



**CRiQ**  
PARTENAIRE D'INNOVATION



**Démystifier le virage  
numérique et ses impacts  
sur les organisations**

François Gingras

# BIENVENUE AU CRIQ

**Société d'État, le CRIQ fêtera ses 50 ans d'histoire en 2019**



**ASSURER LA TRANSITION DES ENTREPRISES  
VERS LE MANUFACTURIER INNOVANT**



**1<sup>ER</sup> RANG À L'ÉVALUATION DU MESI  
AU CHAPITRE DE L'EFFICIENCE, DE L'EFFICACITÉ ET  
DES EFFETS DE L'AIDE FINANCIÈRE**



**200 EMPLOYÉS**



**3 000 PROJETS – 2 000 CLIENTS**



**> 93 % DE CLIENTS SATISFAITS**



**PLACES D'AFFAIRES À QUÉBEC (SIÈGE SOCIAL) ET À MONTRÉAL**



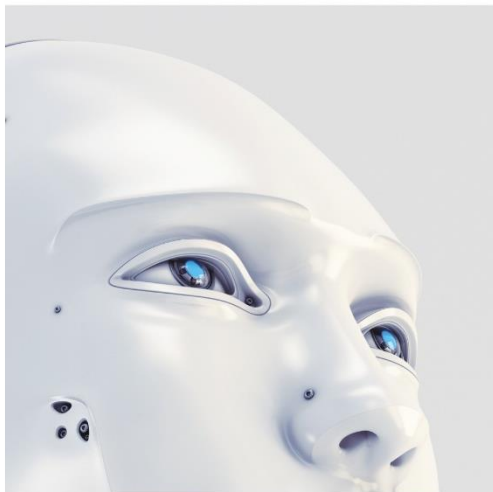
**BUDGET ANNUEL DE PRÈS DE 30 M \$  
TAUX D'AUTOFINANCEMENT DE 53 %**



**107 M\$ EN RETOMBÉES ÉCONOMIQUES  
(2012-2015)**

**Sophie D'Amours**  
**Présidente du CA**  
Rectrice de l'Université Laval





# AU SERVICE DES MANUFACTURIERS INNOVANTS

Le CRIQ fournit aux manufacturiers l'**information spécialisée**, l'**expertise technique multisectorielle**, les **laboratoires de pointe** et les **services d'accompagnement** pour qu'ils excellent dans la fabrication de produits à valeur ajoutée et qu'ils accroissent leur productivité et leur positionnement face à la concurrence mondiale.

# AU SERVICE DES MANUFACTURIERS INNOVANTS



## USINE INTELLIGENTE

---

PRODUIRE DE FAÇON INTELLIGENTE  
EN UTILISANT LES TECHNOLOGIES  
DE FABRICATION AVANCÉES



## CONFORMITÉ ET EXPORTATION DE PRODUITS

---

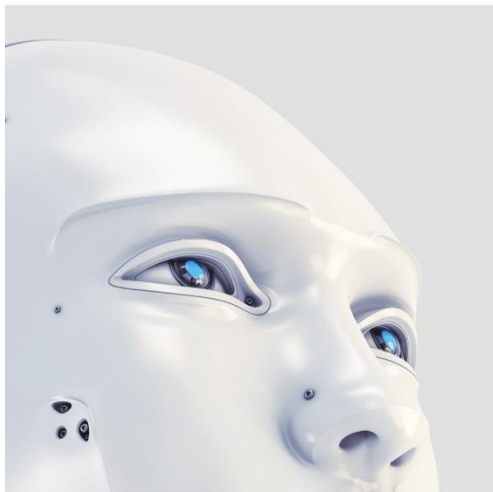
ÉLARGIR SES MARCHÉS AVEC DES  
PRODUITS CONFORMES



## PRODUCTIVITÉ DURABLE

---

ASSURER LA PÉRENNITÉ DE SON  
ENTREPRISE DANS DES  
ENVIRONNEMENTS INDUSTRIELS DE  
PLUS EN PLUS RÉGLEMENTÉS



# **PARTENAIRE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DES ENTREPRISES**

# LES ÉTAPES DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

## 1 INFORMATION

La première étape d'une transformation numérique pour la direction de l'entreprise est de comprendre ce qu'est l'**Industrie 4.0**, sa philosophie, ses concepts, ses implications et ses bénéfices potentiels pour l'entreprise.

