



# L'automatisation



# REMERCIEMENTS

Le ministère du de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) désire remercier les personnes et organismes suivants, qui ont rendu possible la présentation de cette session de formation.

<b>Expert du contenu :</b>	Luc Vanden-Abeelee, CRIQ
<b>Production vidéo :</b>	Richard Laverdière, CRIQ
<b>Témoignages d'entreprises :</b>	Aluminium Distinction inc. Cercueils Concept inc.
<b>Responsables de la session :</b>	Patrick Hamelin, MESI
<b>Gestion du projet :</b>	Jacques La Rue et Thérèse Gravel, MESI
<b>Collaborateurs :</b>	Christian Bégin Francis Boutin Sophie De Courval Louis Ménard Luc Plante et Céline Tremblay, MESI
<b>Publication :</b>	Direction des communications, MESI

Le MESI tient à remercier de façon particulière le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) pour sa contribution au contenu de la session.

# TABLE DES MATIÈRES

## ■ SOMMAIRE DU PROGRAMME DE FORMATION

■ INTRODUCTION	> 4
■ MODULE 1 – MISE EN CONTEXTE	> 5
■ MODULE 2 – RAISONS POUR ENTREPRENDRE UN PROJET D'AUTOMATISATION	> 20
■ MODULE 3 – PROCESSUS À SUIVRE POUR CHOISIR ET VALIDER UN PROJET D'AUTOMATISATION (AVANT-PROJET)	> 23
■ MODULE 4 – CALCUL DE LA RENTABILITÉ DE L'INVESTISSEMENT	> 37
■ MODULE 5 – PROCESSUS POUR RÉALISER UN PROJET D'AUTOMATISATION	> 46
■ MODULE 6 – CRITÈRES DE SÉLECTION D'UN FOURNISSEUR OU D'UN ÉQUIPEMENTIER	> 55
■ CONCLUSION	> 60
■ BIBLIOGRAPHIE	> 61
■ SITES WEB	> 61
■ LEXIQUE	> 62

# INTRODUCTION

## Objectifs de la session

- Déterminer les processus pouvant profiter de l'automatisation.
- Préparer et planifier un projet d'automatisation.
- Évaluer la rentabilité d'un projet d'automatisation.
- Connaître les critères importants pour la sélection d'un fournisseur ou d'un équipementier pour un projet d'automatisation.



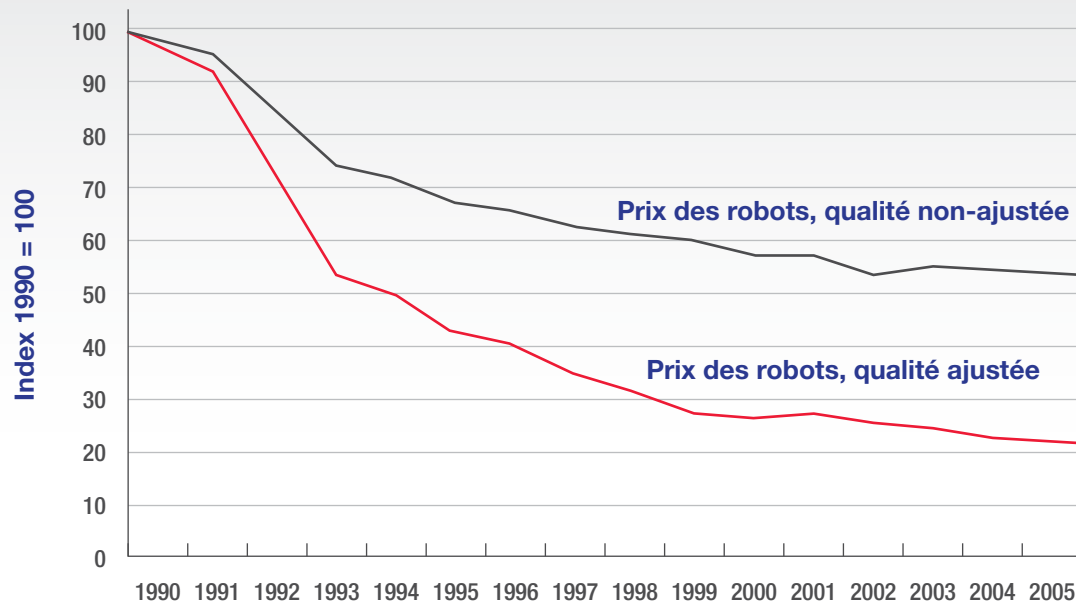
# MODULE 1

## Mise en contexte

Avec la concurrence de pays émergents et l'appréciation du dollar canadien, on parle de plus en plus de l'automatisation comme moyen de conserver la fabrication de produits dans les entreprises locales ou simplement de garder en activité des entreprises manufacturières. Traditionnellement, on préférait automatiser les tâches qui correspondaient à l'un des trois D, c'est-à-dire *Dull*, *Dirty* et *Dangerous* (ennuyant, salissant et dangereux). Aujourd'hui, d'autres considérations, dont nous discuterons plus loin, sont prises en compte lorsqu'il est question d'automatisation.

Il y a de nombreuses années, plusieurs percevaient l'automatisation comme une solution utile seulement aux grandes entreprises fabriquant des produits en quantité élevée. Avec la baisse des coûts des solutions d'automatisation et, en parallèle, la hausse de ceux de la main-d'œuvre, l'automatisation fait son entrée depuis plusieurs années auprès des petites et moyennes entreprises (PME) manufacturières. Le graphique à la page suivante illustre la progression des prix des robots aux États-Unis (*World Robotics 2006, International Federation of Robotics*).

### PROGRESSION DES PRIX DES ROBOTS AUX ÉTATS-UNIS (Basée sur le taux de conversion des prix en 1990, qualité ajustée et non-ajustée)



Source : IFR – International Federation of Robotics

Comme on peut le remarquer, les robots coûtent maintenant la moitié du prix d'acquisition qu'ils avaient au début des années 1990. De plus, en ajustant la courbe selon la progression des performances, nous obtenons un système qui coûte aujourd'hui le quart du prix.

Certes, ce graphique ne représente que le coût d'un robot industriel. Cependant, en raison de la chute des prix de tout système utilisant de façon importante l'électronique, il est possible d'affirmer que l'ensemble des technologies d'automatisation a sensiblement suivi la même évolution.

Avant, les entreprises manufacturières choisissaient l'automatisation principalement pour accroître la productivité et réduire les coûts. Aujourd'hui, l'amélioration de la qualité, l'optimisation de la matière première et l'accroissement de la flexibilité de la chaîne de production sont des aspects sérieusement considérés.

## DÉFINITIONS



### Automatisation

Le terme *automatisation* vient du grec et voulait initialement dire « qui se meut de soi-même ». Dans l'industrie manufacturière, cette terminologie est utilisée pour tout équipement, toute machine ou tout système remplaçant des opérateurs humains. Alors que la mécanisation se limite à assister l'humain, l'automatisation réduit le rôle de celui-ci dans la réalisation de tâches.

On classe, de façon générale, les systèmes automatiques en deux grandes familles : les systèmes dédiés et les systèmes flexibles. Les systèmes dédiés sont actuellement plus courants et utilisent principalement une plate-forme électromécanique. Les systèmes flexibles sont plus récents, car ils reposent sur des nouvelles technologies telles que la robotique et la vision artificielle. Dans les deux cas, on parle souvent de cellules, car les systèmes représentent une étape « autonome » de l'ensemble de la production de l'usine.

## ■ Système dédié



### Système dédié

Un système dédié est un montage électromécanique conçu pour accomplir une tâche bien précise. Le nombre d'axes ou de degrés de liberté d'un système dédié est généralement inférieur à trois, contrairement aux systèmes robotisés (flexibles).

Les systèmes dédiés utilisent principalement des technologies traditionnelles et éprouvées. Ce sont surtout des systèmes mécaniques avec, dans la majorité des cas, des contrôles ou des capteurs de base. On pense, par exemple, à des capteurs de position, à des moteurs servoprogrammables ou à des capteurs sensibles à la couleur.

On favorisera l'utilisation d'un système dédié lorsqu'il y a peu de variation d'une pièce à l'autre ou lorsque l'opération nécessite une intervention humaine pour être complète. De plus, il est avantageux d'utiliser un système dédié lorsque le produit a une bonne durée de vie, afin de rentabiliser l'investissement, lorsque l'espace disponible est très limité ou lorsque la cadence de production est très élevée. En effet, étant donné qu'un équipement dédié s'adapte peu ou pas du tout à chaque pièce, il lui est possible d'atteindre des vitesses élevées et de grandes quantités. En fait, il est souvent plus rentable d'aménager des cellules de fabrication comprenant plusieurs systèmes (machines ou équipements) dédiés que d'acquérir un seul système flexible lorsque le volume de production est élevé.

Pour des raisons de complexité technique ou de sécurité, il est souvent plus avantageux d'utiliser un système dédié lorsqu'une intervention humaine est requise. On parlera alors d'un système semi-automatique.

## Principaux avantages associés aux systèmes dédiés



- Capacité d'adaptation aux variations de la cadence de production
- Facilité d'intégration dans une ligne ou dans une cellule de production
- Dimension compacte (encombrement limité)
- Économie, et ce, quelle que soit la tâche à accomplir
- Technologie utilisée par le système connue par le personnel d'entretien

Étant conçus sur mesure, les systèmes dédiés peuvent être interconnectés physiquement entre eux.

Seules les fonctions essentielles d'un système dédié seront développées et utilisées, contrairement au système robotisé (flexible). On privilégie donc des technologies plus traditionnelles pour les systèmes dédiés. Comme ceux-ci comprennent principalement des composants mécaniques, leur utilisation et leur entretien nécessitent en général peu d'expertise spécialisée.

## Principaux inconvénients associés aux systèmes dédiés

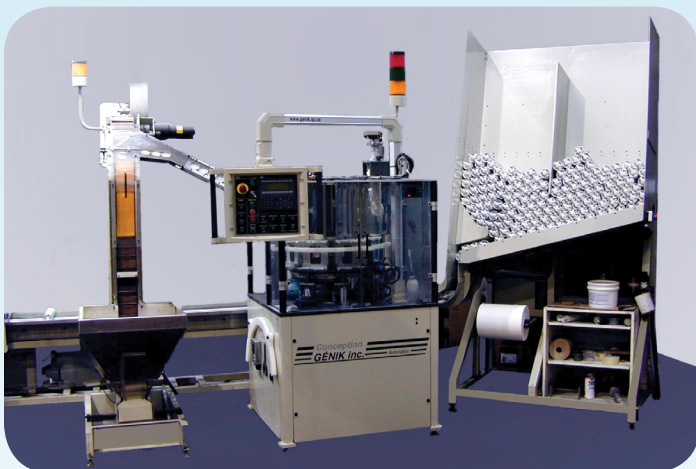


- Manque de flexibilité
- Coût d'acquisition lié au nombre d'unités produites (équipements)
- Coût de développement du prototype élevé
- Rentabilité sensible à la durée de vie du produit
- Manque de flexibilité en ce qui a trait à l'accomplissement d'autres tâches
- Faible tolérance aux défauts ou aux variations des pièces à manipuler

Comme ils servent à une seule tâche, soit la fabrication d'un produit en particulier, les systèmes dédiés possèdent une faible capacité d'adaptation aux changements et requièrent un délai plus ou moins long de mise en course lors d'un changement de configuration d'un produit.

Contrairement aux robots qui constituent une plate-forme électromécanique standardisée, les équipements dédiés sont difficilement récupérables lorsque l'application n'est plus requise ou lorsque les tâches à réaliser sur les pièces changent. Ces équipements ne peuvent donc pas évoluer sans difficulté selon les besoins changeants de la production.

