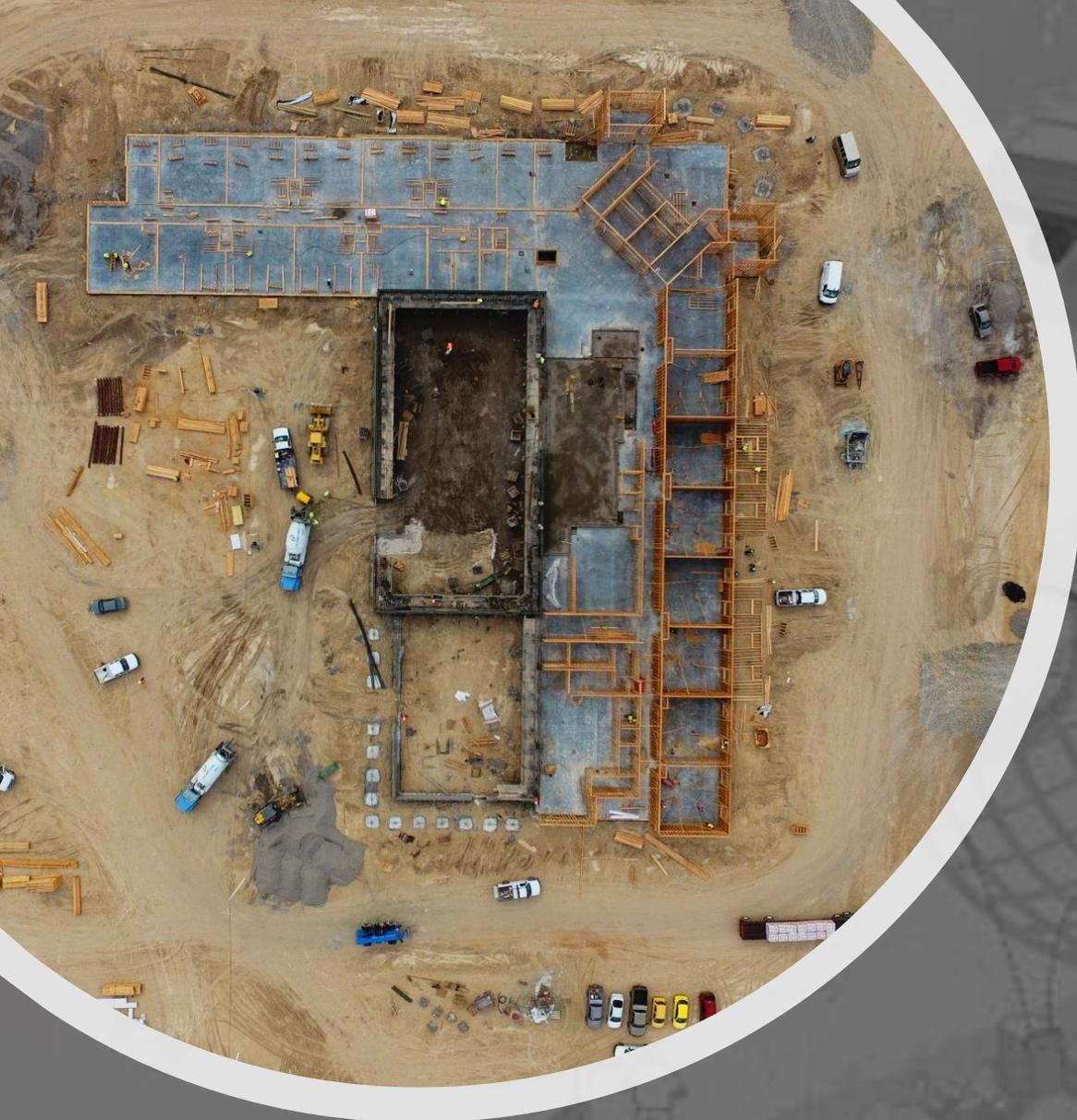
- Volumétrie
- Superficie
- Rapports de Déblai et Remblai