## 2 DIAGNOSTIC

La seconde étape consiste à réaliser un diagnostic de l'entreprise afin de comprendre quel est son niveau de maturité numérique et son potentiel de changement. À cet effet, le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) offre un **Audit 4.0** et la réalisation d'un Plan numérique aux entreprises québécoises qualifiées.

## 3 PLANIFICATION

Il est important de bien planifier son virage numérique, un projet à la fois. Accompagnée d'une équipe d'experts, l'entreprise détermine sa vision, sélectionne ses projets prioritaires et élabore un **plan de mise en œuvre**.

## 4 FINANCEMENT

Selon le plan envisagé, les investissements peuvent varier considérablement. Par exemple, il peut s'agir d'implanter un logiciel ou d'investir dans un équipement.

## 5 IMPLANTATION

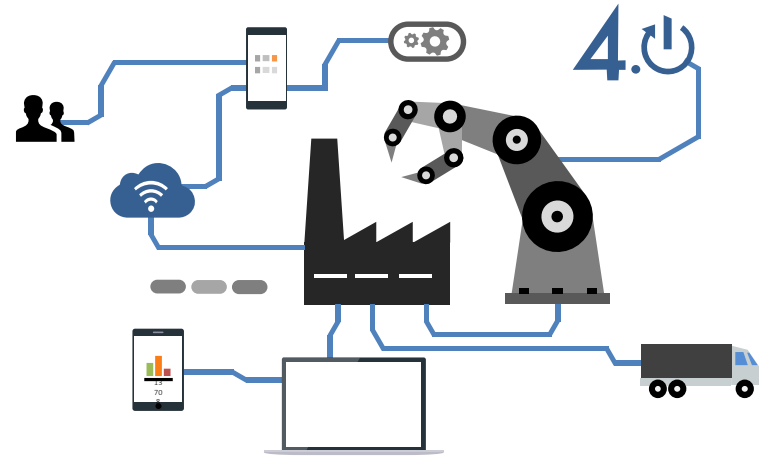
À cette phase, l'entreprise est prête à démarrer son projet. **Une solide équipe en planification, réalisation et gestion de projets**, pouvant être accompagnée par des experts en projets 4.0, assure la réussite de l'implantation.

# UNE RÉVOLUTION DIFFÉRENTE DES 3 AUTRES

- Façon d'utiliser et de combiner les technologies existantes ou à venir.
- Le 4.0 peut aider l'entreprise à :
  - Gagner en agilité,
  - Atteindre une personnalisation de masse dans sa production tout en contrôlant ses coûts de revient,
  - Prendre des décisions basées sur des faits plutôt que sur des intuitions.
- Un état d'esprit / une façon de penser et d'aborder les problèmes.

# PRINCIPALES COMPOSANTES

- Des objets physiques interreliés (capables de communiquer en temps réel).
- Des données provenant des objets physiques (de systèmes et de résultats d'analyse).
- Une composante analytique pour analyser l'ensemble de ces données et permettre une décision autonome du système (ex. : AI).



# RÉALISER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Défis des entreprises :

- Comprendre ce qu'est concrètement l'Industrie 4.0
- Appliquer les concepts 4.0 dans un procédé spécifique
- Évaluer et mesurer les répercussions de la transformation numérique
- Définir, prioriser et déployer leurs projets 4.0
- Élaborer un plan de match à long terme
- Former leurs employés

# AVANTAGES DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE



Qualité des produits

Communication, collaboration  
interapplications et interprocessus

Meilleure utilisation des ressources

Anticipation des situations  
problématiques

Précision du calcul du coût de revient

Performance des processus

Productivité et compétitivité



Délais de mise en marché

Coûts de mise en marché

Demandes de modification

Sur-maintenance, arrêts ou bris

Problématiques liées à un manque  
de main-d'œuvre

Effort consacré à la formation

# IMPACTS D'UNE TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Culture numérique  
dans l'entreprise

Relations plus soutenues  
avec les clients et les  
fournisseurs

Prise de décision  
éclairée basée sur  
des faits

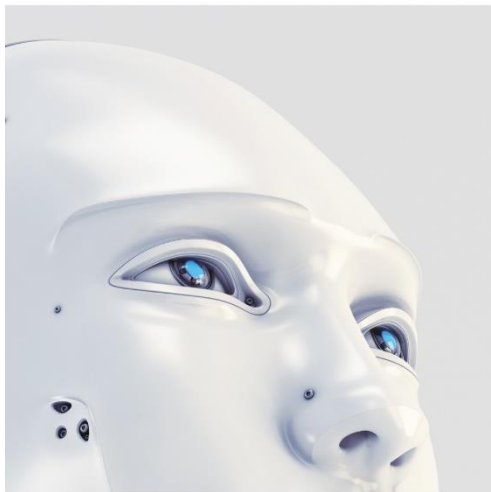
**Agilité  
manufacturière**

Évolution dans les profils  
des ressources humaines

Meilleur contrôle de la  
qualité

Omniprésence des TI  
dans l'entreprise

Prise de décision  
anticipative et non  
réactive



# AVANT ET APRÈS LE 4.0

# ENTREPOSAGE

## Avant le 4.0

Inventaires souvent manuels

Faible précision des inventaires en temps réel (emplacements)