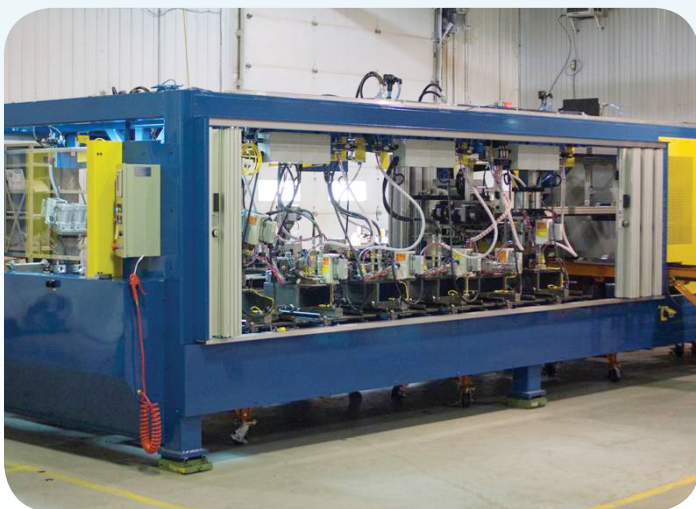
## EXEMPLES DE SYSTÈMES DÉDIÉS



### Remplissage et emballage de cartouches

Cet équipement remplit des cartouches de silicone, en plus de leur mettre un bouchon, d'y inscrire des renseignements et de les emballer en boîtes de 12 à une cadence de 25 par minute. Deux formats peuvent être traités (325 et 850 ml), et le temps de mise au point est de seulement 15 minutes. Finalement, l'équipement est compact (12 pi x 23 pi).

Source : Conception Génik inc.



### Banc de découpe automatique de joints d'étanchéité de portière automobile

Ce banc de découpe automatique est utilisé pour couper les extrémités de joints d'étanchéité de caoutchouc rigides renforcés d'acier. Les découpes s'effectuent au moyen d'outils de type poinçon-matrice actionnés par des vérins. La technologie de moteurs asservis (servo-moteurs) est utilisée pour le positionnement précis des outils. Le temps de cycle est de deux pièces toutes les deux secondes. Le même équipement peut être utilisé pour d'autres joints d'étanchéité en interchangeant les outils de découpe.

Source : Conceptromec

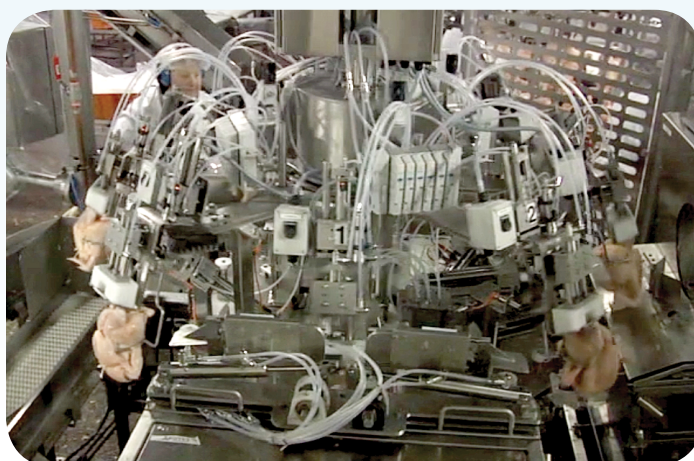
## EXEMPLES DE SYSTÈMES DÉDIÉS (SUITE)



### Machine automatique d'assemblage de produits cosmétiques

Conçu pour l'assemblage de produits cosmétiques, cet équipement assemble deux pièces et ajoute une étiquette autocollante à une cadence de 80 par minute. Une des pièces nécessite de nombreuses manipulations (orientation, positionnement, ouverture, fermeture) pour compléter son assemblage. Un système de vision est utilisé pour orienter la pièce. Finalement, une colle chaude est utilisée pour l'assemblage.

Source : Orientech



### Équipement automatique de ficelage de poulets

Cet équipement permet de mettre automatiquement deux ficelles autour des poulets, selon les besoins des rôtisseries. Pour réaliser cette opération, il faut positionner adéquatement les pattes et les ailes avant d'attacher les ficelles. En plus de fonctionner à une cadence de 18 poulets ficelés par minute, l'équipement doit accepter une certaine variété dans les dimensions des poulets.

Source : CRIQ

## ■ Système flexible

Les systèmes flexibles utilisent généralement un robot industriel comme plate-forme électromécanique.



### **Robotique industrielle officiellement définie par l'Organisation nationale de normalisation – ISO**

Contrôle automatique, reprogrammable, polyvalent, manipulateur, programmable dans trois ou plusieurs axes et pouvant être fixe ou mobile pour un usage dans des applications d'automatisation industrielle.

Les robots ont la capacité de se substituer à l'homme, même pour des opérations complexes. D'abord créés pour l'industrie automobile, les robots ont démontré leur fiabilité et leur robustesse dans d'autres domaines. Ils sont programmés afin d'accomplir des tâches particulières de façon répétitive, fiable et avec une grande précision.

En plus d'un nombre d'axes élevé, certains accessoires tels que la vision artificielle, les sondes ultrasoniques, l'infrarouge et d'autres capteurs spécialisés permettent aux robots de s'adapter à leur environnement ou de moduler leur trajectoire selon les besoins.

On utilise les systèmes flexibles quand :

- les produits varient beaucoup de l'un à l'autre;
- la durée de vie du produit est limitée (les paramètres de fabrication du produit changent souvent);
- les opérations à réaliser sont complexes et nécessitent de la flexibilité de la part de l'équipement;
- l'intervention humaine n'est pas requise.

## Principaux avantages associés aux systèmes flexibles



- Leur très grande flexibilité (un tel système peut être utilisé dans différentes applications)
- Leur capacité d'adaptation à l'environnement grâce à l'utilisation de capteurs spécialisés
- La plate-forme électromécanique (robot) récupérable pour d'autres applications futures
- Leur très grande fiabilité (moyenne de temps de bon fonctionnement [MTBF] de l'ordre de 80 000 heures)
- La possibilité d'inspecter le produit ou de s'adapter à chaque produit
- Le coût de développement du prototype abordable

La plate-forme électromécanique (robot) étant déjà sur le marché (« tablette »), le concepteur peut se concentrer sur le développement de l'outillage et l'application.

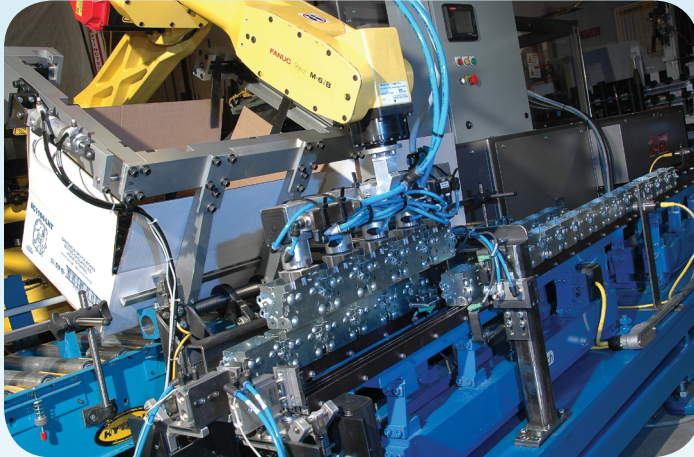
## Principaux inconvénients associés aux systèmes flexibles



- La cadence de production susceptible d'être limitée selon la tâche à accomplir
- Le recours à des technologies complexes
- La non-utilisation de certaines fonctions du robot
- L'entretien, le diagnostic et la calibration qui requièrent une main-d'œuvre ou un fournisseur spécialisés parce que l'aspect « logiciel » du système est souvent fort important

Le choix entre un système dédié ou flexible se fait principalement selon la tâche à automatiser et le type de produit à fabriquer (en fonction de sa durée de vie). Les systèmes flexibles ne sont pas nécessairement supérieurs aux systèmes dédiés (ou vice-versa), tout dépend de la situation et du besoin.

## EXEMPLES DE SYSTÈMES FLEXIBLES



### Système de mise en cartons d'emballage de boîtiers électriques

Ce système emboîte 72 boîtiers électriques par minute. Il forme les cartons et les achemine automatiquement jusqu'au point de chargement où ils sont remplis, fermés et scellés sans intervention humaine.

Source : IMAC



### Système de palettisation de contenants mixtes

Le système de palettisation de contenants mixtes permet de grouper des caisses de dimensions variées sur la même palette. Un logiciel optimise le positionnement des caisses afin d'en mettre le maximum sur chaque palette. En utilisant deux robots, il est possible de déposer 30 caisses par minute.

Source : Axium

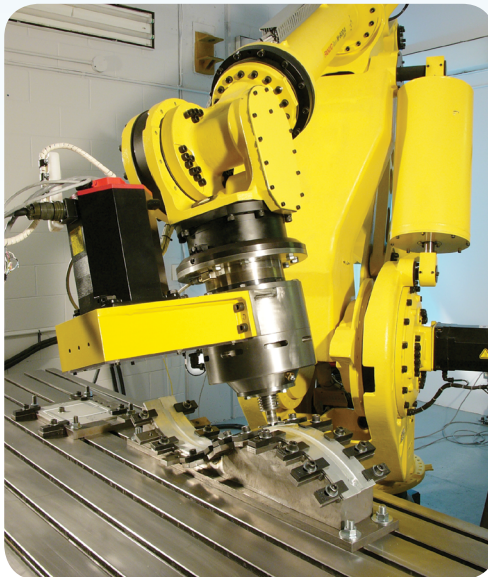
## EXEMPLES DE SYSTÈMES FLEXIBLES (SUITE)



### Système d'inspection de surfaces complexes

Ce système d'inspection combine la robotique pour manipuler les pièces et la vision artificielle pour détecter différents défauts sur des pièces aéronautiques. Les défauts d'une taille de 75 microns sont décelés. En profondeur, des imperfections mesurant jusqu'à 2,5 microns peuvent être trouvées. Les types de défauts inspectés sont des entailles, des bosses, des rayures et des marques d'outillage.

Source : AV&R Vision & Robotique inc.

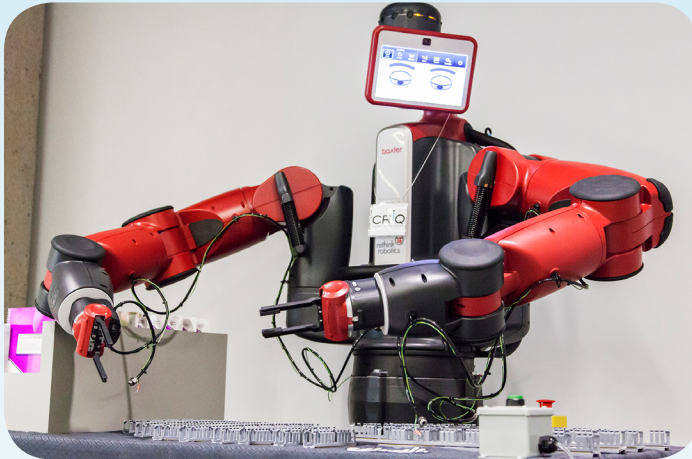


### Cellule robotisée de soudage par friction-malaxage

Cette cellule robotisée intègre une technologie de soudage conçue par un centre de recherche britannique. La particularité de cette technologie est qu'elle fonctionne en contrôle de force. Un capteur de force a donc été intégré au poignet du robot et programmé afin de s'assurer qu'une force constante est appliquée pendant le procédé, peu importe l'orientation de la surface des pièces à souder.

Source : CRIQ

## EXEMPLES DE SYSTÈMES FLEXIBLES (SUITE)



### Robot collaboratif

Le robot collaboratif peut être utilisé sur le plan de la fabrication afin de faciliter le travail des employés en effectuant soit un travail qui ne peut être automatisé, soit un travail manuel difficile qui doit être réalisé la tête en bas ou qui implique de soulever de lourdes charges, par exemple. Sa facilité de programmation et d'intégration est aussi un facteur positif qui popularise son utilisation.