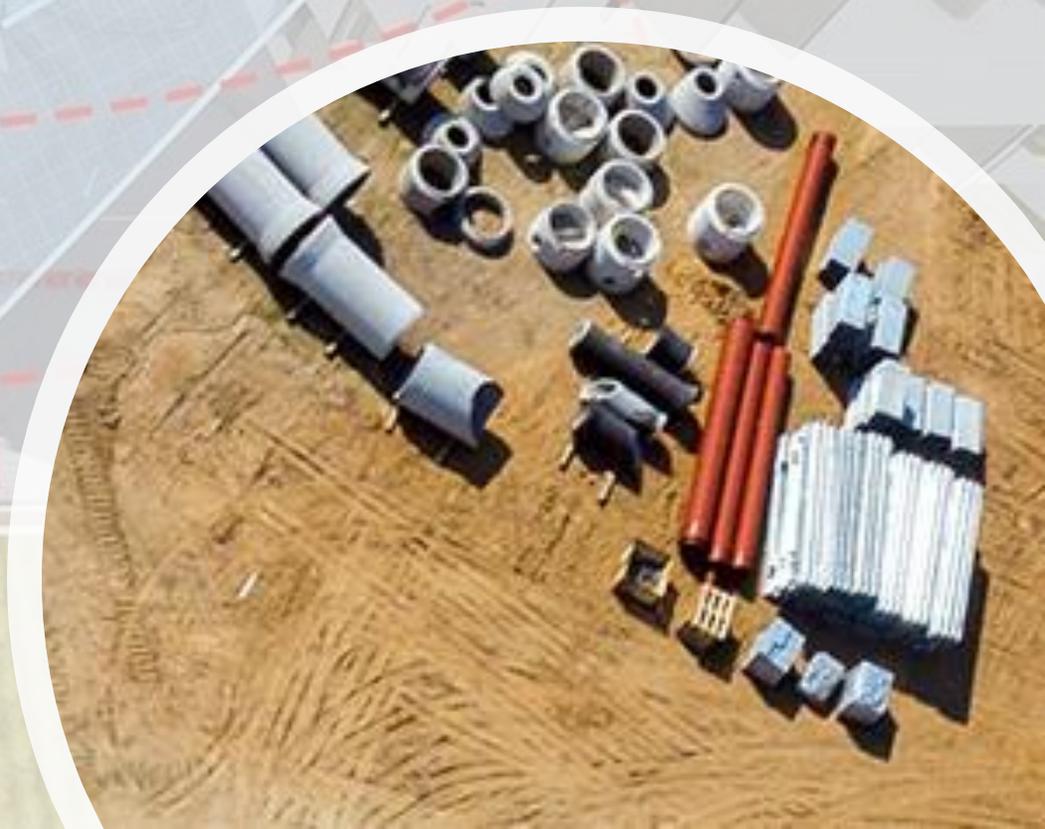
# Logistique

- Mobilisation
- Entreposage
- Ressources
- Approvisionnement



# Sécurité et Surveillance

- Suivi des mesures de sécurité
- Remplacer les inspections visuelles
- Surveillance du chantier
- Matériaux et équipements



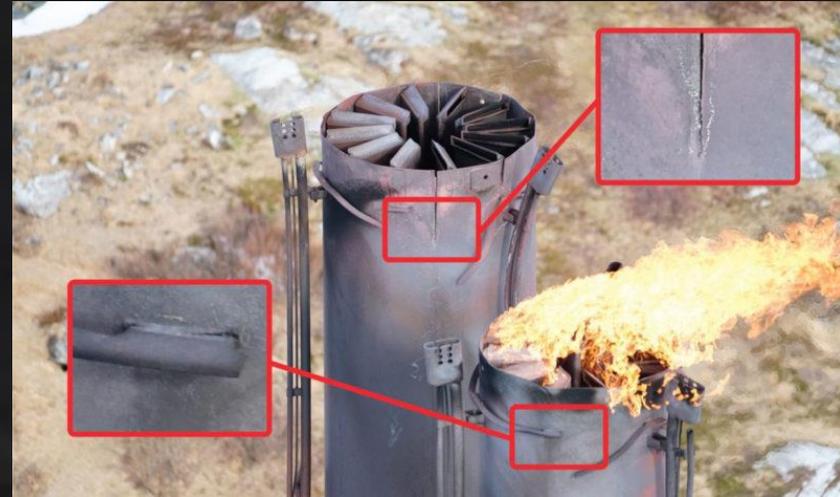


# Zones Dangereuses

- Accès à des zones dangereuses
- Surveillance
- Relevés



# Inspection



- Inspection des travaux
- Surveillance
- Relevés
- Santé et Sécurité
- Intégrité des travaux





# Modélisation BIM

- Réduction des Conflits
- Tel-que-Construit (TQC)
- Exploration Virtuelle
- Documentation
- Quantification



# Tel-que-Construit

---

- Maquettes numériques BIM
- Relevés en temps réel
- Efficacité et fiabilité
- Gestion immobilière
- Entretien