Gestion physique des inventaires par des humains, à l'aide d'équipements (chariots)

Approvisionnement manuel de la chaîne de production

## Améliorations 4.0

Systèmes de codes barres ou RFID permettant de connaître en temps réel l'emplacement de chaque item

Gestion physique des inventaires à l'aide de robots et d'équipements automatisés

Approvisionnement automatique de la chaîne de production

## Gains pour l'entreprise

Adaptation rapide et en continu en fonction de la demande (commandes)

Suivi en temps réel des inventaires de matières premières en commande et en stock

Suivi en temps réel des inventaires de produits en cours de production ou finis

# TRAÇABILITÉ

## Avant le 4.0

Presqu'aucune solution de traçabilité  
des matières premières et des produits  
fabriqués dans l'usine

Production en lots homogènes

## Améliorations 4.0

Traçabilité en temps réel de chaque  
produit avec système RFID

Production en continu

Production simultanée de différents  
produits sur la même chaîne

## Gains pour l'entreprise

Plus d'informations sur les produits en  
temps réel

Plus grande flexibilité de production

Personnalisation de masse

# CONTRÔLE DE LA QUALITÉ ( DÉTECTION)

## Avant le 4.0

Contrôle de la qualité aléatoire  
(sur quelques échantillons)  
Contrôle effectué par des humains  
Faible degré de précision

## Améliorations 4.0

Contrôle de la qualité en temps réel  
et en continu  
Contrôle de la qualité de tous les  
produits  
Diminution des dérives de procédés  
Besoins de maintenance ciblés en  
temps réel

## Gains pour l'entreprise

Amélioration de la qualité globale  
Diminution des pertes de temps  
Diminution des reprises  
Diminution des retours clients  
Plus grande flexibilité

# AUTOMATISATION SIMPLE

## Avant le 4.0

Tâches souvent effectuées par des humains

Tâches effectuées par des équipements autonomes

Répétition continue d'une même tâche par des équipements

## Améliorations 4.0

Équipements connectés entre eux et avec le système RFID

Tâche conditionnelle au produit (à la carte)

## Gains pour l'entreprise

Personnalisation de masse (production sur mesure)

Possibilité de combler un manque de main d'œuvre pour certaines tâches

# MESURE DES AUTRES INTRANTS ET EXTRANTS

(EX: ÉNERGIE, EAU, DÉCHETS, EMISSIONS)

## Avant le 4.0

Aucune mesure personnalisée de la consommation des équipements

Aucune analyse par production

Impossibilité de mesurer la consommation par type de produit

Mesures globales et sporadiques pour l'ensemble de l'entreprise

## Améliorations 4.0

Calcul précis de la consommation pour chacun des produits à l'aide du système RFID

Modulation de la production en fonction de l'optimisation de la consommation d'intrants et la génération d'extrants

## Gains pour l'entreprise

Possibilité de calculer les coûts de chaque produit de façon extrêmement précise

Réponse à un souci d'efficacité industrielle

# AUTOMATISATION COMPLEXE

## Avant le 4.0

Des robots dans certaines usines  
Une tâche par robot, répétitive  
Beaucoup de tâches manuelles

## Améliorations 4.0

Robots couplés à des systèmes de vision  
Robots connectés  
Tâches des robots adaptées en temps réel en fonction du produit (RFID)  
Possibilité d'ajouter des voies d'évitement pour les tâches plus longues (pas de ralentissement de production)  
Changement automatique d'outils

## Gains pour l'entreprise

Gains de productivité  
Possibilité de combler un manque de main d'œuvre pour certaines tâches  
Utilisation optimale d'équipements de pointe (robots)  
Robotique agile

# STATION MANUELLE

## Avant le 4.0

Toutes les opérations étaient manuelles,  
isolées les unes des autres,  
Peu ou pas d'échange d'information  
entre les postes de travail  
L'opérateur n'avait souvent pas  
d'indications précises sur la tâche à faire