Source : CRIQ

## ■ Avantages et inconvénients du « tablette » comparativement au « sur mesure »

Les solutions « tablette » représentent des systèmes éprouvés que l'on trouve sur le marché. Il existe maintenant un vaste choix de systèmes de vision artificielle, de systèmes mettant à profit la robotique et la vision, de systèmes mécaniques de positionnement, etc. pouvant être ajoutés à une ligne ou à une cellule de production avec très peu, ou pas du tout, de conception et d'intégration. Ces systèmes sont en général très performants dans la mesure où on les utilise pour des applications qui respectent leurs fonctions premières et leurs capacités. Déjà présents sur le marché, ces systèmes sont en général relativement économiques et le délai de livraison est normalement court. Par contre, certains systèmes « tablette », voulant être génériques et polyvalents, possèdent de très nombreuses fonctionnalités qui ne sont pas nécessairement utilisées. Les fabricants de ces systèmes ont mis sur pied un réseau de distributeurs formé spécialement pour faciliter leur mise en œuvre. Lorsqu'un problème d'automatisation peut être résolu au moyen d'un système « tablette », c'est souvent la solution à retenir.

Par contre, les systèmes « tablette » ne peuvent pas tout faire. Il est préférable d'envisager un système « sur mesure » plutôt que d'essayer d'étendre les capacités d'un système « tablette » lorsqu'un besoin dépasse les limites de celui-ci. Le grand avantage d'un système « sur mesure » est qu'il est conçu et fabriqué spécialement pour un type de tâche précis et possède donc les fonctionnalités requises, ni plus ni moins. Naturellement, étant donné le travail de conception nécessaire, ces systèmes sont plus coûteux et le délai de livraison est plus long.

Un fournisseur ou un équipementier intègre n'hésitera pas à dire au fabricant si son problème peut être réglé par un système « tablette » ou « sur mesure » et ainsi à le diriger vers la bonne solution.

Le tableau ci-dessous permet de résumer les domaines d'application des différents systèmes détaillés plus haut.

	DÉDIÉ	FLEXIBLE
« <b>Tablette</b> »	Utilisation d'un équipement existant pour une fabrication stable et connue.  Exemples : système de remplissage et d'emballage de cartouches, banc de découpe automatique de joints d'étanchéité de portière automobile.	Intégration d'équipements existants pour une fabrication variable.  Exemples : système de mise en cartons d'emballage de boîtiers électriques, système de palettisation de contenants mixtes.
« <b>Sur mesure</b> »	Conception d'un équipement précis pour une fabrication stable et connue.  Exemples : machine automatique d'assemblage de produits cosmétiques, équipement automatique de ficelage de poulets.	Conception et intégration d'équipements pour une fabrication variable.  Exemples : système d'inspection de surfaces complexes, cellule robotisée de soudage par friction-malaxage.

## CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES

D'abord et avant tout, un projet d'automatisation est un projet d'investissement qui doit être rentable et s'inscrire dans une démarche d'innovation ayant un lien avec la planification stratégique de l'organisation.

Comme cela est mentionné plus haut, l'automatisation est accessible à un nombre de plus en plus grand d'entreprises, en particulier des PME, grâce à la baisse des coûts d'acquisition de cette technologie. Il ne faut pas, par contre, sous-estimer les coûts éventuels d'une défaillance de l'équipement automatisé. En général, plus une usine est automatisée, plus les conséquences économiques d'une erreur

peuvent être grandes. Même si les concepteurs de ces équipements sont des personnes hautement qualifiées, cela ne veut pas dire que toutes les situations d'urgence possibles ont été prévues et programmées. Les nouveaux équipements fonctionnent à des vitesses tellement grandes et exécutent des opérations si complexes qu'un opérateur peut à peine les suivre. Une défaillance peut donc entraîner des pertes importantes. Il ne faut pas, par contre, craindre l'automatisation pour cette raison. Avec l'amélioration des technologies et la mise en œuvre d'un programme d'entretien rigoureux, il est possible de prévenir les défaillances coûteuses.

## CONSÉQUENCES SOCIALES ET HUMAINES

L'automatisation a toujours soulevé des préoccupations sociales, principalement liées au taux de chômage. Plusieurs personnes craignent que l'automatisation engendre des pertes d'emplois, avec les conséquences sociales qui en découlent. D'autres avancent plutôt que l'automatisation réduit le taux de chômage. Sans vouloir entrer dans un grand débat économique, il a été démontré que l'automatisation induit un déplacement des emplois ainsi qu'un enrichissement des tâches. Des postes non qualifiés sont remplacés par des machines, mais ces dernières nécessitent l'embauche ou la formation à l'interne de gens qualifiés pour les concevoir, les utiliser et les entretenir. Dans d'autres cas, l'automatisation enrichit le travail des opérateurs en leur permettant de consacrer moins de temps à des tâches répétitives et de se concentrer sur des activités à valeur ajoutée telles que l'amélioration continue, la maintenance productive et la résolution de problèmes. L'incidence réelle de l'automatisation sur la main-d'œuvre n'est pas claire, car d'autres facteurs ont influencé le taux de chômage ces dernières années, rendant difficile d'isoler l'effet propre à l'automatisation. Une étude réalisée en Europe semble démontrer que les pays qui ont le plus de robots dans les usines sont ceux dont le taux de chômage est le plus bas.

Dans tout projet d'automatisation, il est important de s'assurer d'avoir une main-d'œuvre suffisante

et qualifiée pour faire fonctionner et pour entretenir les équipements automatisés. Il n'est jamais rentable d'avoir une technologie de pointe sur le plancher de production si on ne sait pas s'en servir correctement. Cela doit faire partie d'une démarche d'innovation s'inscrivant dans la planification stratégique de l'entreprise.

Par ailleurs, l'aspect de la sécurité des employés n'est pas à négliger. Les équipements automatisés fonctionnent à grande cadence et les robots industriels sont très rigides. Dans les deux cas, ces machines peuvent causer des blessures graves aux employés travaillant à proximité. Il est donc essentiel de tenir compte de la dimension sécuritaire des machines afin d'éviter des problèmes importants.

La majorité des gens conviennent aujourd'hui que l'automatisation est l'une des solutions à privilégier afin de garder des usines ouvertes au Québec. D'autres ajoutent qu'elle permet de conserver localement l'expertise liée à la fabrication et à la transformation, qui est perdue lorsque tout est réalisé à l'étranger. Elle aide ainsi les PME locales à faire concurrence à des entreprises de l'extérieur. Aux États-Unis, par exemple, un mouvement important faisant la promotion de l'automatisation pour garder des emplois au pays a été lancé au début des années 2000. Pour plus de détails, vous pouvez consulter le site [www.saveyourfactory.com](http://www.saveyourfactory.com). Celui-ci offre en outre une feuille Excel pour calculer la rentabilité d'un investissement dans un projet d'automatisation.

# MODULE 2

## ■ Raisons pour entreprendre un projet d'automatisation

### PERTINENCE DU BESOIN

Il est important de bien évaluer tout projet potentiel d'automatisation afin de s'assurer que c'est la bonne solution au problème. Par exemple, des questions d'organisation ou de relations de travail ne seront pas réglées par l'automatisation. Cela vaut aussi pour un problème lié à la qualité des matières premières.

Souvent, des entreprises envisagent l'automatisation afin d'accroître leur capacité de production sans trop augmenter le nombre d'employés. Cette approche est adéquate, mais il est essentiel de s'assurer qu'il existe un marché pour cette nouvelle production. Il est aussi important d'évaluer la quantité de produits nécessaire pour rentabiliser l'investissement.

Dans tous les cas, il est essentiel qu'un projet d'automatisation s'insère dans une démarche structurée et systématique afin de s'assurer que c'est la bonne solution au problème ou au besoin. Cette démarche doit faire partie de la planification stratégique de l'entreprise.

La standardisation des différents composants de la gamme de produits, effectuée à la suite, si nécessaire, d'un exercice d'économie de gamme en production à valeur ajoutée (PVA), peut aider à rentabiliser un projet, car elle diminue le nombre de pièces en stock.

## AVANTAGES TANGIBLES

Il y a de nombreux avantages tangibles à l'automatisation. Ces avantages ne sont pas nécessairement applicables à tout projet d'automatisation, mais ils peuvent servir de guides pour évaluer la pertinence d'un projet.

### Principaux avantages tangibles de l'automatisation



- Réduction des coûts de production :
  - baisse des coûts de main-d'œuvre directe,
  - baisse des rejets,
  - baisse des rebuts,
  - baisse des frais liés à la santé et à la sécurité des travailleurs,
  - baisse des délais de fabrication,
  - baisse du nombre de produits en cours de fabrication,
  - utilisation optimale de la matière première (si le projet inclut un module d'optimisation).
- Accroissement de la capacité de production et de la productivité :
  - plus grande flexibilité de la production,
  - hausse du taux d'utilisation des autres équipements, en amont et en aval (taux de rendement global – TRG).
  - augmentation de la cadence de production,
- Amélioration de la qualité :
  - produits plus constants,
  - réduction du taux de rebut.
  - processus de fabrication mieux maîtrisé,

Ces différents avantages tangibles peuvent être chiffrés et devraient être utilisés dans le calcul de la rentabilité d'un projet d'automatisation. Nous reviendrons plus précisément sur ce sujet un peu plus loin.

## AVANTAGES INTANGIBLES

Il existe naturellement, dans un projet d'automatisation, des avantages intangibles, difficiles, voire impossibles, à quantifier. Même si l'aspect tangible, donc quantifiable financièrement, est très important dans toute décision d'aller de l'avant avec un projet d'automatisation, des avantages intangibles peuvent à l'occasion aider à justifier un investissement.

### Principaux avantages intangibles de l'automatisation



- Réduction des accidents de travail et du roulement du personnel depuis qu'une machine réalise :
  - les tâches répétitives et abrutissantes,
  - le travail dangereux,
  - le travail dans un environnement difficile.
- Image proactive de l'entreprise qui innove pour être en avant de la concurrence.
- Notoriété de l'entreprise.
- Simplification du recrutement s'il est difficile de trouver une main-d'œuvre qualifiée.
- Flexibilité accrue par la possibilité de fabriquer une plus grande gamme de produits.
- Acquisition d'expertise par les départements technique ou de l'ingénierie de l'entreprise.
- Adaptation rapide aux demandes variées des clients possible si l'on a un système flexible.

Par exemple, le premier robot industriel utilisé en usine manipulait des pièces très lourdes, en fonte d'acier, dans l'environnement hostile d'une fonderie.



