



Robots Collaboratifs

Guide Complet pour les
PMEs Québécoises

- Ce guide s'adresse aux entreprises qui hésitent à faire le saut vers la robotique collaborative.
- Aux curieux, à ceux qui croient que c'est impossible, trop cher, trop compliqué de passer en mode automatisation.
- À ceux qui ont entamé cette démarche et qui aimeraient aller plus loin.

Et vous, quel processus aimeriez-vous automatiser dans votre entreprise?

Automatisation Pneumac

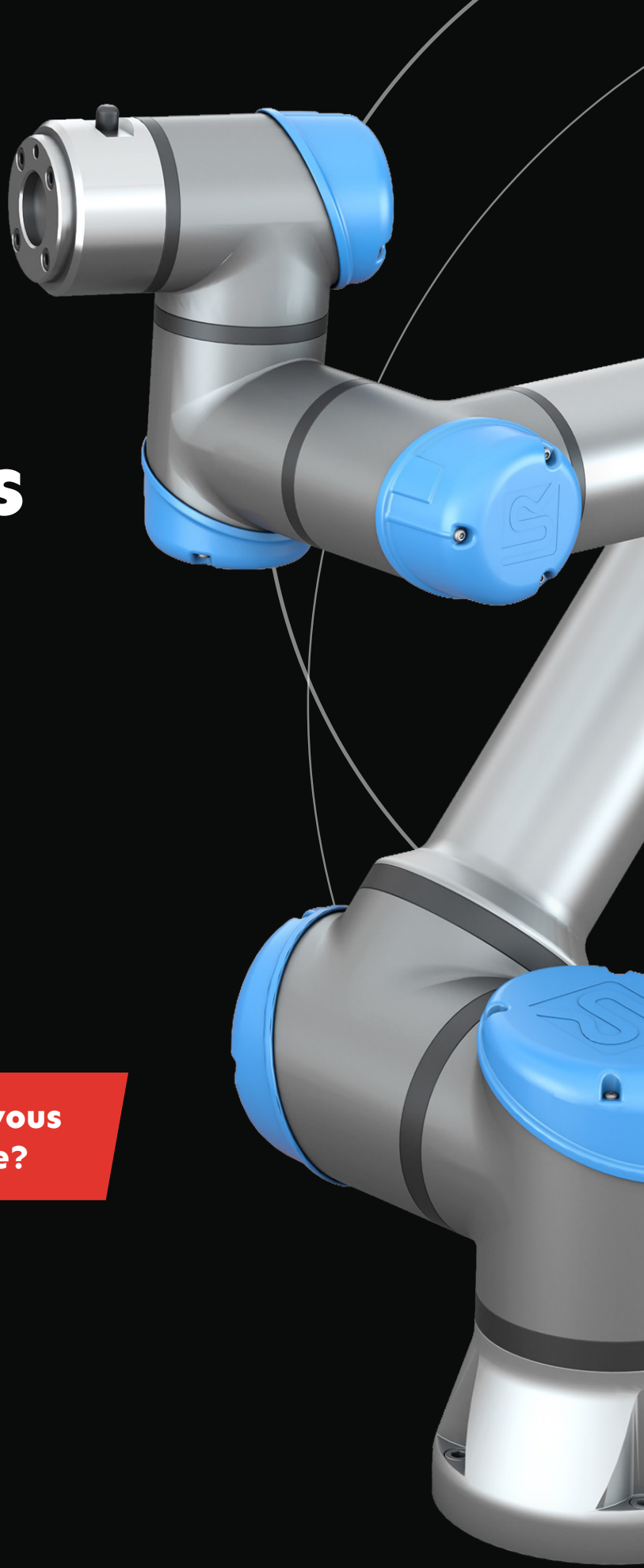
100 rue Goyer, local 103

La Prairie (QC)

J5R 5G5

info@pneumac.qc.ca

1.800.361.1684





Qu'est-ce qu'un robot collaboratif?

Le robot collaboratif est un bras robotisé qui fut développé avec une vision de le voir travailler en collaboration avec l'humain. Il possède des caractéristiques qui le rendent sécuritaire en présence d'un travailleur humain. Les technologies qui les rendent sécuritaire varient tout autant qu'il y a de fabricants de cobot. (De l'anglais: **collaborative** + **robot** = **cobot**.)