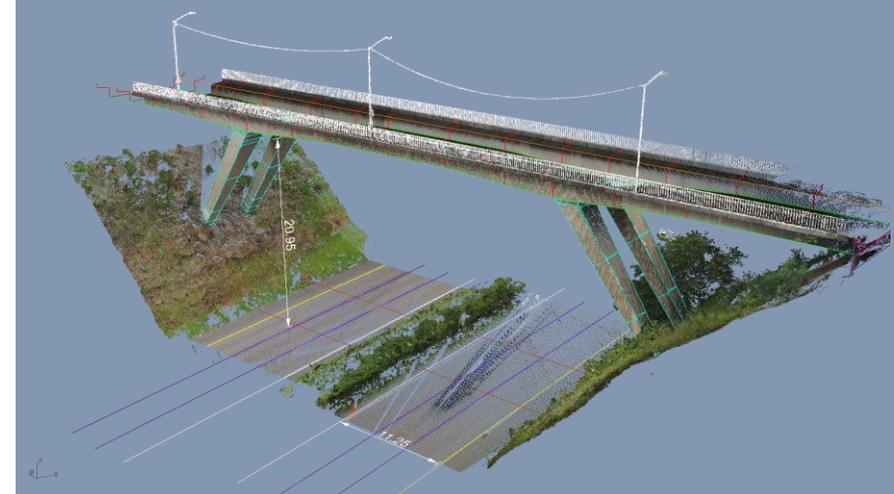




- Réalité Augmentée
- Exploration du site
- Études et analyses

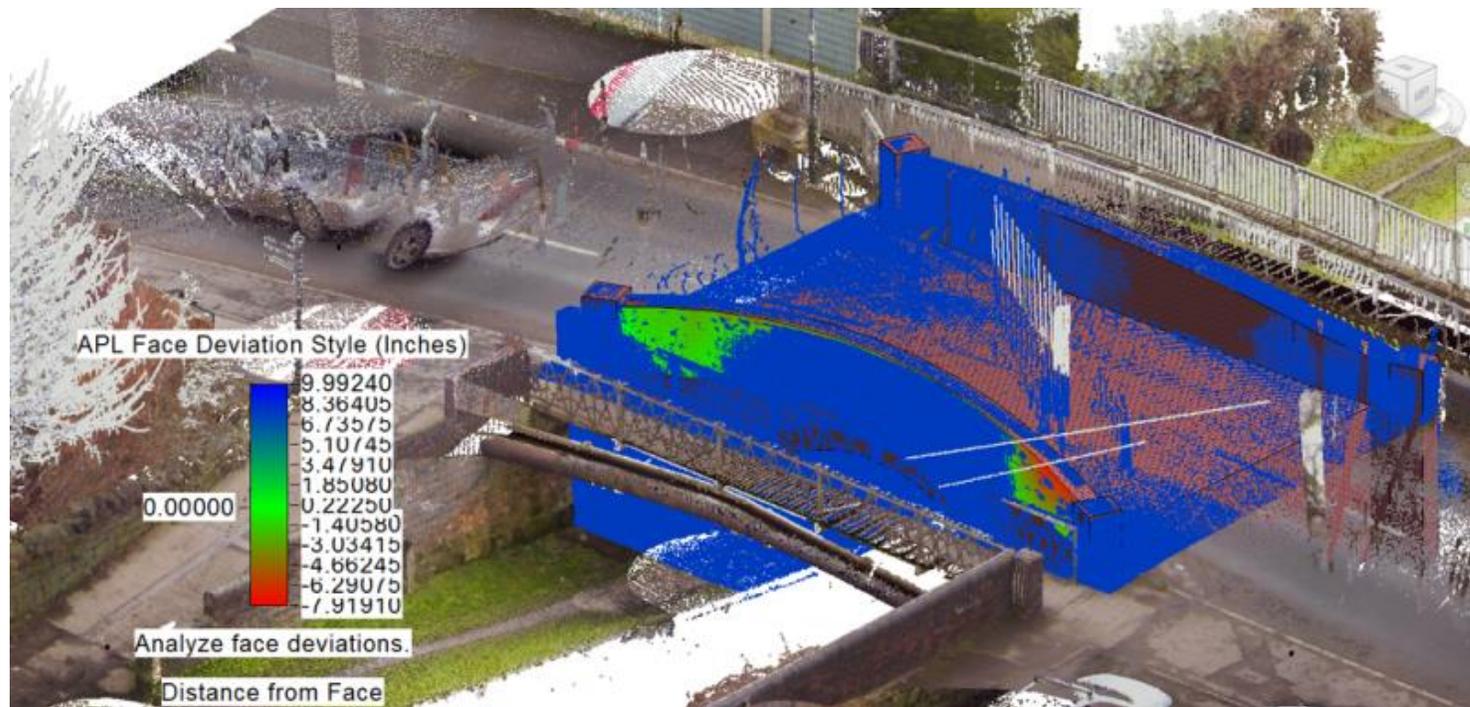


## Exploration Virtuelle

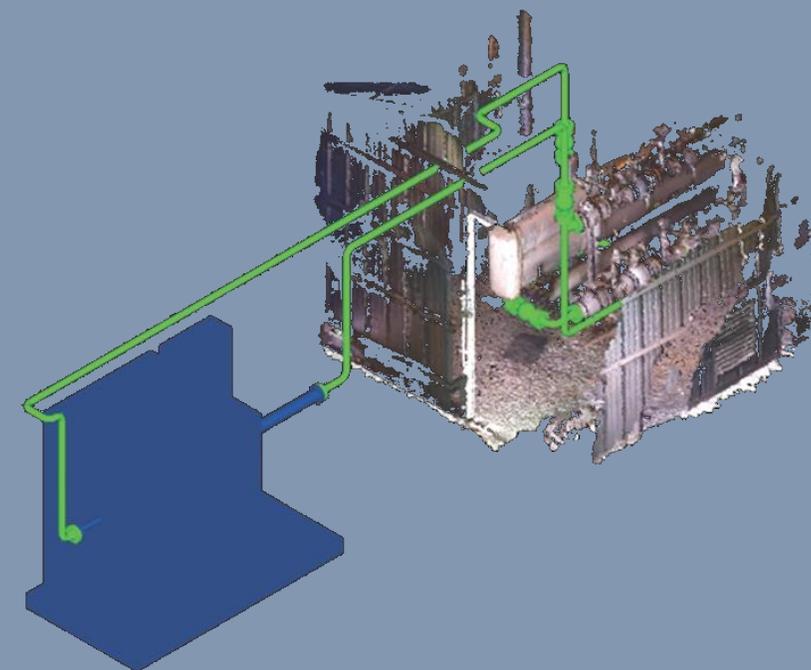