#### ACTIVITÉ 1 – Choix et planification d'un projet d'automatisation dans mon usine

Voir le cahier d'activités p. 1

# MODULE 3

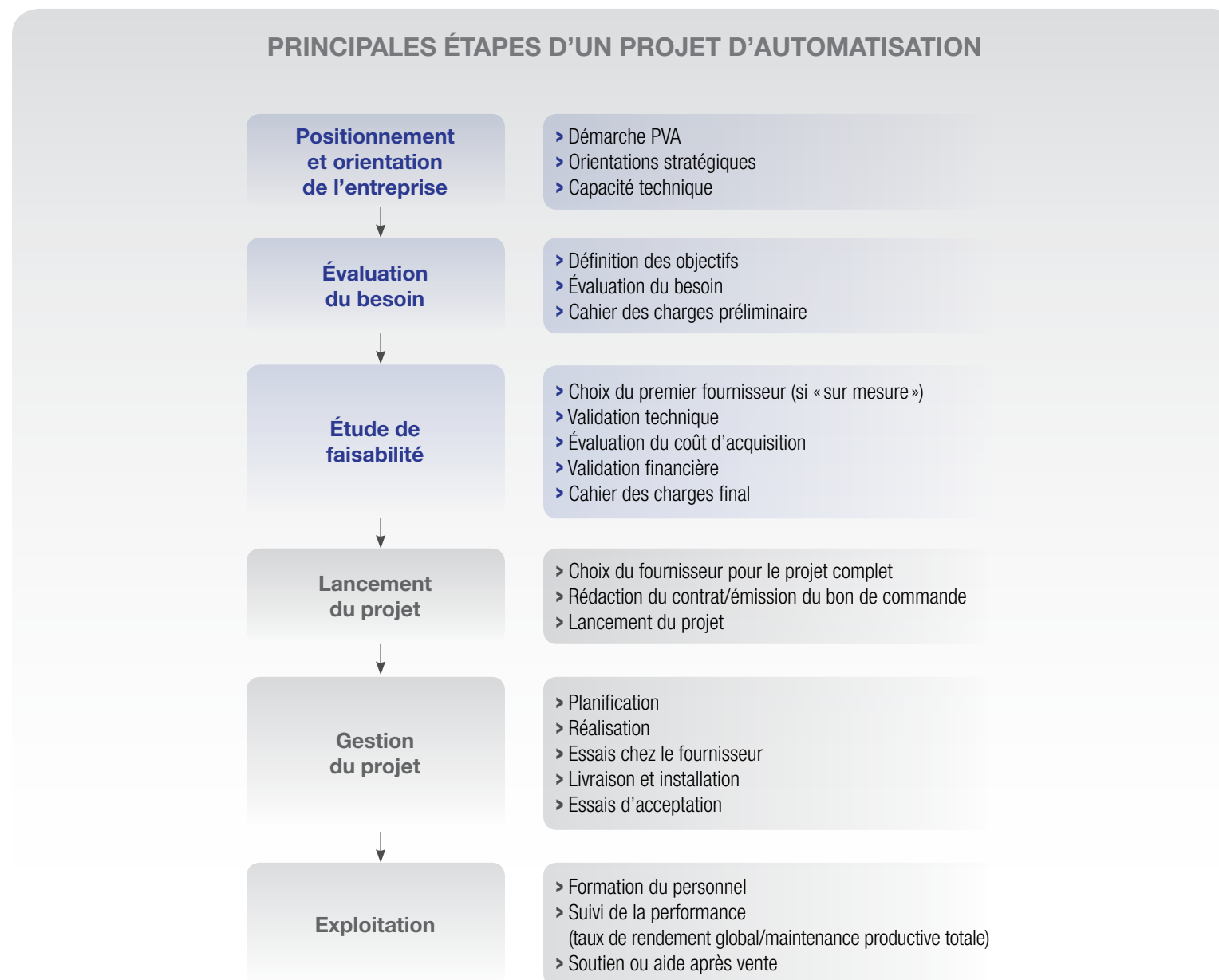
## ■ Processus à suivre pour choisir et valider un projet d'automatisation (avant-projet)

Une entreprise manufacturière moyenne est très bonne pour gérer ses activités quotidiennes : prendre des commandes, s'approvisionner en matériaux, transformer les matériaux pour fabriquer des produits, livrer les produits, etc.

Un projet d'automatisation est donc une opération ponctuelle au sein de l'entreprise. Souvent, ce projet implique des changements importants dans les pratiques de fabrication. L'entreprise manufacturière moyenne n'est pas habituée à gérer ce genre de projet. Il devient donc essentiel de bien le planifier et de suivre une démarche structurée pour en assurer le succès.



Le logigramme ci-dessous illustre les étapes principales d'un projet d'automatisation. Seules les trois premières, liées à l'avant-projet, seront détaillées dans les prochaines pages.



## Participation des employés



La mise en œuvre d'un projet d'automatisation s'apparente à un plan de gestion du changement. La participation des employés est primordiale pour assurer le succès de cette démarche. Il est avantageux de profiter de leurs connaissances et de leurs compétences au moment de la définition des objectifs. Cela peut permettre d'éviter d'oublier un aspect critique.

Dans la mesure du possible et afin d'assurer le succès du projet d'automatisation, il faut éviter les mises à pied. Idéalement, les employés touchés par ce projet devraient être affectés à des activités à plus grande valeur ajoutée (amélioration continue, maintenance productive, résolution de problèmes, etc.).

Il est également important de bien les informer de façon périodique de la progression du projet d'automatisation. Leurs craintes liées aux éventuelles pertes d'emplois ou à la modification des tâches doivent être traitées correctement afin de faciliter l'intégration de l'automatisation. Une certaine résistance au changement est prévisible. Il faut donc la reconnaître et la gérer adéquatement. Les techniques présentées dans la session de formation *Le leadership et la mobilisation des personnes* du MESI pourraient s'avérer utiles afin de modérer cette résistance.

## DÉMARCHE DE PVA

Avant de procéder à l'automatisation, il est préférable de faire un exercice de PVA. En effet, si on néglige cette étape, il est possible qu'on automatise une opération sans valeur ajoutée, ce qui serait un pur gaspillage d'argent. Également, le bon vieux principe du « *garbage in, garbage out* » s'applique à tout équipement automatisé. Autrement dit, une machine ne fabriquera pas un bon produit si les intrants sont de mauvaise qualité.

### À retenir



Il est donc préférable de faire un ménage des activités à non-valeur ajoutée avant de penser à l'automatisation. De plus, un exercice de PVA permet de mieux organiser les opérations, soit :

- la conception de produits en tenant compte de la façon de les fabriquer;
- la réduction des temps de mise en production;
- l'optimisation des flux de production;
- la réduction du gaspillage.

La PVA prépare donc le terrain pour l'acquisition d'équipements de production automatisés en organisant de façon plus efficace l'ensemble des opérations. Les employés prenant également part à cette démarche, l'étape subséquente que représente l'automatisation ne sera que plus facile à réaliser et à intégrer. Il ne faut pas, par contre, que la démarche de PVA soit une fin en soi. C'est en général un exercice qui regarde la production d'une façon macroscopique. Il y a un risque de manquer d'intéressantes occasions d'automatisation localisées. Si vous souhaitez en savoir davantage sur le sujet, le MESI offre différentes [sessions de formation](#) (PVA, Kaizen et Méthode d'organisation 5S) et organise également des [ateliers-visites](#) au sein d'entreprises qui appliquent depuis de nombreuses années et avec succès la philosophie et les outils de la PVA.

## ORIENTATIONS STRATÉGIQUES DE L'ENTREPRISE

Tout projet d'automatisation doit découler des orientations stratégiques de l'entreprise. Il ne faut pas se lancer dans l'automatisation juste parce que c'est à la mode. Cela doit dépendre de la planification stratégique de l'entreprise, des parts de marché visées, du positionnement de l'entreprise – qui connaît son environnement concurrentiel –, de ses capacités financières, du plan de formation du personnel, de la durée de vie du produit fabriqué, etc. La session de formation *Orientations et planification stratégiques* du MESI offre tous les détails à ce sujet.

Un projet d'automatisation est un investissement; il doit donc être rentable. Doubler la capacité de production n'est pas utile si l'entreprise ne peut pas vendre tous ses produits avec une marge bénéficiaire intéressante. Il est rarement rentable d'utiliser un équipement qui ne fonctionne qu'à une fraction de

sa capacité. De plus, le choix du type d'équipement, dédié ou flexible, dépend de l'évolution prévue de la production. Si on pense fabriquer le même produit pendant plusieurs années, un système dédié a des chances d'être la meilleure solution. Par contre, si on prévoit changer souvent de produit, il est préférable d'envisager un système flexible. Les différentes pratiques liées à l'analyse comparative (*benchmarking*) peuvent aider à faire le meilleur choix.

Il est donc bon d'être prudent, mais il ne faut pas tomber dans l'excès. Trop souvent, des entreprises décident de ne rien faire en attendant de voir ce qui va se passer sur le marché, d'observer ce que les concurrents vont faire, d'obtenir les résultats du prochain trimestre, etc. Si on attend trop longtemps, les concurrents risquent de prendre l'initiative, et il sera alors difficile de les rattraper.

## CAPACITÉ TECHNIQUE DE L'ENTREPRISE

Avant de définir un projet d'automatisation, il est important de faire un constat de la capacité technique de l'entreprise et de la maîtrise du procédé à automatiser. Dans certaines situations, il vaut peut-être mieux débiter par un projet plus modeste technologiquement afin de permettre au personnel de s'adapter de façon graduelle à l'automatisation que de commencer par un projet d'envergure qui créera une forte pression sur ce dernier. Dans le cas d'une usine où la fabrication est entièrement manuelle, la mise en production d'un équipement sophistiqué intégrant la vision artificielle et la robotique comme premier projet d'automatisation peut représenter un changement trop radical. Si possible, il est préférable de commencer l'automatisation par un projet plus modeste. Cela permet à toute l'entreprise de se familiariser avec l'automatisation et de prendre conscience des conséquences de ce changement sur l'ensemble des opérations.

Une fois que l'entreprise décide d'aller de l'avant avec un projet, il est important de nommer très tôt dans le processus un chargé de projet à l'interne. Ce dernier pilotera le projet tout le long de son évolution afin de s'assurer qu'il sera un succès. Immédiatement après, une équipe interne, pluridisciplinaire, devrait être formée pour appuyer le chargé de projet. Des représentants des opérations, de l'entretien, de la qualité, etc. pourront contribuer à l'évaluation et à la définition du besoin.

Pour que toutes ces personnes puissent bien contribuer au projet, elles doivent être libérées d'au moins une partie de leurs tâches habituelles.

Il faut également déterminer si le personnel en place peut, grâce à une formation spécialisée, acquérir les compétences nécessaires pour utiliser et entretenir l'équipement automatisé ou s'il faut embaucher de nouvelles ressources. Un plan d'acquisition de connaissances est alors requis.

Les opérateurs doivent pouvoir comprendre les principes de base du fonctionnement du nouvel équipement afin de voir à son bon fonctionnement et de faire les mises au point requises pour obtenir les performances de production désirées. Un bon opérateur pourra poser un diagnostic précis sur un mauvais fonctionnement de l'équipement.

Les employés d'entretien doivent avoir une connaissance plus approfondie de l'équipement afin de pouvoir rapidement trouver la cause d'une défaillance ou d'un problème de fonctionnement. Très souvent, les employés d'entretien devront apprendre les bases de programmation applicables à l'équipement qui sera installé (automate, robot, servomoteur, etc.).

Il ne faut pas oublier le personnel de l'ingénierie d'usine, qui devra tôt ou tard faire les mises à jour des logiciels de l'équipement ou apporter des modifications à la programmation dans les situations où la pièce à fabriquer subit des changements majeurs.

## DÉFINITION DES OBJECTIFS ET ÉVALUATION DU BESOIN

Normalement, tout projet d'automatisation a comme objectif d'améliorer au moins une étape du procédé de fabrication. Il est donc important de définir clairement des objectifs quantifiables pour le projet. Par exemple, ces objectifs peuvent être :

- une augmentation du volume de production;
- une diminution du coût de la pièce produite;
- une augmentation de la cadence de production;
- une amélioration du taux de disponibilité de l'équipement;
- une diminution du taux de rejets;
- une augmentation du taux de rendement matières.

Une définition claire des objectifs est importante pour bien préciser le projet et ses paramètres. Il est recommandé de prendre le temps de mettre ceux-ci par écrit. Cet exercice permet de mieux structurer la pensée. En outre, il est plus facile de les communiquer à l'ensemble de l'organisation lorsqu'ils sont ainsi consignés. Ces objectifs feront partie intégrante du cahier des charges préliminaire et sont essentiels dans le choix de la technologie à retenir. Pour les PME, plusieurs centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) peuvent être utiles à cette étape importante. Certaines entreprises privées offrent également des services de diagnostic.

L'entreprise peut aussi procéder à un premier bilan technologique afin de déceler si des équipements qui existent déjà et qui sont offerts sur le marché peuvent faire le travail. Ce premier survol va aider au choix du fournisseur retenu pour l'étude de faisabilité, si nécessaire. Dans les cas de projets complexes, ce fournisseur peut réaliser le bilan technologique une fois le concept préliminaire élaboré.

## CAHIER DES CHARGES PRÉLIMINAIRE

Le cahier des charges préliminaire permet de définir le projet d'automatisation et de faire une première ronde de rencontres avec des fournisseurs potentiels.

Selon la nature du projet et la difficulté technique, il est possible que des fournisseurs puissent offrir une solution répondant au besoin. Dans ce cas, le fabricant ne devra faire que quelques modifications au cahier des charges préliminaire pour obtenir la version définitive et passer, si requis, à l'appel d'offres.

Dans l'éventualité où il n'existe pas de solutions connues à l'avance pour répondre au besoin, il est souvent indispensable de réaliser une étude de faisabilité, également appelée validation technique, afin de déterminer les caractéristiques définitives du projet et d'achever le cahier des charges. Il faudra donc, dans cette situation, choisir un fournisseur pour réaliser cette étude de faisabilité. Ce fournisseur ne sera pas nécessairement celui qui réalisera le projet. Tout dépendra de la complexité technique du projet et de l'effort de conception à accomplir.