On doit, par contre, leur popularité grandissante à leur facilité d'utilisation et d'implantation. Les entreprises sans connaissances en robotique peuvent désormais automatiser simplement et abordablement leurs opérations.

Parmi les raisons qui poussent les fabricants à acquérir un ou plusieurs robots collaboratifs, on retrouve la **pénurie de main-d'œuvre**, le **besoin de couvrir les quarts de nuit**, les **enjeux de sécurité**, la **précision et la répétabilité**, la **qualité des processus et des résultats**.

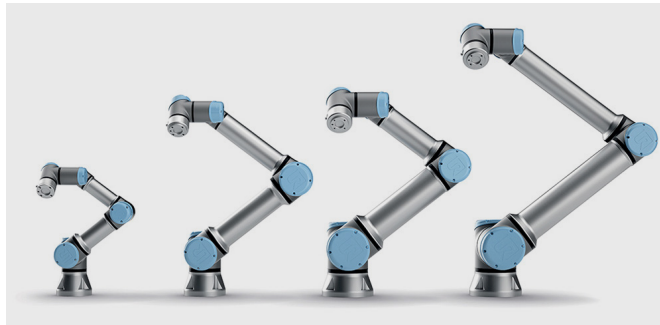
Là où le robot industriel excelle dans le travail à la chaîne et s'avère très rapide, propre à une tâche spécifique, rigide et souvent massif, le cobot est relativement **léger, polyvalent, adaptatif et généralement plus petit que son homologue industriel**.

Principaux contextes d'utilisation:



Robot Industriel / Traditionnel

- Haut volume de production
- Tâches à court temps de cycle
- Lourde charge à manipuler
- Besoin de plus d'espace plancher
- Besoin de plus de précision



Robot Collaboratif

- Production à faible volume et haut mix
- Tâches à temps de cycle non-critique
- Charge légère à moyenne à manipuler
- Espace plancher restreint
- Besoin de précision semblable à la tâche manuelle

Les robots collaboratifs se distinguent des robots traditionnels par:

- les tâches qu'ils permettent d'accomplir;
- leur taille, leur portée, la masse qu'ils peuvent soulever et manipuler;
- leurs caractéristiques de sécurité paramétrables (gestion des risques de collision, plans et zones de sécurité) qui leur permettent d'interagir à proximité d'humains;
- leur façon d'être un maillon dans une chaîne composée essentiellement ou partiellement d'humains.

Il faut tout d'abord se départir de l'idée préconçue selon laquelle l'acquisition de robots et l'automatisation des processus sont seulement l'affaire des grandes entreprises. **C'est faux!** De nombreuses TPE et PME ont déjà fait le saut vers la robotique collaborative, ou comptent le faire au cours des prochaines années. Comment? En cartographiant la cellule de travail à automatiser et en élaborant une solution viable la plus simple qui soit.

Malheureusement, c'est en se perdant dans les détails et en voulant intégrer toutes sortes d'éléments accessoires (nice-to-have) que les entreprises de fabrication se retrouvent aux prises avec des projets d'automatisation très dispendieux et pratiquement impossibles à mettre en œuvre.

Pour entrer en phase de production et rentabiliser l'investissement le plus rapidement possible, il faut absolument distinguer l'essentiel de l'accessoire.

Avantages des robots collaboratifs

Infatigables et extrêmement polyvalents, les robots collaboratifs présentent de très nombreux avantages.



FAIBLE COÛT

En comparaison de solutions complexes, rigides et tentaculaires, nécessitant un réaménagement complet de l'espace de production, un robot collaboratif représente **un faible investissement qui rapporte gros**.



RENTABILITÉ

Disons simplement que vous n'aurez pas à amortir votre cobot très longtemps. Oui, on le trouvera inévitablement dans la colonne des dépenses, mais **la rentabilisation de votre investissement (return on investment, ou ROI) se fera très rapidement** (195 jours, en moyenne). Les économies en main-d'œuvre, en temps (production sans arrêt et quart de nuit), et la réduction du risque d'erreur en font une solution particulièrement rentable. De plus, l'intégration de robots collaboratifs entraîne la **réaffectation du personnel à des tâches à grande valeur ajoutée**.