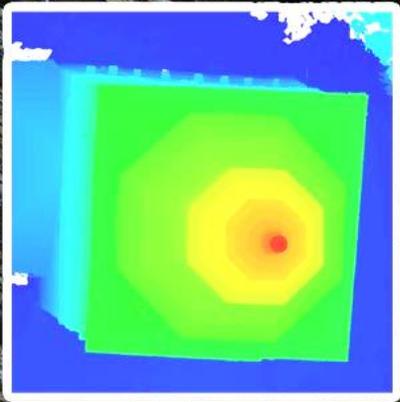


- Déviations
- Rapports TQC
- Contrôle Qualité



Documentation



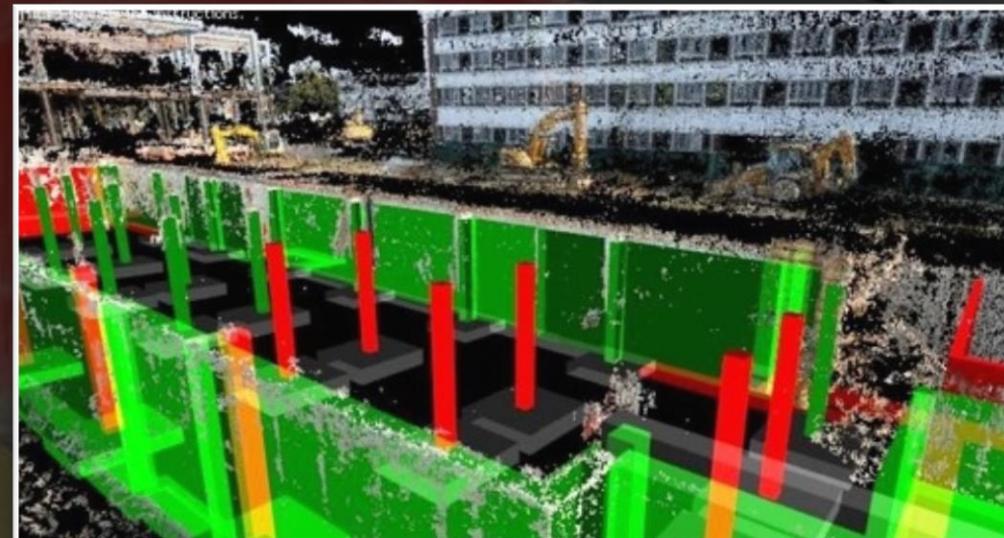


**AEECQ** Association des estimateurs et des économistes