### Cahier des charges préliminaire

Document permettant de bien illustrer et d'expliquer le besoin.

On y trouve normalement les éléments suivants :

- La description du procédé ou de la tâche à automatiser
- Les caractéristiques des pièces (poids, dimensions, matériau, fragilité, etc.)
- La constance des pièces (dimensions et positionnement)
- La performance de l'équipement (constance du procédé)
- Les opérations en amont et en aval
- La façon dont les pièces alimenteront l'équipement et la façon dont elles en sortiront
- L'interfaçage avec d'autres équipements (existants ou nouveaux) dans l'usine
- L'environnement (poussière, humidité, température, explosifs, etc.)
- Les aspects sécuritaires (interfaçage avec les opérateurs)

Selon la nature du projet, le cahier des charges préliminaire peut ne comporter qu'une ou deux pages, comme il peut représenter un document plus important. Dans tous les cas, il est fortement recommandé de mettre le temps requis pour bien l'élaborer. Les heures investies pour le préparer permettront d'éviter de nombreux problèmes par la suite.

À l'occasion, pour faciliter l'automatisation d'une tâche, il est avantageux de revoir la conception des pièces. Comme cela peut entraîner des efforts et des coûts supplémentaires, il est important de faire une étude de faisabilité afin de réduire les incertitudes avant d'aller plus loin.

Il faut, par contre, éviter d'avancer trop loin dans l'automatisation de la fabrication quand, en parallèle, on continue à mettre au point le produit. La conception de celui-ci devrait être terminée avant que les exigences relatives à l'automatisation soient fixées de façon définitive.

### CHOIX DU FOURNISSEUR POUR L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

Lorsqu'un système d'automatisation « tablette » répond aux exigences du cahier des charges préliminaire, il n'est pas absolument nécessaire de choisir un fournisseur pour l'étude de faisabilité. Il reste quand même préférable de réaliser une telle étude, qui peut être faite directement par le personnel interne, en collaboration avec le fournisseur du système envisagé. Naturellement, cette étude sera plus modeste et moins détaillée que dans le cas d'un système « sur mesure ».

Une étude de faisabilité n'est pas requise pour tous les projets d'automatisation. Si un fournisseur ou un équipementier possède des expériences antérieures ayant des similitudes avec le projet que vous voulez concrétiser, il est possible de passer directement à l'évaluation des coûts d'acquisition. Par contre, si des essais doivent être réalisés pour vérifier certains concepts et qu'il faut plusieurs heures pour élaborer ces concepts, l'étude de faisabilité est préférable, afin de réduire les risques.

Il faut bien comprendre ce qu'on veut dire par étude de faisabilité. En général, l'objectif n'est pas de savoir si le projet est faisable, mais plutôt de valider les technologies choisies afin de réduire les risques techniques du projet global. Dans de nombreux cas, il n'est pas possible de quantifier précisément la performance future d'un équipement sans réaliser des simulations ou des montages exploratoires. Dans la même optique, la réalisation de cette étude de faisabilité permet d'avoir une idée plus précise du coût du projet d'automatisation, car la réalisation de travaux préliminaires réduit ou, quelquefois, élimine de nombreux risques.

Plusieurs équipementiers spécialisés en automatisation industrielle et centres de recherche industrielle fournissent des services d'études de faisabilité ou de validation technique. Le choix entre ces deux fournisseurs dépend en premier lieu de l'incertitude technologique de cette étape. Dans le cas où elle est très élevée et qu'il existe de nombreuses inconnues, il est généralement préférable de travailler avec un centre de recherche industrielle. Dans les autres situations, un équipementier dûment qualifié peut réaliser le travail. Nous traiterons plus loin, de façon précise, du choix de l'équipementier.

Au-delà de ces différentes considérations, la confiance mutuelle entre le fabricant et le fournisseur est capitale pour l'étude de faisabilité. En effet, selon le degré de risque technologique, il est possible que les résultats indiquent que le concept initial n'est pas viable et qu'il faut refaire l'exercice. Dans d'autres cas, la solution technologique existe, mais reste trop coûteuse. La relation de confiance, voire de partenariat, est donc essentielle pour que le fabricant accepte d'investir dans l'étude de faisabilité.

Il est préférable de choisir le fournisseur pour l'étude de faisabilité en fonction de ses capacités d'accomplir l'entièreté du mandat. Il est souvent avantageux de faire participer le fournisseur ou l'équipementier au processus le plus tôt possible. En effet, l'étude peut se solder par un projet techniquement moins risqué qu'anticipé, pouvant mener à l'utilisation d'un équipement standard. Une autre possibilité serait que la faisabilité soit réalisée par un centre de recherche, mais que le concept utilise une technologie maîtrisée par un équipementier. Une recherche plus fondamentale pourra être réalisée par une université.

## ÉTUDE DE FAISABILITÉ

Il existe différentes façons de réaliser une étude de faisabilité. Dans certains cas, il est possible de faire une simulation sur ordinateur. On peut ainsi simuler le temps de cycle de même que les interfaces avec les équipements en amont et en aval. Principalement en robotique, de nombreux fabricants offrent maintenant des logiciels performants et faciles à utiliser pour simuler le travail du robot.

Dans d'autres situations, il est nécessaire de réaliser un montage préliminaire en laboratoire, grandeur réelle, afin de confirmer que le concept retenu répond au besoin. Cette approche est principalement utilisée quand un procédé particulier (soudure, peinture, découpe, ébavurage, etc.) est employé, quand l'incertitude technologique est trop élevée pour que l'on puisse simuler sur ordinateur le travail du robot ou quand une simulation est tout simplement impossible à réaliser. Dans plusieurs cas, les programmes qui ont servi pour les essais préliminaires en laboratoire peuvent être réutilisés en bonne partie au moment de la réalisation du projet comme tel.

À l'occasion, un projet peut nécessiter une simulation sur ordinateur suivie d'un montage préliminaire en laboratoire.

Peu importe comment l'étude de faisabilité est réalisée, l'objectif est de réduire les incertitudes technologiques afin de préciser le cahier des charges révisé et d'avoir une idée plus précise de l'envergure du projet.

### À noter



Il peut sembler fastidieux de préparer un cahier des charges préliminaire et une étude de faisabilité avant d'aller de l'avant avec un projet. Il faut se rappeler qu'un processus de développement technique se répète souvent. Il est préférable de bien faire les premières étapes, car il est nettement moins coûteux de corriger un cahier des charges préliminaire que de modifier un équipement automatisé une fois qu'il est installé.

## ÉVALUATION DES COÛTS D'ACQUISITION

L'étude de faisabilité permet de préciser l'ampleur du projet et donc d'avoir une bonne idée des coûts. Le fournisseur qui l'a effectuée devrait pouvoir donner cette estimation préliminaire.

Le calcul détaillé de la rentabilité de l'investissement sera exposé plus loin.

## VALIDATION FINANCIÈRE

À partir de l'étude de faisabilité et de l'évaluation des coûts d'acquisition et d'implantation, le fabricant peut procéder à des calculs préliminaires de rentabilité. Ces calculs permettent de déterminer s'il est pertinent de passer à la prochaine étape du projet – si la rentabilité semble bonne –, s'il est préférable d'arrêter le projet – si la rentabilité calculée est loin de l'objectif – ou s'il faut revenir en arrière pour réduire l'ampleur du projet – si la rentabilité, sans être mauvaise, n'est pas aussi bonne que prévu. Dans ce dernier cas, il faut réviser le cahier des charges préliminaire et reprendre à l'occasion des étapes de la validation technique, de l'évaluation des coûts d'acquisition et de la vérification financière.

Même si reprendre des étapes peut donner l'impression que l'on perd du temps et de l'argent, il faut se souvenir qu'il est préférable d'investir afin de s'assurer de la pertinence du projet global plutôt que d'aller directement à la fabrication de l'équipement automatisé et de se rendre compte, par la suite, que le projet n'est pas viable technologiquement ou financièrement.

## CAHIER DES CHARGES RÉVISÉ

Le cahier des charges révisé n'est pas un nouveau document à préparer. Il constitue en fait une révision, une amélioration et une mise à jour du cahier des charges préliminaire dont les incertitudes, traitées par l'étude de faisabilité, sont précisées.

Une fois les validations technique et financière réalisées et favorables au projet, il faut réviser le cahier des charges préliminaire afin d'obtenir une version définitive. Les éléments contenus dans celle-ci sont les mêmes que ceux du cahier des charges préliminaire, tout en étant plus précis.

### À retenir



Le cahier des charges révisé comportera en outre les paramètres suivants :

- définition claire des livrables;
- détails sur les critères et l'essai d'acceptation de l'équipement automatisé;
- information précise sur l'installation, l'implantation et la mise au point.

Le cahier des charges révisé devient le document technique de référence du projet d'automatisation. Il est donc important de l'élaborer correctement et avec soin.

## CHOIX DU FOURNISSEUR POUR LA RÉALISATION DU PROJET

Selon l'envergure du projet et l'importance de l'incertitude technologique, il est possible d'utiliser le cahier des charges révisé pour l'appel d'offres. Cette approche s'applique surtout aux cas où la solution est plutôt standard et où l'adaptation requise (conception « sur mesure ») est limitée. Le fournisseur sera donc choisi en fonction du respect des exigences techniques et du prix de l'équipement.

Si la solution comporte un aspect technologique important et que la dimension « sur mesure » est considérable, il peut être sage de faire appel au fournisseur qui a réalisé l'étude de faisabilité.

En effet, comme ce dernier maîtrise les particularités du projet, il pourra offrir à l'entreprise une solution précise à coût raisonnable. Solliciter d'autres fournisseurs peut prendre beaucoup de temps, car il faut expliquer de nouveau le contexte et la situation. De plus, cela retarde la mise en œuvre du projet, remettant donc à plus tard l'apparition des bénéfices que celui-ci peut engendrer pour l'entreprise. Naturellement, il faut que règne une grande confiance entre le fabricant et le fournisseur.

Nous reviendrons plus loin en détail sur les critères de sélection.



### ACTIVITÉ 2 – Témoignages vidéo

# MODULE 4

## ■ Calcul de la rentabilité de l'investissement

Il existe différentes façons de calculer la rentabilité de l'investissement. L'équation peut être plus ou moins compliquée selon la précision désirée. Avant de regarder le calcul comme tel, nous allons passer en revue les éléments à considérer pour celui-ci.

Avec des solutions techniques comme des systèmes robotiques qui peuvent être convertis à d'autres tâches, certains préconisent d'évaluer le coût global de possession, qui prend en compte la possibilité de reconvertir l'équipement lorsque le produit fabriqué arrive en fin de vie. Quoique possible, cette approche complexifie le calcul et s'applique plutôt rarement à des équipements automatisés.

Dans tous les cas, un équipement d'automatisation est toujours financièrement plus intéressant s'il est utilisé pendant deux quarts de travail ou plus. En effet, peu importe le nombre d'heures d'utilisation, le coût d'acquisition est le même. Plus on utilise l'équipement, plus les économies sont grandes. Pour accroître la capacité de production, certains industriels aiment mieux agrandir l'usine que d'ajouter un deuxième quart de travail. C'est une approche nettement moins rentable.

L'analyse de la rentabilité devrait toujours se faire en considérant les risques (techniques et financiers), en évaluant les solutions de rechange en fonction de l'importance de ces risques et, finalement, en jugeant l'incidence sur l'entreprise de ne pas réaliser le projet en question. Il faudrait donc comparer la rentabilité d'au moins deux scénarios : ne pas réaliser le projet d'automatisation et concrétiser ce projet.

## GAINS

Les gains représentent les économies financières découlant de la mise en pratique du projet d'automatisation. Une des erreurs qu'on peut faire est d'oublier certaines sources de gains dans le calcul.