APPROCHE CELLULAIRE

Comme la robotique collaborative s'inscrit généralement dans une approche de cellule de production, il est possible de **l'intégrer à un espace de travail sans chambouler l'aménagement existant**. Occupant un **faible espace au sol**, une cellule avec robot collaboratif fait montre d'une grande capacité d'adaptation, et son intégration dans une usine entraîne seulement de très courts temps d'arrêt déjà prévus.



SIMPLICITÉ ET SÉCURITÉ

Les cobots sont la plupart du temps assortis de **plateformes logicielles conviviales qui rendent leur utilisation toute simple** – même en disposant de très peu de connaissances en programmation et en robotique. En plus, de **nombreuses caractéristiques et fonctions de sécurité paramétrables et adaptables** en contexte de production permettent de protéger les actifs et les personnes à proximité du robot. Une évaluation des risques de sécurité (obligatoire) est toutefois la meilleure avenue à emprunter pour assurer un fonctionnement sans heurt.

Choisir le meilleur robot pour votre production

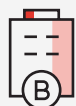
Toutefois, certains aspects doivent être pris en considération avant l'acquisition d'un cobot et le design d'une cellule robotisée. La **vitesse**, la **charge utile**, la **portée** et les **caractéristiques de sécurité** font partie des spécifications et des éléments à surveiller selon les tâches ou les processus à automatiser. Et, bien sûr, le choix des organes effecteurs et des dispositifs tiers a également une incidence considérable sur la performance.

Pourquoi? Comparons une entreprise (A) qui compte acquérir un robot collaboratif pour déplacer des pièces et une entreprise (B) qui envisage d'en utiliser un pour palettiser des charges relativement lourdes.



ENTREPRISE A

L'entreprise A pourra sans doute se contenter d'un petit robot, plutôt rapide, à faible charge utile et offrant une portée limitée.