de la construction du Québec





# Quantification



- Volumes
- Surfaces
- Distances



# Gestion

---

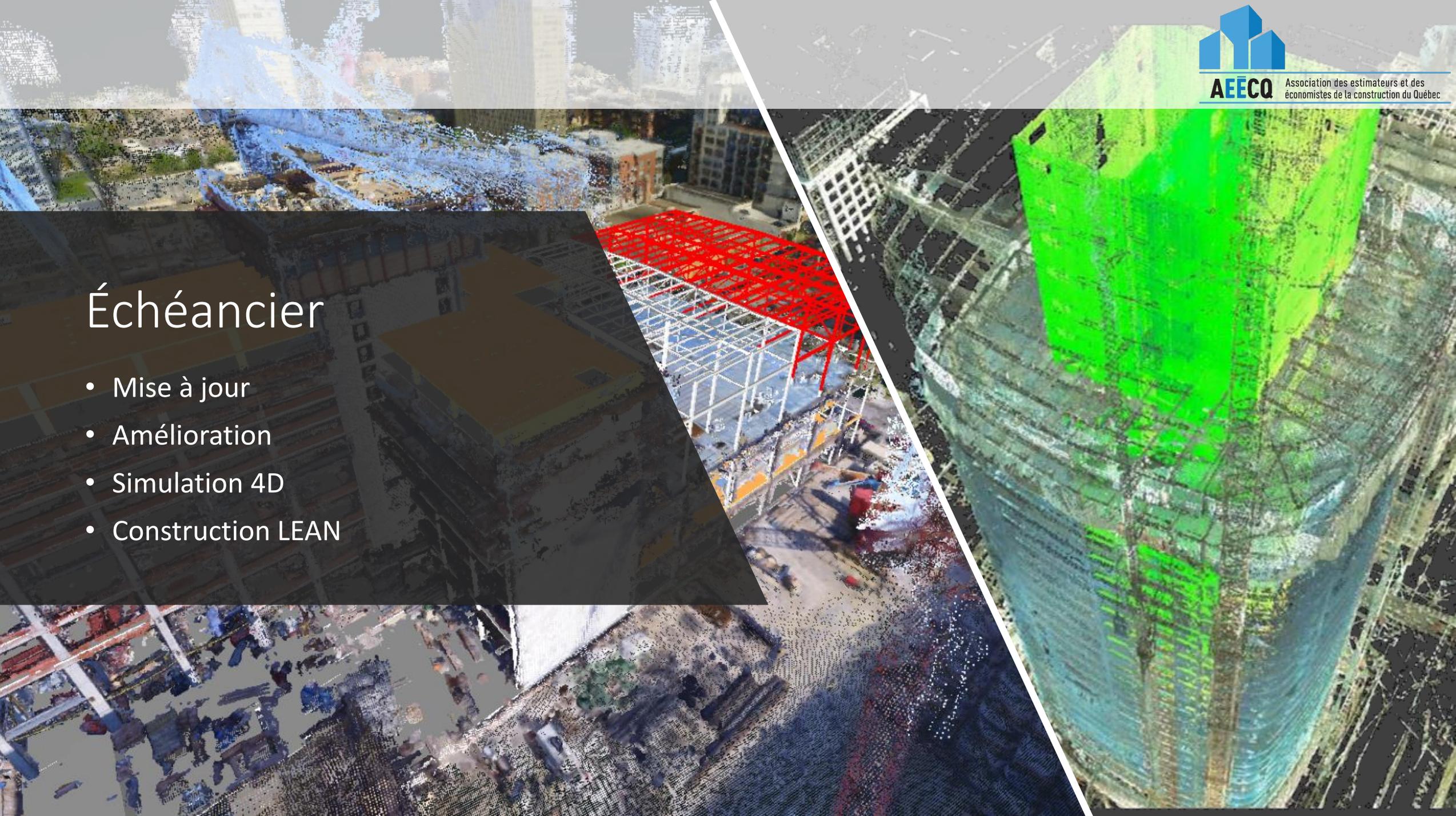
- Prise de décisions
- Contrôle Qualité
- Planification
- Échéancier