### Liste d'économies à considérer



- Économie de main-d'œuvre directe
- Réduction des primes versées à la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST)
- Économie de coût de formation résultant du roulement du personnel
- Économie de non-qualité (pièces rebutées ou réparées)
- Économie de retours de la part des clients (garanties)
- Gain en rendement de la matière (moins de retailles)
- Gain lié à l'augmentation du volume de production
- Gain lié au meilleur rendement des équipements

## INVESTISSEMENT

Afin de bénéficier de ces gains, l'entreprise doit, en premier lieu, investir afin d'acquérir l'équipement. De nombreux éléments doivent être considérés dans l'évaluation de l'investissement initial.

### Liste d'éléments à considérer dans l'évaluation de l'investissement initial



- Coût d'acquisition (achat de l'équipement)
- Coût d'implantation (préparation du plancher de production pour accueillir l'équipement et coût de l'installation)
- Coût de mise en production (perte de production, ralentissement de la production)
- Coût de formation de la main-d'œuvre (fonctionnement et entretien)
- Coût des pièces rebutées lors de la mise au point de l'équipement
- Investissement dans la reconception ou la révision du produit pour permettre l'automatisation, si nécessaire

## COÛTS D'UTILISATION

Tout projet d'automatisation comporte également des coûts. Ces coûts sont en général récurrents et n'existent qu'une fois l'équipement automatisé installé et en production.

### Liste des coûts à considérer



- Entretien de l'équipement
- Stock de pièces de rechange
- Remplacement de pièces d'usure
- Consommation énergétique
- Amortissement de l'équipement
- Salaire du personnel technique embauché spécialement pour le projet, si applicable

## CALCULS

### ■ Délai de récupération

Une des façons simples et souvent utilisées pour calculer la pertinence d'un investissement est de mesurer le délai de récupération, c'est-à-dire le temps nécessaire pour rentabiliser cet investissement. Pour ce faire, on divisera l'investissement total par les gains nets par an. La formule est la suivante :

$$\text{Délai de récupération} = \frac{\text{Investissement total}}{\text{Gains annuels} - \text{coûts d'utilisation annuels}}$$

On utilise souvent le terme anglais *payback* pour désigner ce calcul.

Fréquemment, quand on fait ce calcul, on ne tient pas compte des sommes liées aux coûts d'utilisation annuels. Cela crée l'illusion que le délai de récupération est plus court. Cette pratique est donc à éviter.

### Avantages / Inconvénients



L'avantage principal de cette méthode est sa simplicité et sa facilité d'utilisation. Par contre, elle ne tient pas compte d'éléments importants, comme :

- la dévaluation de la monnaie dans le temps;
- l'inflation;
- l'économie d'impôts à la suite de l'investissement initial;
- l'objectif de rendement de l'entreprise;
- l'amortissement de l'équipement.

Cependant, cette formule peut donner un bon indice lorsque le taux d'inflation est faible et que la période considérée est courte.

## ■ Taux nominal de rendement

Un autre calcul simple peut être celui du taux nominal de rendement, qui s'effectue comme suit :

$$r = \frac{\text{Résultat net annuel moyen}}{\text{Investissement total}}$$

La valeur de «r» peut être exprimée en pourcentage et devrait donner un résultat plus élevé que le taux de rendement généralement utilisé par l'entreprise pour ses projets d'investissement. Le résultat net est le gain après amortissement et impôts.

### Avantages / Inconvénients



L'avantage fondamental de cette méthode est la facilité et la simplicité du calcul. Son principal inconvénient est que le facteur temps n'est pas pris en compte. Il peut être valable pour évaluer un investissement à court terme, mais n'est pas idéal pour un projet à long terme. Par contre, contrairement à la méthode du délai de récupération, il tient compte de l'amortissement et des impôts de l'entreprise.

## ■ Valeur actuelle nette (VAN)

Il existe d'autres façons de calculer la pertinence d'un investissement. Une des plus communes est la VAN, soit la valeur actuelle nette. Cette méthode permet de calculer, à partir d'un taux d'actualisation convenu, la valeur nette et actualisée des entrées de fonds liées à un investissement. Avant d'arriver à ce calcul, il faut d'abord considérer deux formules :

$$VA = VN \times (1 + i)^n / (1 + k)^n$$

- VN = valeur nominale annuelle d'un gain net (soit les gains moins les coûts d'utilisation)
- VA = valeur actuelle d'un gain net
- i = taux d'inflation
- k = taux d'actualisation
- n = durée de vie économique

$$VAEI = C \times \frac{t \times D}{k + D} \times \frac{1 + 0,5k}{1 + k}$$

- VAEI = valeur actuelle d'économie d'impôts
- C = valeur de l'investissement
- t = taux d'imposition
- D = taux d'amortissement
- k = taux d'actualisation

La valeur actuelle nette se calcule ainsi :

$$VAN = VAEI + \Sigma VA - C$$

### À noter



Pour qu'un projet soit intéressant, donc rentable, il est requis que la VAN soit positive ( $> 0$ ).



## Taux d'actualisation

Taux qui correspond au coût du capital requis pour financer le projet :

- si les ressources financières ne sont pas disponibles : taux du crédit;
- si les ressources financières sont disponibles : taux d'intérêt ou rendement financier désiré;
- si le financement provient en partie de fonds propres : pondération en fonction de la proportion de chaque type de financement.

Les gains nets doivent être calculés chaque année et additionnés pour connaître la valeur actuelle totale. De plus, à l'année 0, il faut calculer la VAEI, car l'investissement réalisé réduit le profit, donc la quantité d'impôt que l'entreprise doit payer cette même année.

Dans certains cas, des auteurs suggèrent d'ajouter dans le calcul de la VAN la vente de l'équipement (évidemment actualisée) et la perte d'économie d'impôts (à cause de cette vente) à la fin de sa durée de vie économique. Étant donné que la grande majorité des entreprises ne vendent pas leurs équipements automatisés après quelques années, souvent, on ne tient pas compte de cet aspect.

Dans les cas de projets d'automatisation flexibles où l'équipement serait modifié après un certain nombre d'années afin de permettre la production d'un autre produit, il est possible de calculer la VAN de cette deuxième phase et ainsi d'évaluer la rentabilité complète du projet à long terme.

## Avantages / Inconvénients



Cette méthode de calcul de la rentabilité d'un projet est plus complexe que celles vues précédemment, ce qui constitue son inconvénient majeur. Par contre, elle est beaucoup plus représentative de la réalité financière et donne des résultats plus précis et exacts.

## ■ Taux de rendement interne (TRI)

Une autre façon d'évaluer la pertinence d'un investissement est le taux de rendement interne (TRI). Ce calcul est relativement complexe et principalement utilisé par les institutions financières avant d'accorder un prêt à une entreprise.

La méthode du TRI consiste à calculer le taux d'actualisation ( $k$ ) qui donne une VAN égale à zéro, soit le taux pour lequel la valeur actualisée des entrées est égale à la valeur actualisée des sorties de fonds. Si le TRI calculé est plus élevé que le taux d'actualisation, cela veut dire que la VAN est positive, donc que le projet est rentable. Pour comparer la rentabilité financière de deux projets, il reste préférable d'utiliser la VAN.

La formule mathématique du TRI est la suivante :

$$\sum_{T=0}^n \frac{FM_T}{(1 + TRI)^T} = 0$$

- TRI = taux de rendement interne
- T = durée du projet en année
- $FM_T$  = flux monétaire pour l'année T

Étant donné que la variable inconnue dans la formule précédente est le TRI, le calcul doit se faire par itérations. En général, la méthode du TRI favorisera le même projet que celle de la VAN.

### À noter



En plus d'une certaine complexité de calcul, cette méthode possède les lacunes suivantes :

- on pose l'hypothèse que les flux monétaires gagnés sont faits tous au même taux;
- il peut y avoir de zéro à trois solutions.

En résumé, il existe plusieurs méthodes permettant d'évaluer la rentabilité d'un projet d'automatisation. Certaines sont simples et rapides, mais incomplètes, alors que d'autres sont plus précises, mais plus complexes. La décision d'investir est importante, car elle peut influencer sur la rentabilité et les ressources disponibles, donc sur les projets futurs. La décision d'investir doit tenir compte de l'équilibre à maintenir entre le déboursé immédiat et les recettes futures. Des méthodes plus simples peuvent être utilisées aux premières étapes afin de se donner une idée préliminaire de la pertinence économique d'un projet d'automatisation. Quand celui-ci prend forme et est mieux défini, il est préférable d'utiliser des méthodes plus complètes avant de prendre la décision ultime d'investir.



### ACTIVITÉ 3 – Réflexion sur les risques d'un projet d'automatisation

Voir le cahier d'activités p. 3



# MODULE 5

## ■ Processus pour réaliser un projet d'automatisation

Le module 3 du présent manuel a détaillé les différentes étapes à suivre dans la définition du projet, qu'on appelle fréquemment l'avant-projet. Une fois le cahier des charges révisé achevé et le fournisseur choisi, l'entreprise doit bien planifier la réalisation du projet afin de s'assurer de l'intégration harmonieuse de ce changement sur le plancher de production.

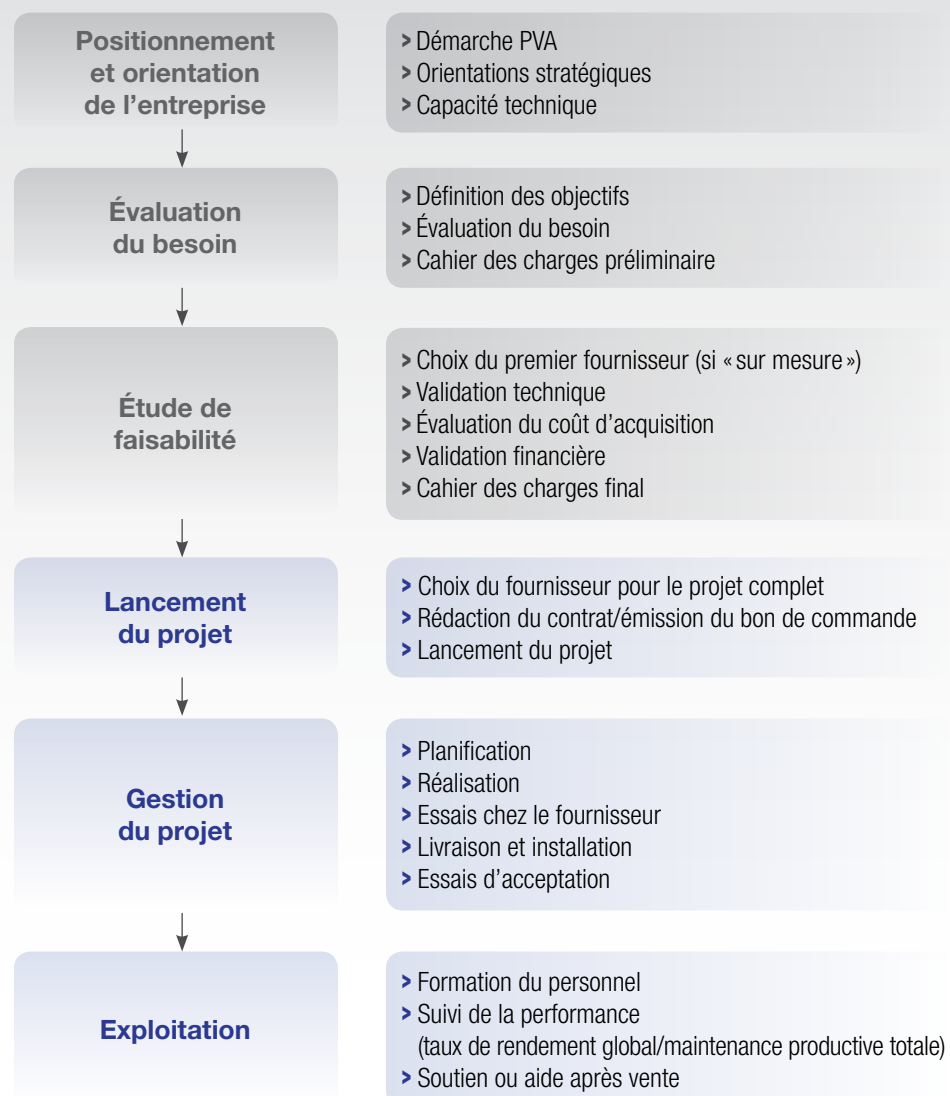
Du côté de l'entreprise manufacturière, il est important de nommer un responsable du projet qui coordonnera les différents éléments afin qu'ils progressent selon la planification initiale.