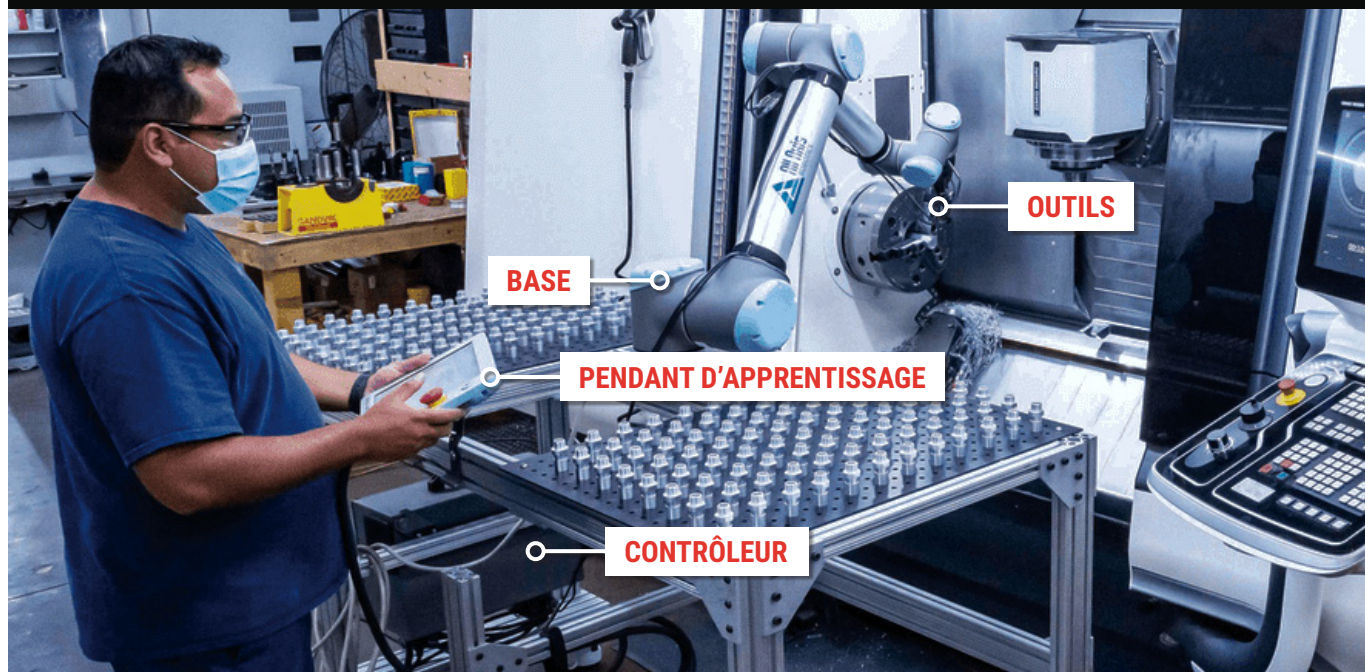


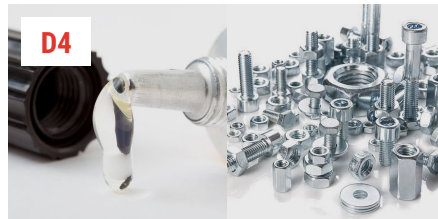
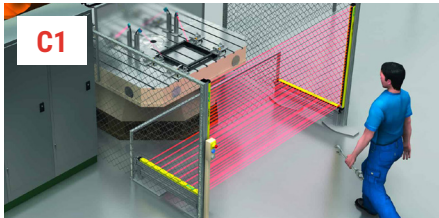
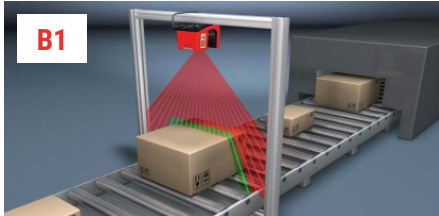
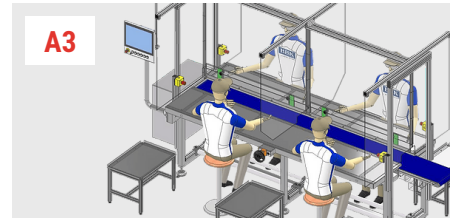
ENTREPRISE B

L'entreprise B, quant à elle, devra intégrer plusieurs mesures de sécurité, se doter d'un robot à grande portée assorti d'un équipement tiers qui lui permettra de couvrir de longues distances, et s'assurer que la vitesse et la charge utile nécessaires sont au rendez-vous.

Robot collaboratif et cellule robotisée

L'automatisation d'un processus nécessite souvent bien plus qu'un simple robot collaboratif. De manière générale, de quoi peut être composée une cellule robotisée?





A. ENTRÉE ET SORTIE DES PIÈCES

- A1: Chute
- A2: Convoyeur
- A3: Poste de travail manuel

B. DÉTECTION DES PIÈCES

- B1: Capteurs
- B2: Interrupteurs, commutateurs et sélecteurs
- B3: Système de vision

C. SÉCURITÉ

- C1: Rideaux lumineux
- C2: Barrières
- C3: Détecteurs de présence
- C4: Fonction de limitation de la force et de la vitesse

D. ÉQUIPEMENT TIERS

- D1: Air comprimé
- D2: Banderoleuse, étiqueteuse, etc.
- D3: Dispositif d'aspiration
- D4: Distributeur de colle, d'éléments de fixation, etc.
- D5: Logiciels pour interfaçage de composants accessoires

La sécurité au premier plan

Aujourd'hui, la plupart des cellules robotisées à vocation collaborative sont aménagées de sorte que:

1. le travailleur soit à l'intérieur de la cellule;
2. le travailleur et le robot coexistent, mais disposent chacun de leur propre aire de travail OU collaborent de façon séquentielle, c'est-à-dire qu'ils effectuent des tâches distinctes au sein d'une même aire de travail.

En ce sens, les tâches où le travailleur et le robot traitent une même pièce au même moment, ou réagissent aux mouvements l'un de l'autre sont peu répandues sur le terrain. Cela est dû à diverses raisons comme la nature de la tâche à automatiser, l'aspect sécurité et les technologies répandues sur le marché.