## Améliorations 4.0

Les stations manuelles peuvent exister  
Les opérations sont interconnectées  
Traçabilité implantée, même dans les  
stations manuelles  
Accompagnement à l'opération,  
interaction du système avec l'opérateur  
Possibilité de faire évoluer la station  
manuelle avec des technologies du 4.0

## Gains pour l'entreprise

Meilleur suivi des produits  
Simplification de l'opération, diminution  
de l'expertise nécessaire de l'opérateur  
Possibilité d'intégrer un suivi de  
l'efficacité manufacturière sur une  
station manuelle  
Permet une implantation graduelle du  
4.0

# RELATIONS AVEC LE MONDE EXTERNE

## Avant le 4.0

Il n'y avait peu ou pas d'interconnectivité  
avec les partenaires externes

Échange de données asynchrone

Difficulté à comprendre l'écosystème de  
l'entreprise en temps réel

Fonctionnement en silo

## Améliorations 4.0

Interconnexion en temps réel possible  
avec les partenaires (ex:clients,  
fournisseurs)

Possible d'anticiper les besoins des  
clients

Les fournisseurs peuvent anticiper les  
besoins de l'entreprise

Commandes passées automatiquement  
aux fournisseurs

## Gains pour l'entreprise

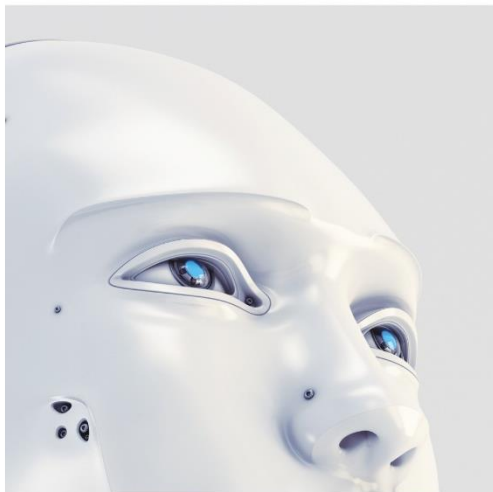
Meilleure coordination entre l'offre et la  
demande

Meilleur contrôle des inventaires

Optimisation de la chaîne logistique

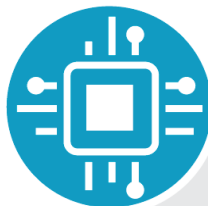
Possibilité pour le client de suivre son  
produit

Amélioration de l'agilité dans la chaîne  
logistique



# EXEMPLES DE PROJETS 4.0

# EXEMPLES DE PROJET 4.0



Je n'arrive pas à calculer un coût de revient unitaire.

*Êtes-vous en mesure de collecter toutes les données requises et de les analyser efficacement?*

Le CRIQ offre un accompagnement sur mesure pour l'implantation d'un **processus de numérisation** et d'**analyse avancée des données**.



J'éprouve de la difficulté à suivre l'état de mes productions en cours.

*Utilisez-vous des outils de traçabilité et d'aide à la décision?*

Le CRIQ accompagne les entreprises dans l'**implantation d'un système de suivi et de traçabilité**. À l'aide d'outils d'aide au diagnostic et de traçabilité, vous pourrez connaître précisément l'état de la production, faire le suivi des produits en cours de fabrication et faire des prévisions.



Je n'arrive pas à cibler ni à prévenir les dérives de mes procédés.

*Utilisez-vous vos données d'usine pour alimenter des outils d'aide à la décision?*

Le CRIQ offre un accompagnement sur mesure pour la **conception d'outils d'aide à la décision**, analysant des données complexes en temps réel afin de prévenir les dérives de procédés ou d'y réagir efficacement.

# EXEMPLES DE PROJET 4.0



**Je trouve difficile de former mon personnel et d'effectuer du transfert technologique.**  
*Avez-vous pensé à numériser vos connaissances ?*

Le CRIQ accompagne les entreprises dans la **numérisation et l'analyse des connaissances et des procédés complexes**. Ces données peuvent ensuite être utilisées dans des banques ou dans des outils d'aide à la décision et rendues accessibles aux employés ciblés.



**Je n'arrive pas à calculer avec exactitude le rendement global de mes équipements.**  
*Utilisez-vous des systèmes cyber-physiques et d'Internet des objets pour numériser vos opérations?*

Le CRIQ accompagne les entreprises dans l'implantation de **technologies et de systèmes utilisant l'Internet des objets (IoT)** pour collecter les données en temps réel. Ces données permettent de cerner leurs centres de coûts et d'optimiser leurs opérations à l'aide d'outils d'aide à la décision.