Dans la présente section, nous n'entrerons pas dans les détails des pratiques en gestion de projet qui sont offerts par d'autres formateurs.



Les trois dernières étapes du logigramme suivant, déjà présenté au module 3, seront détaillées dans le cadre de cette section.

### PRINCIPALES ÉTAPES D'UN PROJET D'AUTOMATISATION



## CHOIX D'UN FOURNISSEUR POUR LE PROJET COMPLET

Lorsqu'une étude de faisabilité a déjà été réalisée par un fournisseur, il n'est pas obligatoire de faire affaire avec ce même fournisseur pour le projet complet. Par contre, si la relation avec ce fournisseur est bonne et que le lien de confiance est solide, il peut être avantageux de maintenir cette association pour réaliser le projet global. En effet, ayant effectué l'étude de faisabilité, il connaît mieux que quiconque le projet et les particularités de l'entreprise.

Cependant, à partir du cahier des charges révisé, il est possible de lancer un appel d'offres pour le choix du fournisseur qui réalisera le projet complet. Il faut par contre éviter de ne considérer que le prix comme critère pour choisir ce fournisseur. Il est essentiel de s'assurer de sa qualification. Le module 6 aborde plus en profondeur cet aspect.

## RÉDACTION DU CONTRAT

Une fois que l'entreprise cliente a accepté le cahier des charges révisé, il est important qu'une entente contractuelle soit conclue entre cette dernière et le fournisseur ou l'équipementier. Cette entente spécifie les aspects juridiques et commerciaux, et complète le cahier des charges révisé, qui traite principalement de l'aspect technique. Voici certains éléments auxquels une attention particulière doit être portée.

### ■ Modalités de paiement

Lors de l'établissement des modalités de paiement, différents éléments doivent être considérés (capacité de payer, flux de trésorerie, durée des travaux, etc.). Il est préférable que les modalités soient ajustées selon la durée des travaux et que le dernier paiement, généralement entre 10 % et 15 %, soit versé uniquement lors de l'acceptation finale.

## ■ Propriété intellectuelle (brevet)

En général, dans tout projet comprenant une contribution de chacun au financement ou à la réalisation des travaux, il faut prévoir l'attribution de droits de propriété intellectuelle sur les résultats des travaux.

### Questions à se poser



- Y a-t-il de la propriété intellectuelle de base appartenant à l'un des partenaires qui sera utilisée?
- Qui assume les risques techniques et financiers?
- Qui sera en mesure de protéger et de défendre, au besoin, la propriété intellectuelle?
- Celui qui conserve la propriété intellectuelle a-t-il les capacités de la faire évoluer?

## ■ Licence d'exploitation

Lorsque l'équipementier conserve la propriété intellectuelle des résultats, il doit accorder une licence d'exploitation de ceux-ci à l'entreprise cliente. L'attribution de cette licence signifie que l'équipementier demeure propriétaire des résultats des travaux, mais qu'il autorise l'entreprise cliente à les utiliser, de façon exclusive ou non, dans un domaine d'exploitation déterminé (habituellement ses besoins internes de production). Cette licence d'exploitation ne permet donc pas à l'entreprise cliente de produire pour des tiers des résultats auxquels s'applique la propriété intellectuelle.

Si l'entreprise cliente conserve la propriété intellectuelle des résultats, l'équipementier devrait s'assurer de pouvoir continuer à utiliser l'expertise et le savoir-faire acquis pour réaliser des projets dans des domaines autres que celui de l'entreprise cliente.

## ■ Exclusivité

Souvent, l'entreprise cliente qui a participé à la réalisation d'un projet et qui détient une licence d'exploitation non exclusive va demander à l'équipementier de lui accorder l'exclusivité pendant une certaine période, le temps de se donner un avantage sur la concurrence. Il faut bien encadrer cette période d'exclusivité afin que la technologie ne demeure pas orpheline. Une période d'exclusivité variant de 12 à 24 mois est généralement raisonnable. Afin d'éviter la période d'exclusivité, on peut également envisager une participation au bénéfice de l'exploitation commerciale (redevances, somme forfaitaire, etc.).

Il est également important de rappeler qu'il est de la responsabilité de l'équipementier de s'assurer de la liberté d'exploitation du concept qu'il désire mettre en œuvre, autrement dit de veiller à ce qu'il ne soit pas une contrefaçon d'un autre concept, déjà existant et protégé par un brevet, et ce, peu importe si l'on désire ou non breveter le concept envisagé. Par exemple, un fabricant dont un équipement automatisé utilise une technologie brevetée aux États-Unis, mais pas au Canada, pourra être poursuivi par le détenteur du brevet si ce produit est vendu aux États-Unis, même s'il est fabriqué au Canada.



## LANCEMENT ET GESTION DU PROJET

Une fois le contrat signé, il est préférable d'organiser une rencontre de lancement du projet avec le fournisseur ou l'équipementier. Elle permet de commencer de façon officielle les travaux et d'actualiser la planification initiale préparée plus tôt. Comme cela a été mentionné précédemment, on peut considérer un projet d'automatisation comme un plan de gestion

du changement. En effet, le succès de la démarche provient en partie d'une bonne planification de la formation et de l'intégration du changement. Il faut se rappeler l'importance de bien informer l'ensemble du personnel et de favoriser son adhésion au projet.

## ESSAIS CHEZ LE FOURNISSEUR

Sauf si cela est techniquement impossible, il est toujours préférable de procéder à des essais chez le fournisseur ou l'équipementier avant la livraison et l'installation de l'équipement. Les modalités de ces essais et les critères d'acceptation seront précisés dans le cahier des charges révisé ou le contrat.

L'objectif de ces essais est de confirmer, de manière tangible, que l'équipement satisfait aux exigences spécifiées dans le cahier des charges révisé. Cela veut dire qu'on le fait fonctionner avec de vraies pièces et selon les véritables cadences de production. Ces essais permettent également à l'équipe interne du fabricant de se familiariser avec l'utilisation de l'équipement. Il est toujours plus facile d'apporter des correctifs, si nécessaires, lorsque celui-ci est encore chez le fournisseur. C'est seulement lorsque l'équipement répond aux exigences que le fabricant devrait autoriser la livraison et l'installation.

## LIVRAISON ET INSTALLATION

La livraison de tout nouvel équipement est en général un moment fort d'un projet d'automatisation. L'installation constitue toujours une étape cruciale, car il faut intégrer l'équipement dans la ligne de production existante.

Selon les cas, l'installation se fait par le fournisseur ou par l'équipe d'entretien du fabricant, sous la supervision du fournisseur. L'installation ne devrait pas se faire seulement par du personnel interne. Un représentant du fournisseur doit être présent afin d'apporter l'aide requise lorsque des problèmes se présentent.

## ESSAIS D'ACCEPTATION

Une fois l'installation de l'équipement terminée, la dernière grande étape du projet d'automatisation est la réalisation des essais d'acceptation en usine. Ces essais sont analogues à ceux réalisés chez le fournisseur. Ils servent à confirmer par des preuves tangibles que l'équipement satisfait aux exigences spécifiées, mais dans un contexte réel de production et sur une plus longue période.

En effet, il est en général impossible de faire l'équivalent d'une journée complète de production chez le fournisseur. Les essais d'acceptation permettent donc de s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement pendant au moins un quart de travail complet et sans interruption. De plus, selon les spécifications techniques, il faudrait tester les différentes alarmes de l'équipement pour s'assurer qu'elles fonctionnent bien aussi.

## EXPLOITATION ET SUIVI

Une fois les dernières mises au point faites et les essais d'acceptation terminés, le fournisseur doit former le personnel responsable des opérations et de l'entretien. C'est une étape également très importante, car le fabricant prend possession de l'équipement en procédant au dernier paiement. Il est donc important que tous les opérateurs comprennent les différents modes de fonctionnement de l'équipement de même que les principaux aspects du dépannage. Chaque opérateur devrait avoir la possibilité d'expérimenter différentes situations en présence du formateur du fournisseur.

Le personnel d'entretien reçoit en général une formation plus technique afin de connaître en détail les différentes anomalies et pannes possibles, le plan d'entretien préventif, la méthode de remplacement des pièces d'usure, etc. Dans la mesure du possible, les employés d'entretien devraient remplacer les pièces les plus importantes en présence du formateur du fournisseur. Ce dernier devrait d'ailleurs simuler les différentes anomalies afin de montrer la marche à suivre quand elles surviennent.

L'étape de la formation constitue la dernière étape importante réalisée avec le fournisseur. Comme elle est en fin de projet, il pourrait être tentant de la faire sommairement. Cela constitue une erreur. Le fabricant doit s'assurer que toutes les situations possibles ont été vues et que l'on a répondu à toutes les questions.

## ■ Taux de rendement global (TRG)

Une fois l'équipement en marche, il est important pour le fabricant de faire un suivi régulier de son efficacité et de son utilisation optimale. Une des bonnes méthodes de suivi est le calcul du taux de rendement global (TRG). Ce taux tient compte de trois facteurs, soit la disponibilité, l'efficacité et la qualité. Il permet de mesurer la performance d'un système afin de déterminer si le procédé se déroule bien et si des actions d'amélioration donnent les effets escomptés.

Le TRG se calcule de la façon suivante :

$$\text{TRG} = \text{TD} \times \text{TE} \times \text{TQ}$$

- TD = taux de disponibilité
- TE = taux d'efficacité
- TQ = taux de qualité

Il est pertinent de mesurer ce taux de façon régulière afin de s'assurer que l'investissement fait en automatisation donne les résultats voulus. Dans la mesure du possible, il est également intéressant de mesurer le TRG du procédé avant l'automatisation. La formation *Le taux de rendement global (TRG), une mesure de performance*, offerte par le MESI, donne de plus amples renseignements sur le TRG.

## ■ Maintenance productive totale ou *Total Productive Maintenance (TPM)*

Un autre outil important est la *TPM*. Il serait hasardeux de ne pas s'occuper correctement de l'entretien d'un nouvel équipement automatisé ; cela équivaldrait presque, en effet, à gaspiller l'argent investi pour l'acquérir. Il est donc important de mettre en pratique une gestion des équipements pour maximiser l'efficacité de ceux-ci.

# MODULE 6

## ■ Critères de sélection d'un fournisseur ou d'un équipementier

Une des étapes importantes dans un projet d'automatisation est le choix du fournisseur ou de l'équipementier. En général, on nomme « fournisseur » l'entreprise qui offre une solution éprouvée et déjà sur le marché. Un équipementier est plutôt une entreprise qui conçoit sur mesure une solution d'automatisation. Des centres de recherche peuvent se substituer à l'équipementier lorsque la solution comporte une incertitude technique élevée et s'il est nécessaire de faire du développement technologique pour obtenir la solution désirée. Cela n'empêche pas qu'un fournisseur, un équipementier et un centre de recherche puissent travailler en partenariat. Le choix du maître d'œuvre du projet dépendra principalement du degré du risque technique.

### DÉFINITION DE L'INCERTITUDE TECHNOLOGIQUE

Les incertitudes technologiques, s'il y en a, sont définies précisément au cours de l'étude de faisabilité. Une fois celles-ci déterminées, il est bon de les pondérer selon trois facteurs :

- probabilité d'occurrence;
- conséquence sur le projet;
- facilité de trouver une solution de rechange.

Par exemple, dans le cas où la probabilité d'occurrence et la conséquence sur le projet sont importantes et qu'il est difficile de trouver une autre solution, il faudrait, dès le début, envisager des solutions de rechange et préparer une planification que l'on pourra mettre en œuvre si la situation problématique arrive. Dans le cas contraire, on peut se contenter de prendre conscience du risque sans élaborer de plan B.