La norme ISO/TS 15066 (Robots et dispositifs robotiques – Robots coopératifs), en supplément de la norme ISO 10218/R15.06 (Robots industriels et systèmes robotisés – Exigences de sécurité), prescrit **une zone collaborative à même une zone protégée** dans l'environnement de travail, qui permet la réalisation de tâches en simultané par un humain et un robot.

Les cobots se déclinent en plusieurs modèles, développés et mis en marché par de nombreux fabricants à l'échelle mondiale. Cela dit, on les catégorise également par la relation qu'ils entretiennent avec leur environnement. Tout dépend du degré d'interaction entre l'équipement automatisé et les utilisateurs. La norme ISO/TS 15066 reconnaît donc quatre contextes ou techniques d'exploitation d'une cellule robotisée en contexte collaboratif.

- Arrêt nominal de sécurité contrôlé
- Guidage manuel
- Contrôle de la vitesse et de la distance de séparation
- Limitation de la puissance et de la force du robot

Quelle est l'importance de cette catégorisation? En bref, ISO/TS 15066 et ISO 10218/R15.06 offrent un cadre normatif et des balises de sécurité pour pouvoir tirer le meilleur parti de la robotique collaborative, accroître la productivité et réduire les temps d'arrêt.

L'analyse de risque de la cellule robot

Le nerf de la guerre demeure tout de même le processus d'évaluation des risques (risk assessment). Bien qu'on vante le caractère coopératif des cobots et leur aptitude à interagir avec le genre humain, ils ne sont pas naturellement programmés pour assurer la sécurité des occupants d'une cellule robotisée. Il n'existe pas de passe-partout en matière de sécurisation. Et, dans un tel contexte, après avoir cartographié tous les composants de la cellule et établi le flux de production, plusieurs éléments doivent être pris en considération afin d'évaluer le risque réel que pose le fonctionnement d'un robot à proximité d'humains.



Aménagement du point d'entrée des pièces ou des objets



Dispositif de manipulation des pièces ou des objets



Composition matérielle des pièces ou des objets
(ex: matières dangereuses)



Aménagement des éléments fixes de la cellule



Durée et fréquence de la tâche



Sécurité des machines
(organes effecteurs, bras robotisé, machines pour traitement des pièces, etc.)



Interaction avec autres composants dans la cellule



Aménagement du point de sortie des pièces ou des objets

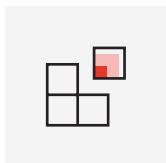
Sans se noyer dans les détails, on peut affirmer qu'il existe des normes et des formules pour identifier les phénomènes dangereux, analyser et évaluer les sources de risque, et maîtriser le risque. Le but de ce processus est de mettre en œuvre les mesures qui permettront de réduire les risques autant que possible pendant le fonctionnement de la cellule.

Et finalement, il est important de savoir qu'aussitôt qu'on change quoi que ce soit à n'importe quel composant d'une cellule robotisée, une évaluation du risque doit être effectuée.

Portrait de la robotique collaborative au Québec

À quoi servent les robots collaboratifs au Québec?

Étant donné qu'ils peuvent accueillir un vaste éventail d'organes effecteurs et s'interfacer avec une multitude de pièces d'équipement sur les chaînes et dans les cellules de production, les cobots permettent d'automatiser de nombreux processus dans plusieurs industries au Québec.



ASSEMBLAGE

Cette catégorie englobe divers processus y compris le vissage, le montage, la fixation, les connexions et autres tâches de manipulation de pièces et de sous-ensembles. Dotés de fonctions de contrôle de la force, les cobots sont tout indiqués pour accomplir ces menus travaux répétitifs.

Principaux points forts du cobot:

- Précision et exactitude
- Constance et répétabilité
- Fonctionnement multitâche

Limitations Potentielles:

- Force trop importante pour tâches ultraprécises
- Charge utile trop faible pour service intensif
- Surveillance accrue en cas de défaillance ou de pièces anormales



PALETTISATION

Un cobot peut faire office de dispositif multitâche en fin de chaîne, là où se rencontrent des convoyeurs et des distributeurs de palettes (manuels ou automatisés). Monté sur une structure autoportante élévatrice et équipé d'un système de vision, le robot peut en quelque sorte devenir le cheval de bataille d'une bonne stratégie de palettisation.