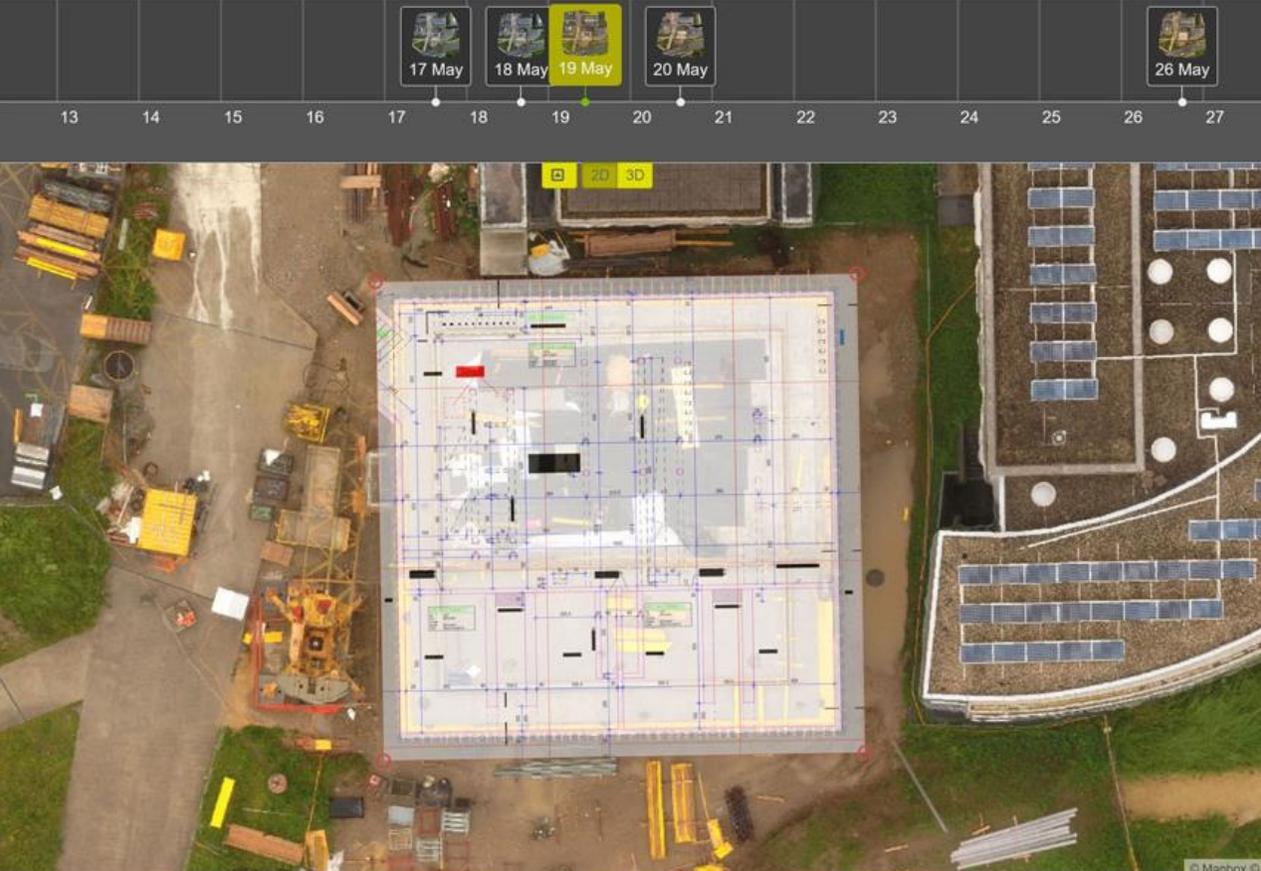




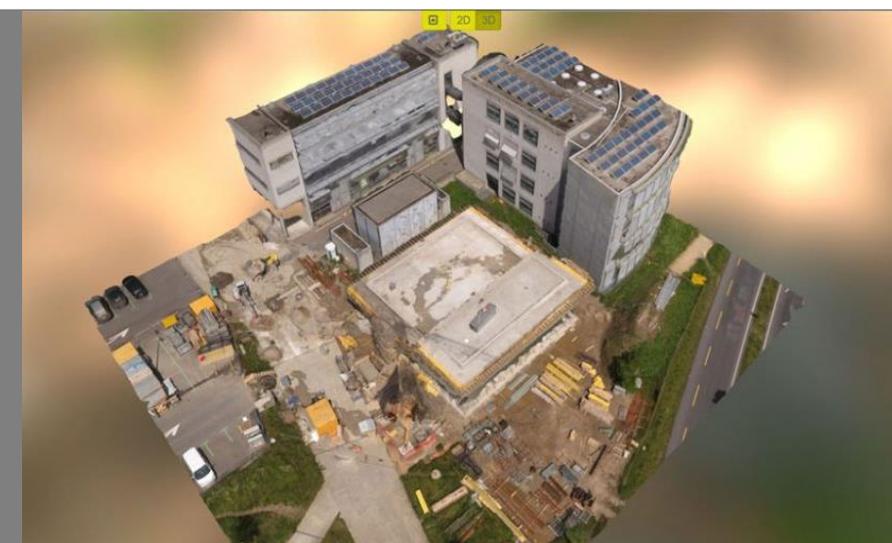
# Échéancier

- Mise à jour
- Amélioration
- Simulation 4D
- Construction LEAN





# Échéancier



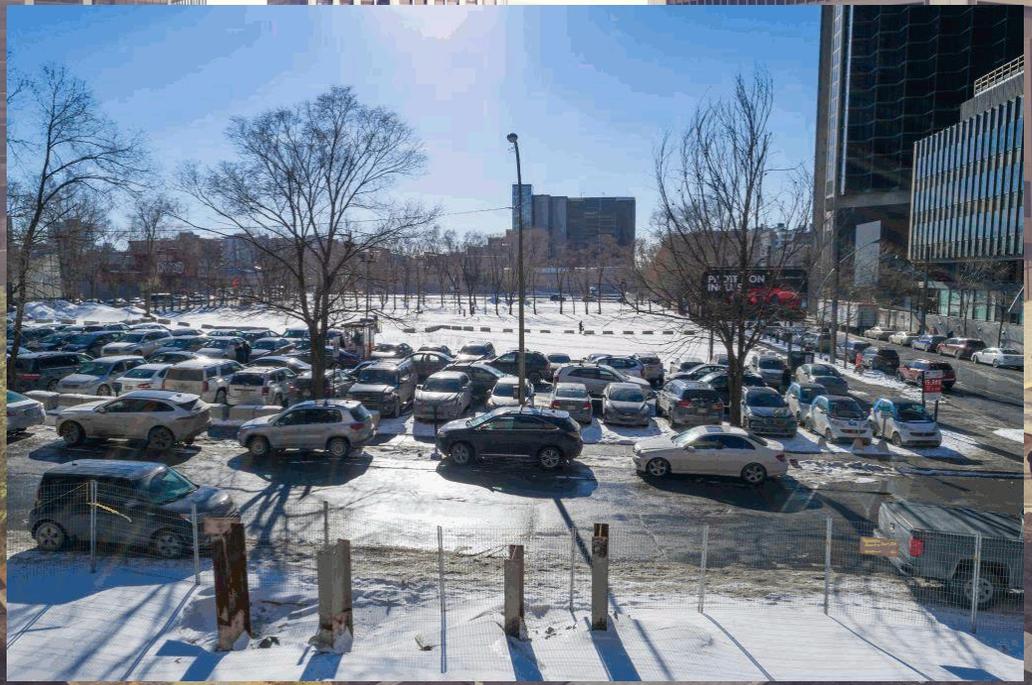
6  
28  
SAINT  
JACQUES

# DRONES EN APPLICATION

DRONES SUR DES CHANTIERS AU QUÉBEC

**BROCCOLINI**

**AEECO** Association des estimateurs et des  
économistes de la construction du Québec



**BROCCOLINI**

**IKEA**

DRONES SUR DES  
CHANTIERS AU  
QUÉBEC

DRONES EN APPLICATION



**BROCCOLINI**

LA  
NOUVELLE  
MAISON  
DE RADIO-CANADA

  
**AEÉCQ** Association des estimateurs et des  
économistes de la construction du Québec

DRONES SUR DES  
CHANTIERS AU  
QUÉBEC

DRONES EN APPLICATION





## LES DRONES, UN PASSE-TEMPS?

### RÈGLES POUR LEUR UTILISATION À DES FINS RÉCRÉATIVES

Pour la liste complète des règles, consultez la [mesure de sécurité](#) qui a été prise.

**C'est la loi!** Votre drone pèse plus de **250 g** mais n'excède pas **35 kg** et vous l'utilisez à des fins récréatives? Voici les règles à respecter :

#### Faites voler votre drone :

- à une altitude maximale de 90 m
- à au moins **30 m de véhicules, de bateaux et du public, si votre drone pèse plus de 250 g mais n'excède pas 1 kg**
- à au moins **75 m de véhicules, de bateaux et du public, si votre drone pèse plus de 1 kg mais n'excède pas 35 kg**