**Je n'arrive pas à déterminer le meilleur moment pour la maintenance de mes équipements.**  
*Faites-vous de l'analyse prédictive à l'aide de vos données de production?*

Le CRIQ accompagne les entreprises dans l'implantation d'outils d'**analyse prédictive** à l'aide de l'analyse de leurs données d'opérations. L'analyse prédictive peut également être introduite dans des outils d'aide à la décision.

# EXEMPLES DE PROJET 4.0



**J'ai un problème sur un équipement et je n'arrive pas à faire un diagnostic.**

***Utilisez-vous des systèmes cyber-physiques pour soutenir votre diagnostic?***

Le CRIQ accompagne les entreprises dans l'**implantation de systèmes cyber-physiques** qui leur permettent de numériser les opérations de l'usine. En analysant ces données, les entreprises peuvent établir et valider un diagnostic.



**J'ai besoin de support pour la réparation et l'entretien de mes équipements.**

***Utilisez-vous la réalité augmentée pour vos opérations d'entretien et de réparation?***

Le CRIQ accompagne les entreprises pour l'**implantation d'outils intégrant la réalité augmentée**, leur permettant de faire du transfert de connaissances en temps réel pour optimiser leurs opérations d'entretien et de réparation.



**Je n'arrive pas à produire un prototype rapidement.**

***Avez-vous pensé à utiliser la fabrication additive?***

Le CRIQ offre aux entreprises un service d'**impression 3D**, leur permettant, à l'aide de cette technologie avancée, d'accélérer le prototypage.



**Je manque de main-d'œuvre qualifiée.**

***Avez-vous pensé à utiliser des robots collaboratifs?***

Le CRIQ offre aux entreprises un service d'**intégration d'un robot collaboratif**, permettant aux entreprises d'intégrer cet outil flexible et facilement programmable dans leurs opérations, en interconnexion avec leurs systèmes actuels.

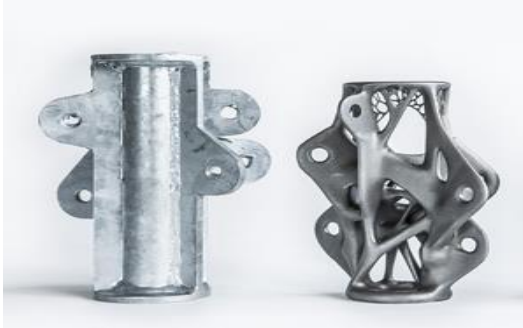


# LES TECHNOLOGIES 4.0

# IMPRESSION 3D

Possibilité de produire des pièces complexes :

- Production de pièces optimisées
- Réduction du nombre de pièces dans les assemblages



# ÉQUIPEMENT DISPONIBLE AU CRIQ

- Système EOS M290
- Principe : fusion de lit de poudre au laser
- Épaisseur des couches : 20 à 60  $\mu\text{m}$
- Laser infrarouge, 400 W
- Taille maximale des pièces :
  - 9.85 x 9.85 x 12.8 po
  - 250 x 250 x 325 mm
- Matériaux :
  - Acier maraging grade 300
  - Aluminium AlSi10Mg
  - Titane Ti6Al4V
  - Cobalt-Chrome
  - Inconel (625, 718 et HX)
  - Acier inoxydable 316L
- Précision atteignable :  $\pm 0.005$  po



# QUELLE PIÈCE PRODUIRE PAR IMPRESSION 3D?

Le bon candidat typique :

- Pièce très complexe, voire impossible à faire autrement
- Taille petite ou moyenne
- Faible volume