Principaux points forts du cobot:

- Capacité d'adaptation lorsque jumelé à des dispositifs tiers (banderoleuse, étiqueteuse, convoyeur d'entrée ou de sortie, etc.)
- Autonomie par réattribution de tâches traditionnellement effectuées par des humains (tri par lecture d'étiquettes et de codes à barres, envoi et réception de signaux, etc.)
- Programmation simple et intuitive
- Réduction des risques de santé et de sécurité

Limitations Potentielles:

- Portée insuffisante pour certains types de palettes et d'emballages
- Charge utile trop faible pour service intensif (produits ensachés, seaux, ballots, etc.)



USINAGE ET ALIMENTATION DE MACHINES

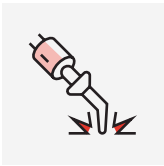
Grâce à leur aptitude à s'interfacer de façon fluide à des appareils tiers, les cobots peuvent facilement s'inscrire dans un processus d'alimentation de machines (tours, fraiseuses, presses, perceuses).

Principaux points forts du cobot:

- Capacité d'adaptation aux changements de pièces et de séries
- Sécurité accrue pour les travailleurs
- Faible espace dans l'aire de production
- Programme robot de quelques dizaines de lignes (plutôt que plusieurs centaines)

Limitations Potentielles:

- Instruments de contrôle variant selon le modèle des machines (boutons, dispositifs poussoirs, pédales, signaux d'entrée et de sortie, colonnes lumineuses, etc.)
- Dispositifs d'inspection et de contrôle qualité en sus



SOUDEGE

Le soudage est une application parfaite pour les robots collaboratifs, car la vitesse est limitée par le processus lui-même. Il existe de nombreuses solutions pré-intégrées de robot collaboratifs et d'équipements de soudage sur le marché. La constance du mouvement et la répétitivité du robot augmente facilement la qualité des pièces soudées.

Principaux points forts du cobot:

- Constance et répétabilité
- Optimise les consommables pour éviter le gaspillage
- Moins de retravail des pièces

Limitations Potentielles:

- La portée du robot pour de grandes pièces
- Soudures difficilement accessibles
- Précision du gabarit de maintien



POLISSAGE, ÉBAVURAGE, PONÇAGE, COLLAGE

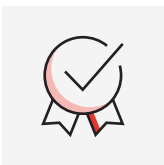
Cette catégorie regroupe la plupart des tâches nécessitant un contact entre l'organe effecteur et la surface à traiter, et un mouvement continu du robot. Au moyen de fonctions de contrôle de la force, un cobot peut facilement reproduire des mouvements fluides, précis et répétés.

Principaux points forts du cobot:

- Jumelage des fonctions de trajectoires prédéfinies et de contrôle de la force pour s'adapter aux surfaces à traiter
- Force et vitesse constantes
- Uniformité du résultat

Limitations Potentielles:

- Requier de l'équipement tiers pour certains processus (système d'aspiration, conduite d'air comprimé, etc.)
- Essai-erreur pour le choix d'abrasif par rapport aux surfaces à traiter



INSPECTION ET CONTRÔLE QUALITÉ

Étant donné leur grande précision, les robots collaboratifs – même les plus petits – peuvent être employés pour automatiser diverses tâches de contrôle. Ces activités, habituellement pratiquées par les humains au moyen d'outils de mesure traditionnels (étalons, gabarits, calibres, micromètres, scanners 3D et autres dispositifs optiques) peuvent être confiées aux cobots. Le tout est possible grâce à une grande précision, à une résolution pouvant aller jusqu'à seulement quelques microns (selon les spécifications de l'organe effecteur) ou à des systèmes de vision intégrés.