- à au moins **5,5 km des aérodromes (tout aéroport, toute hydrobase ou tout endroit servant au décollage ou à l'atterrissage d'aéronefs)**
- à au moins **1,8 km des hélicoptères ou des aérodromes utilisés uniquement par des hélicoptères**
- à l'extérieur d'un espace aérien contrôlé ou réglementé
- à au moins 9 km d'un danger naturel ou d'une zone de catastrophe
- loin des zones où son utilisation pourrait nuire au travail des policiers ou des premiers intervenants
- le jour et jamais dans les nuages
- en le gardant dans votre champ de vision
- dans un rayon de 500 m ou moins de vous
- seulement si votre nom, adresse et numéro de téléphone sont clairement inscrits sur l'appareil.



En respectant ces règles, vous contribuerez à préserver la sécurité des personnes, des aéronefs et des biens. En y contrevenant, vous vous exposez à des amendes pouvant atteindre 3 000 \$.



## Législation

- Respecter les normes en vigueur
- Inscrire l'appareil
- Réussir le test de connaissance
- Détenir une assurance responsabilité



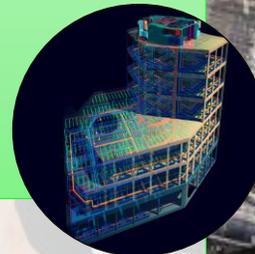
- Arpentage
- Terrassement
- Logistique
- Sécurité
- Zones Dangereuses
- Inspection

Chantier



- Réduction des Conflits
- Tel-que-Construit
- Exploration Virtuelle
- Documentation
- Quantification