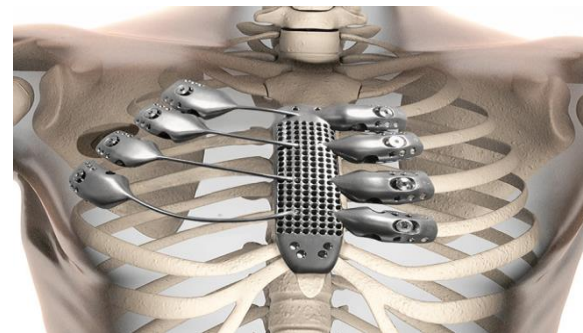
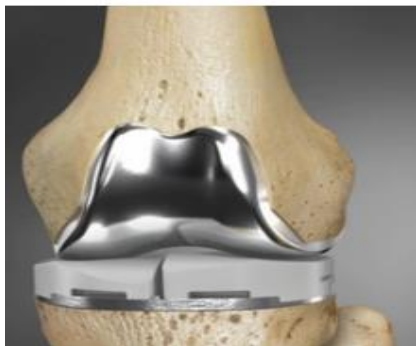
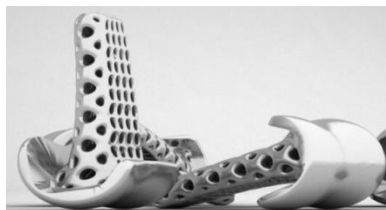
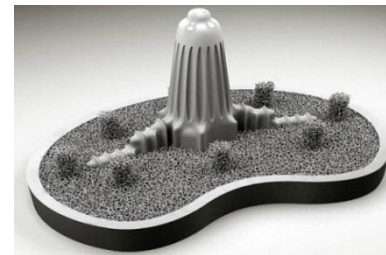


Pièges à éviter :

- L'impression 3D est la solution pour toutes les pièces
- La pièce imprimée doit être identique à celle qui est fabriquée aujourd'hui

# EXEMPLES D'IMPLANTS PRODUITS PAR IMPRESSION 3D MÉTALLIQUE

- Cotyle
- Plateau tibial
- Implant de doigts
- Volet crânien
- Cage thoracique partielle
- Implant de genoux



# ROBOTS COLLABORATIFS

Programmation  
simplifiée  
(par apprentissage)

Intégration  
simplifiée

Retrait des cages de  
sécurité (diminution  
de l'espace plancher  
nécessaire)

Flexibilité

Facilement  
déplaçable



# RÉALITÉ VIRTUELLE

La **réalité virtuelle** (en anglais « virtual reality » ou VR) est une technologie qui permet de plonger une personne dans un monde artificiel créé numériquement.

Utilisations courantes :

- Visualisation de concepts
- Simulation
- Mise en situation
- Formation



# RÉALITÉ AUGMENTÉE

La **réalité augmentée** est une technique permettant d'insérer en temps réel un élément 2D ou 3D dans une image réelle. Sur un sujet proche.

Utilisations courantes :

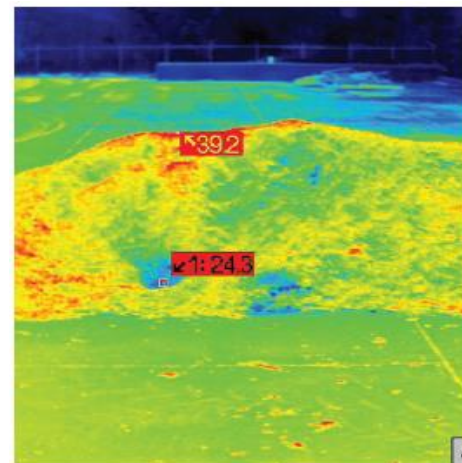
- Information temps réel
- Interface de contrôle d'équipement
- Manuel interactif
- Support technique



# DÉTECTION NUMÉRIQUE AVANCÉE

Technologies disponibles, orientées sur les besoins des entreprises :

- Imageries rayons X conventionnelle et avancée
- Ultrasons (homogénéité de la structure)
- Mesures spectrométriques proche infrarouge
- Imagerie hyperspectrale proche infrarouge
- Imagerie hyperspectrale visible
- Imagerie proche infrarouge
- Imagerie en couleur
- Mesure tridimensionnelle par triangulation laser
- Imagerie thermique



MESURE SANS CONTACT

Une caméra thermique est utilisée pour mesurer des températures dans des endroits difficiles d'accès. Dans cet exemple, elle localise les points chauds et froids d'un amas de compost et surveille son niveau d'activité.

# MESSAGE DE CEUX QUI L'ONT FAIT

- Ne pas avoir peur de se lancer
- Ne pas essayer de tout régler avec votre premier projet
- Le risque zéro n'existe pas
- Un projet 4.0 peut être simple
- Un plan numérique est nécessaire :
  - Constat de l'existant
  - On attaque les plus grands irritants
- Impliquez vos employés à tous les niveaux
- Ne vous fiez pas juste à vos ingénieurs
- Une implantation 4.0 n'est pas une activité à temps partiel
- Le calcul de ROI est plus complexe



***Merci***

**CRIQ**  
PARTENAIRE D'INNOVATION