Principaux points forts du cobot:

- Amélioration de l'indice de qualité des produits
- Réduction du nombre d'erreurs et de produits rejetés

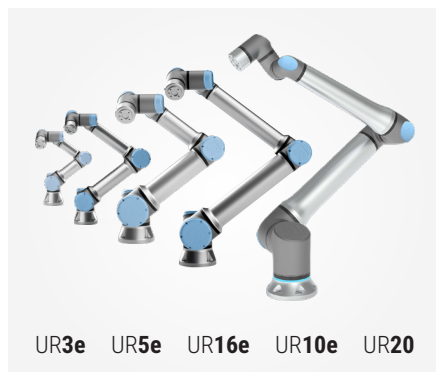
Limitations Potentielles:

- Possible grande empreinte au sol (ex. : machines à mesurer tridimensionnelles dotées d'un cobot)
- Faible performance des systèmes de vision selon la forme, le fini et la disposition des éléments à traiter

Quels sont les cobots les plus utilisés au Québec?

Étant donné qu'ils peuvent accueillir un vaste éventail d'outils effecteurs et s'interfacer avec une multitude de pièces d'équipement sur les chaînes et dans les cellules de production, les cobots permettent d'automatiser de nombreux processus dans plusieurs industries au Québec.

UNIVERSAL ROBOTS: UR3e, UR5e, UR10e, UR16e, UR20



SPÉCIFICATION	UR3e UR5e UR10e	UR16e UR20
Masse (kg)	11,2 20,6 33,5	33,1 64,0
Charge utile (kg)	3 5 12,5	16 20
Portée (mm)	500 850 1300	900 1750
Nb de joints	6	6
Répétabilité (± mm)	0,03	0,05 s. o.
Vitesse maximale (m/s)	0,03 0,03 0,05	1 2
Surface d'installation	Plancher, mur, plafond	Plancher, mur, plafond
Protocoles de communication	Modbus TCP, Profinet, Ethernet IP	Ethernet, Profinet, Profibus, EtherCat, Cercos, PowerLink, Ethernet IP, Profinet, Modbus TCP
Indice de protection (IP)	54	65 54

OMRON TM: TM5-700, TM5-900, TM12, TM14



SPÉCIFICATION	TM5-700 TM5-900	TM12 TM14
Masse (kg)	22,1 22,6	33,3 32,6
Charge utile (kg)	6 4	12 14
Portée (mm)	700 900	1300 1100
Nb de joints	6	6
Répétabilité (± mm)	0,05	0,1
Vitesse maximale (m/s)	s. o.	1,3 1,1
Surface d'installation	Plancher	Plancher
Protocoles de communication	Ethernet, Modbus TCP/RTU	Ethernet, Modbus TCP/RTU
Indice de protection (IP)	54	54

FANUC: CR 7iA, CR 35iA, CRX 10iA



SPÉCIFICATION	CR 7iA	CR 35iA	CRX 10iA
Masse (kg)	53	990	39
Charge utile (kg)	7	35	10
Portée (mm)	717	1813	1249
Nb de joints	6	6	6
Répétabilité (± mm)	0,01	0,03	0,05
Vitesse maximale (m/s)	s. o.	s. o.	2
Surface d'installation	Plancher, mur, plafond	Plancher	Plancher, mur, plafond
Protocoles de communication	Ethernet IP	Ethernet IP	Ethernet IP
Indice de protection (IP)	67	54	67

YASKAWA MOTOMAN: HC10



SPÉCIFICATION	HC10
Masse (kg)	48
Charge utile (kg)	10
Portée (mm)	1200
Nb de joints	6
Répétabilité (± mm)	0,1
Vitesse maximale (m/s)	1
Surface d'installation	Plancher
Protocoles de communication	Ethernet IP, DeviceNET, Profibus
Indice de protection (IP)	20

KINOVA: Gen3



SPÉCIFICATION	Gen3
Masse (kg)	8,2
Charge utile (kg)	4
Portée (mm)	902
Nb de joints	7
Répétabilité (± mm)	s. o.
Vitesse maximale (m/s)	s. o.
Surface d'installation	Plancher, mur, plafond
Protocoles de communication	Ethernet IP
Indice de protection (IP)	33