Modélisation



- Prise de décisions
- Contrôle Qualité
- Planification
- Échéancier

Gestion





**AEÉCQ** Association des estimateurs et des  
économistes de la construction du Québec



# DRONES EN APPLICATION

DRONES QUI GUIDENT L'EXCAVATION

**KOMATSU**





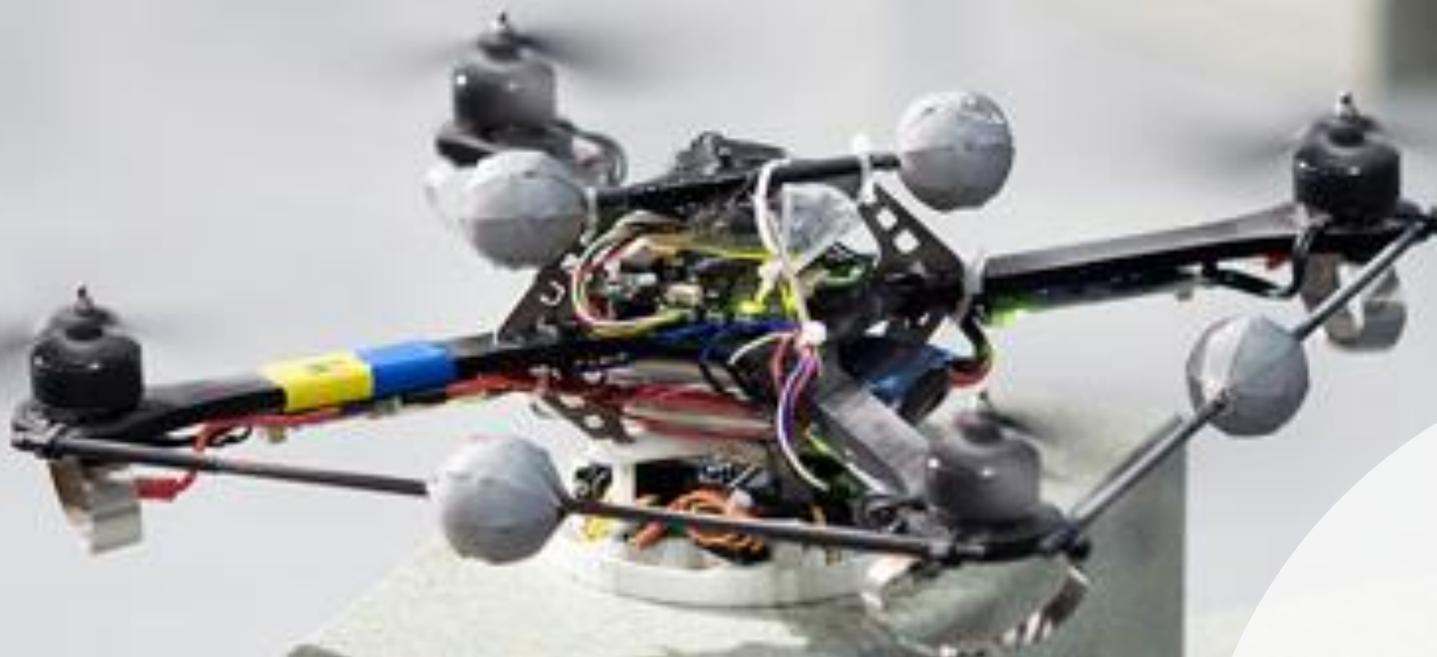
# DRONES EN APPLICATION

DRONES AMPHIBIENS





**AEECQ** Association des estimateurs et des  
économistes de la construction du Québec



# DRONES EN APPLICATION

DRONES QUI PLACENT DES BRIQUES





**AEÉCQ** Association des estimateurs et des économistes de la construction du Québec

DRONES QUI SE RECHARGENT

# DRONES EN APPLICATION



**Aerobotics** 



# Remerciements



**AEĒCQ**

Association des estimateurs et des économistes de la construction du Québec

**B R O C C O L I N I**



Transports  
Canada



AUTODESK.



Le génie pour l'industrie

**GRIDD**

Groupe de recherche  
en intégration et développement durable  
en environnement bâti



**DroneDeploy**

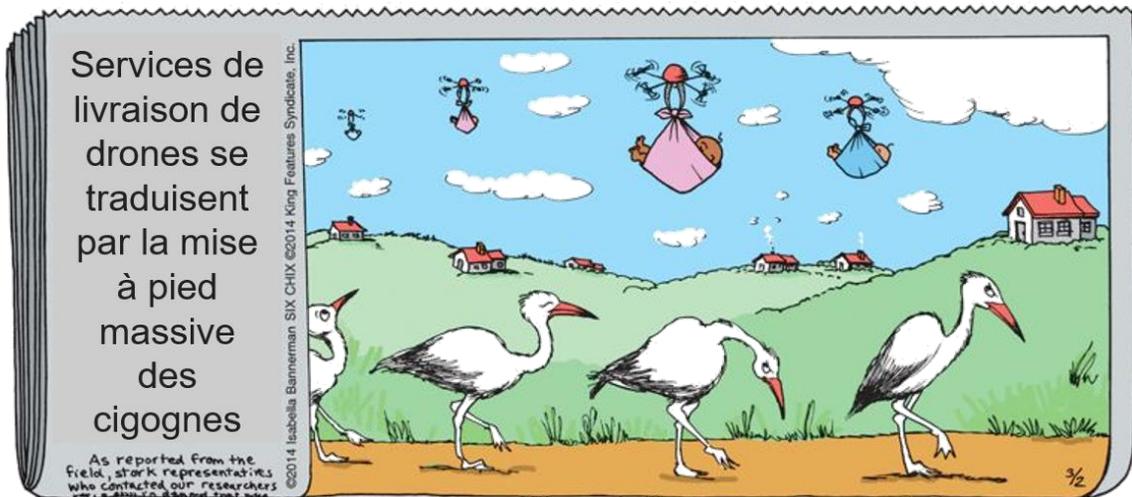


**Bentley**<sup>®</sup>

**Drone Analyst**<sup>®</sup>  
Skylogic Research, LLC



**Chartered  
Building  
Company**



**Merci**