## TRAVAUX RÉALISÉS À L'INTERNE OU À L'EXTERNE

De nombreuses entreprises manufacturières envisagent de réaliser le projet d'automatisation à l'interne, principalement pour des raisons économiques. Avant de choisir cette voie, il est important de s'assurer que le personnel a les compétences techniques requises (on ne peut pas s'improviser spécialiste en automatisation) et a également la disponibilité pour concrétiser le projet. Souvent, l'équipe technique interne démarre bien le projet, mais est redirigée vers d'autres priorités en cours de route, ce qui fait que le projet ne se termine jamais. De plus, si les dernières technologies ne sont pas connues par l'équipe technique, le temps requis pour achever le projet peut être nettement plus long que s'il était réalisé à l'externe. Cela ne veut pas dire qu'il faut éviter à tout prix de réaliser les travaux à l'interne. Cette option est valable dans la mesure où l'on évite les pièges cités plus haut. Les mêmes étapes doivent cependant être respectées pour planifier le projet : définition des objectifs, évaluation du besoin, élaboration d'un cahier des charges préliminaire, etc. Certaines améliorations peuvent donc se faire sans recourir à un fournisseur externe, selon les capacités techniques de l'équipe interne.

Toutefois, avec les progrès rapides que connaissent les technologies d'automatisation, il est souvent plus sage pour une PME de confier le projet à une entreprise spécialisée. On constate que les équipes internes de PME manufacturières qui effectuent avec succès des travaux ont un appui sans réserve de la haute direction leur permettant de réaliser de façon régulière des projets afin de rester à l'affût des nouvelles technologies. Si ces conditions ne sont pas réunies, il est nettement préférable de faire affaire avec un équipementier. En général, seules les très grandes entreprises ont les capacités financières d'embaucher des spécialistes en automatisation et de les former de façon continue pour qu'ils restent à la fine pointe de la technologie. Malgré cela, la majorité des entreprises manufacturières innovatrices en automatisation font appel à des fournisseurs et à des équipementiers pour la réalisation des projets. Il reste toutefois important, même si les travaux sont réalisés par une firme externe, de s'assurer de la participation des employés responsables des opérations et de l'entretien aux différentes étapes clés de l'élaboration du projet.

## AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS D'ACHETER UN ÉQUIPEMENT D'OCCASION

Il est pertinent d'envisager d'acheter un équipement d'occasion si celui-ci répond au besoin défini avec un minimum de modifications. L'avantage principal est évidemment une bonne économie sur le plan de l'investissement que requiert l'acquisition. Il est, par contre, important de bien inspecter cet équipement d'occasion et de bien évaluer les coûts requis pour le remettre en marche. Il faut également s'assurer que cet équipement ne sera pas désuet trop tôt, soit avant la fin de la vie du produit qu'il fabrique. Si les dessins mécaniques et électriques nécessaires aux modifications qu'il faut apporter à l'équipement d'occasion ne sont plus disponibles, ce travail peut se révéler ardu et coûteux.

Si l'équipement d'occasion requiert de nombreuses modifications pour atteindre les objectifs, les investissements supplémentaires nécessaires peuvent rendre cette solution aussi coûteuse qu'un équipement neuf. En effet, il manque fréquemment les plans de l'équipement et de ses pièces et il faut souvent refaire à neuf une bonne partie de l'électricité et des commandes. Dans ce contexte, l'équipement d'occasion n'est pas nécessairement la solution la plus avantageuse sur le plan économique.

En résumé, il faut bien analyser l'ensemble de la situation avant de conclure qu'il est possible de faire de grandes économies avec un équipement d'occasion. Cette approche pourrait être intéressante à très court terme, mais il faut considérer également le moyen et le long termes.

## QUALIFICATION DE L'ÉQUIPEMENTIER

Que ce soit pour l'étape de l'étude de faisabilité ou pour celle de la conception et de la fabrication d'un équipement automatisé, le fabricant ne doit pas prendre à la légère le choix d'un équipementier quand il a besoin d'une solution d'automatisation sur mesure. Plus qu'un simple fournisseur, l'équipementier doit être un partenaire pour le fabricant.

### Qualités d'un bon équipementier



Un bon équipementier se doit de répondre aux critères suivants :

- **Intégrité**
  - Honnêteté
  - Bonne réputation
  - Crédibilité
  - Respect de la loi et des pratiques d'affaires
  - Partage équitable de la propriété intellectuelle et de l'exclusivité
- **Compétence**
  - Savoir-faire et expertise
  - Expérience de l'équipe technique
  - Éléments distinctifs
  - Réalisations (demander des références, lui parler et le visiter, si possible)
  - Langue de travail
- **Stabilité**
  - Roulement du personnel
  - Fidélité aux fournisseurs
  - Nombre d'années d'exploitation
  - Solidité financière
- **Capacité**
  - Nombre d'employés en ingénierie, selon les spécialités
  - Nombre d'employés à la fabrication et à l'assemblage
  - Nombre d'employés à l'installation
  - Nombre d'employés au service après-vente
  - Parc d'équipements de conception (ordinateurs et logiciels) et de fabrication (machines-outils)
  - Espace de plancher disponible pour l'assemblage des machines
  - Disponibilité
  - Emplacement

Il n'est pas toujours facile de vérifier tous ces critères. Tout équipementier motivé devrait fournir sans problème les renseignements demandés afin de rassurer le fabricant et d'établir le lien de confiance nécessaire pour que la relation de partenariat soit bonne.

Afin d'aider les entreprises manufacturières dans une telle démarche, le Regroupement des équipementiers en automatisation industrielle (REAI) a été récemment créé au Québec.

## SERVICE APRÈS-VENTE

Pour faire le choix d'un fournisseur ou d'un équipementier, il est important de bien vérifier quel sera le soutien qu'il apportera une fois le système en place.

### Questions à se poser



- Quelle est la durée de la garantie ?
- Qu'est-ce qui est couvert par la garantie ?
- Quel est le délai de réponse lorsqu'un appel de service est fait ?
- Quels sont les frais associés à un appel de service ?
- Est-ce que des dessins sont fournis pour permettre au personnel de l'entretien de remplacer des pièces et de faire des réparations de base ?
- Est-ce que des programmes permettant des mises au point, si nécessaires, sont inclus ?
- Est-ce qu'une liste de pièces de rechange suggérées est fournie ?
- Est-ce que le fournisseur conserve en stock certaines pièces de rechange ?
- Qui doit-on joindre pour un appel de service ?

Il est donc important de bien s'assurer que les différents aspects du service après-vente sont pris en compte lors du choix du fournisseur ou de l'équipementier.

# CONCLUSION

Quelle soit flexible ou dédiée, l'automatisation devient de plus en plus accessible. La progression technique de l'électronique, de l'informatique, de la vision et de l'intelligence artificielles, et la réduction des coûts permettent maintenant aux PME d'envisager plus souvent l'automatisation.

La robotique industrielle entre dans une phase de maturité et peut offrir la vitesse, la précision et la facilité d'utilisation permettant d'accomplir un grand nombre de tâches. La baisse des prix s'accompagne d'une progression des performances, de l'adaptabilité et de la fiabilité. L'apparition et l'évolution de logiciels de programmation hors ligne simplifient et accélèrent de façon importante la programmation des robots.

Comme nous l'avons vu pendant cette session de formation, notamment grâce aux témoignages vidéo, l'automatisation industrielle est accessible et possible pour les PME. Par contre, pour que cette démarche soit bénéfique pour l'entreprise, il est nécessaire de l'inscrire dans une planification structurée et systématique.

Les avantages de l'automatisation sont nombreux, parfois même inimaginables. Les investissements requis, sur le plan des ressources tant humaines que financières, ne doivent toutefois pas être pris à la légère. Par contre, pour de nombreuses entreprises, les bénéfices sont au rendez-vous.

# BIBLIOGRAPHIE

CRÔTEAU, Omer, et collab. *Comptabilité de gestion*, Saint-Laurent, ERPI, Éditions du Renouveau Pédagogique inc. 1986, 383 p.

---

## SITES WEB

*Automation Federation*

[www.automationfederation.org](http://www.automationfederation.org)

---

Centre de recherche industrielle du Québec

► Moteur de recherche efficace – Produits et services du Québec

[www.icriq.com](http://www.icriq.com)

---

*Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*

[www.ieee.org](http://www.ieee.org)

---

*International Federation of Robotics (IFR)*

[www.ifr.org](http://www.ifr.org)

---

*International Society of Automation (ISA)*

[www.isa.org](http://www.isa.org)

---

Jautomatise

► Site d'une revue sur l'automatisation

[www.jautomatise.com](http://www.jautomatise.com)

---

*Machine Vision Online – The Global Ressource for Vision Information*

[www.machinevisiononline.org](http://www.machinevisiononline.org)

---

*MotionControl.com – Products, News & Jobs for Design Engineers*

[www.motioncontrol.com](http://www.motioncontrol.com)

---

Regroupement des équipementiers en automatisation industrielle (RÉAI)

[www.reai.ca](http://www.reai.ca)

---

Robotcaliser

► Site géré par un regroupement d'entreprises françaises du nom de Symop

[www.robotcaliser.com](http://www.robotcaliser.com)

---

*Robotics Online*

[www.robotics.org](http://www.robotics.org)

---

*Robotics Trends*

[www.robotictrends.com](http://www.robotictrends.com)

---

# LEXIQUE

## Activité à non-valeur ajoutée

Toute activité qui ne contribue pas à apporter de la valeur aux produits ou aux services offerts. Puisque ces activités n'apportent aucune valeur aux produits ou aux services, le client ne veut pas payer les coûts entraînés par ces activités.

## Activité à valeur ajoutée

Toute activité contribuant à transformer la matière première en produits finis, ou à augmenter la valeur des services offerts. Ce sont, en fait, les activités pour lesquelles le client est prêt à payer.

## Analyse comparative (*benchmarking*)

Méthode d'analyse de technologies ou de produits concurrents et de modes de production qui permet de comparer, d'améliorer et d'inventer un nouveau produit.

## Cahier des charges

Ensemble des spécifications techniques nécessaires pour réaliser les étapes du développement technique. Le cahier des charges peut être enrichi à chacune des étapes du développement technique.

## Centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT)

Centres associés aux cégeps permettant l'accès à des ressources et à des technologies spécialisées.

## Étude de faisabilité

Permet de vérifier et de sélectionner les concepts qui seront utilisés pour la production d'un produit. Elle se fait par évaluation ou calcul théorique, par prototypage, par essais ou par l'obtention de l'avis d'un spécialiste externe.

## Incertitude technologique

Paramètre du produit qui ne peut être déterminé précisément. L'incertitude peut être d'ordre économique, physique, technologique ou social.



**Maintenance productive totale (Total Productive Maintenance – TPM)**

Approche globale de gestion de l'équipement appuyée par tous les employés et ayant pour buts de maximiser l'efficacité de l'équipement et d'éliminer les pertes qui nuisent à la production.

**MTBF (Mean time between failure, temps moyen entre pannes)**

Valeurs qui indiquent la fiabilité d'un composant d'un produit ou d'un système. C'est la moyenne arithmétique du temps entre pannes d'un système réparable.

**Plan de développement**

Document définissant la technique utilisée, les étapes de réalisation, les phases de validation ainsi que l'échéancier de conception et de production du produit.

**Plan de recherche et de développement**

Document définissant les étapes du projet de recherche et de développement réalisé préliminairement ou en cours de développement technique.

**Procédé**

Ensemble des méthodes au moyen desquelles sera fabriqué et assemblé un produit.

**Production à valeur ajoutée (PVA)**

Philosophie visant l'élimination des activités à non-valeur ajoutée et de toutes les formes de gaspillage, à réduire le temps de réponse des processus et à optimiser les activités à valeur ajoutée dans une perspective d'amélioration continue.

**Recherche et développement**

Un des maillons du processus d'innovation, qui a pour objectif de lever les incertitudes technologiques ou de concevoir les nouvelles technologies nécessaires au nouveau produit.

**Taux de rendement global (TRG)**

Mesure de l'excellence manufacturière tenant compte de la disponibilité, de l'efficacité et de la qualité.

**Veille technologique**

Étape de recherche et de traitement de l'information technologique essentielle à tout plan de recherche et de développement.