DOOSAN: M0609, M1509, M1013, M0617



SPÉCIFICATION	M0609 M1509	M1013 M0617
Masse (kg)	27 32	33 34
Charge utile (kg)	6 15	10 6
Portée (mm)	900 900	1300 1700
Nb de joints	6	6
Répétabilité (± mm)	0,1	0,1
Vitesse maximale (m/s)	s. o.	s. o.
Surface d'installation	Plancher, mur, plafond	Plancher, mur, plafond
Protocoles de communication	Ethernet IP, Modbus TCP	Ethernet IP, Modbus TCP
Indice de protection (IP)	54	54

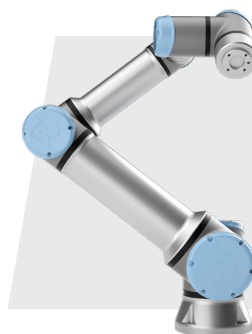
KUKA LBR IIWA: 7 R800, 14 R280



SPÉCIFICATION	7 R800 14 R280
Masse (kg)	23,9 29,9
Charge utile (kg)	7 14
Portée (mm)	800 820
Nb de joints	7
Répétabilité (± mm)	0,1
Vitesse maximale (m/s)	s. o.
Surface d'installation	Plancher, mur, plafond
Protocoles de communication	EtherCAT
Indice de protection (IP)	54

Le Vrai Coût d'un Robot Collaboratif

De manière générale, l'acquisition d'un robot collaboratif représente **un investissement de l'ordre de 40 000 \$ à 70 000 \$**, mais il s'agit là d'une fourchette de prix à prendre avec un grain de sel.



**40 000 \$
à 70 000 \$**

l'acquisition d'un robot collaboratif

150 000 \$ et 250 000 \$

le prix de la cellule robotisée en entier



Le point le plus important pour l'acheteur est d'établir la distinction entre le prix du cobot et le prix de la cellule robotisée en entier. Tout dépendant de la complexité du projet, du réaménagement nécessaire, des ressources déployées en intégration et du processus à automatiser, **le coût total peut varier entre 150 000 \$ et 250 000 \$.**

En comparaison

l'intégration de robots industriels coûte environ **10 fois plus cher.**



**10 FOIS
PLUS CHER**

l'intégration de robots industriels

Notre Recommandation

Les Robots Collaboratifs
Universal Robots



Bien sûr, chaque entreprise trouvera chaussure à son pied parmi le vaste éventail de solutions proposées par les fabricants de robots collaboratifs. Cela dit, chez Automatisation Pneumac, nous avons une connaissance approfondie des robots Universal Robots (UR) et une confiance solide envers les produits de cette marque.

Tout d'abord, UR est pionnière en programmation visuelle et intuitive. Au moyen d'une interface graphique simple, claire et nette, UR a pris part à une véritable démocratisation de la robotique. La programmation des robots n'est désormais plus réservée aux experts en codage informatique. On dit même que le véritable succès d'Universal Robots découle de sa programmation accessible plutôt que de la nature collaborative et sécuritaire de ses cobots.

Ensuite, il s'agit des robots collaboratifs les plus utilisés dans le monde, et pour cause avec **plus de 50,000 robots vendus!** La compagnie basée à Odense, au Danemark, aurait **44% à 47%** de part de marché mondial des robots collaboratifs.

50,000
robots vendus



44% à 47%
marché mondial

UR met à la disposition de tous l'Écosystème UR+, soit un bassin de composants et d'effecteurs de robot, alimenté par des entreprises tierces. UR fait passer chaque fabricant par un processus rigoureux de mise à l'essai, de validation de la documentation, de contrôle qualité et d'homologation des caractéristiques de sécurité avant de les inclure dans l'Écosystème UR+.

Nos Conseils Pour Une Première Cellule Automatisée Réussie





Vous aimeriez en apprendre davantage au sujet de la robotique collaborative?

Vous vous demandez par où commencer avec votre projet d'automatisation?

Peu importe vos besoins, nous avons le savoir-faire et les ressources. **Communiquez directement avec nous** pour commencer le prochain chapitre.

Automatisation Pneumac

100 rue Goyer, local 103

La Prairie (QC)

J5R 5G5

info@pneumac.qc.ca

1.800.361.1684