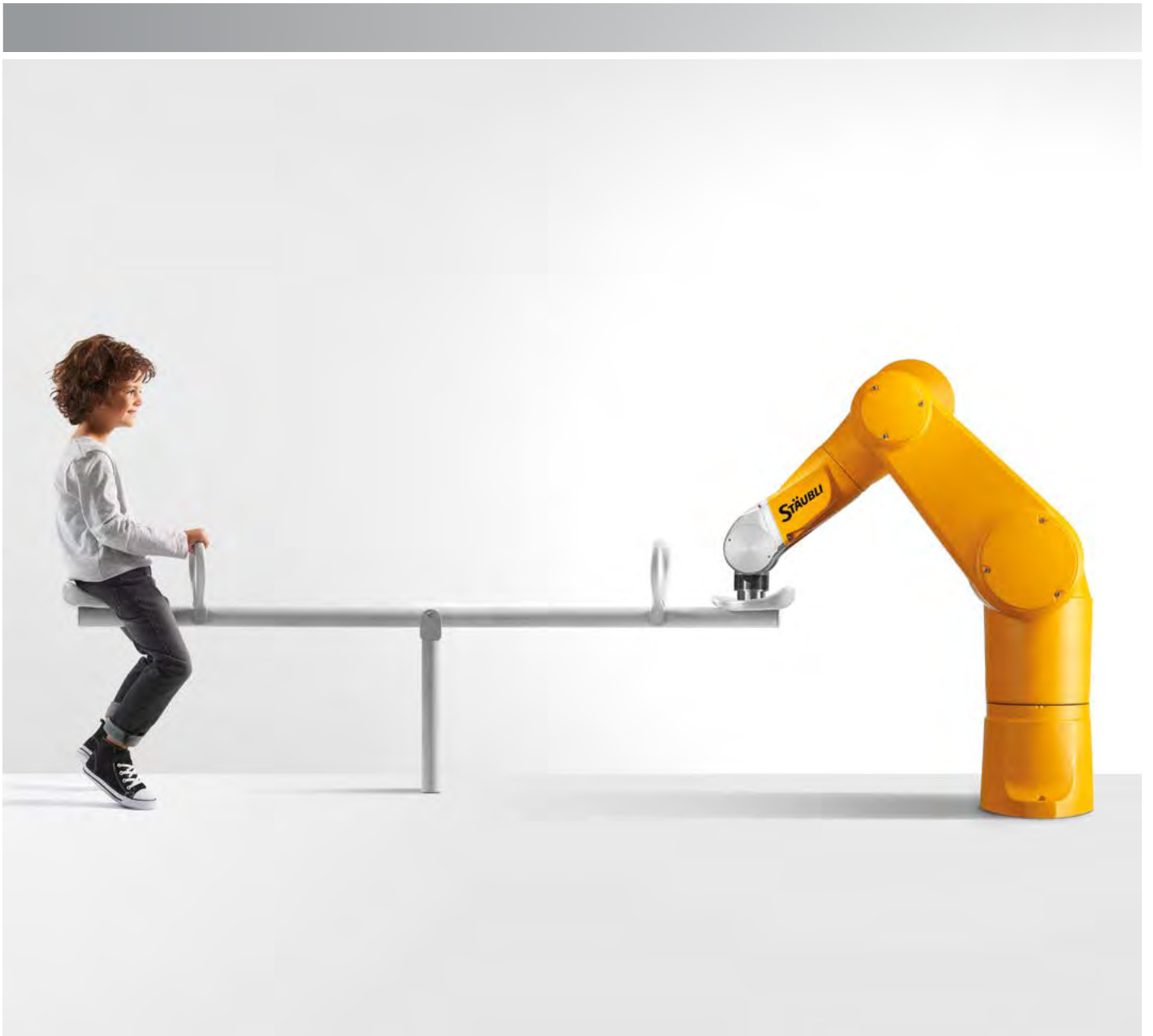


FAST MOVING TECHNOLOGY

*STÄUBLI*

# Le Guide de la Robotique

Robotics | Experts in Man and Machine | Édition 2020





# Remerciements

Cet ouvrage est destiné à mieux appréhender et connaître la robotique sur tous ses aspects. Il est l'aboutissement de plusieurs mois de travail et de collaboration avec de nombreux intervenants, nous souhaitons donc remercier chaleureusement :

- Madame Marie-Pierre Porret et Messieurs Michel Loisy, Flavien Paccot, Philippe Mesturoux, Laurent Denet et Christophe Coriou, pour la rédaction de leur préface qui met en évidence le lien nécessaire à maintenir entre les milieux éducatif et industriel
- Messieurs Jean-Marc André et Stéphane Rödel qui, à travers leur préface, démontrent l'importance des enjeux de la robotique en milieu scolaire
- Monsieur Lionel Sublet pour son témoignage sur le métier d'intégrateur
- Monsieur Renald Baud pour son intervention sur les opportunités générées par l'intégration de robots industriels dans une entreprise
- Messieurs Lionel Bourbon et Patrick Lefebvre pour leur contribution à la réalisation du chapitre « Le choix d'un robot industriel »
- Madame Fanny Olivetto pour son importante contribution sur le chapitre « La sécurité en robotique »
- Les sociétés Capéo, Schunk, Coval et Sick, ainsi que Monsieur Jean-Marc Thouelin, pour leur participation à l'élaboration du chapitre « Les équipements péri-robotiques »
- L'équipe du SYMOP pour sa contribution à la création des chapitres « Pourquoi robotiser ? », « L'élaboration d'un projet de robotique » et « Les applications en robotique »
- Et enfin, l'ensemble du personnel Stäubli sans qui l'élaboration de cet ouvrage n'aurait pas été possible.

**Merci à tous !**

**Les coordonnées de tous les contacts cités ci-dessus sont disponibles à la fin de l'ouvrage.**





# Table des matières

<b>Un peu d'histoire</b>	<b>13</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>15</b>
<b>Préfaces Éducation Nationale et Formation</b>	<b>16</b>
<b>Préfaces Industrielles</b>	<b>23</b>
<b>Préfaces Institutionnelles</b>	<b>25</b>
<b>Chapitre I : Les différents types de robotique</b>	<b>27</b>
A. La robotique domestique	29
B. La robotique humanoïde	29
C. Les drones	30
D. La robotique militaire	30
E. La robotique agricole	31
F. La robotique industrielle	31
<b>Chapitre II : L'histoire de la robotique industrielle</b>	<b>33</b>
A. Les débuts de la robotisation en milieu industriel	35
B. Les gammes de robots à travers le temps	37
<b>Chapitre III : Les ventes de robots industriels</b>	<b>39</b>
A. Le marché mondial de la robotique	41
1. Installation de robots industriels dans le monde	43
2. Les principaux marchés porteurs dans le monde	45
B. Le marché européen	47
1. Installation de robots industriels en Europe	47
2. Les principaux marchés porteurs en Europe	48
C. Le marché français	48
1. Installation de robots industriels en France	48
2. Les principaux marchés porteurs en France	50
D. Cobot, nouvel âge de la robotique	51
E. Les prévisions pour les années à venir	51
<b>Chapitre IV : Pourquoi robotiser ?</b>	<b>53</b>
A. Les facteurs économiques	55
1. Réduction des coûts de main-d'œuvre	55
2. Flexibilité de la gestion de production	55
3. Diminution des stocks et encours	55
4. Amélioration de la qualité	55
5. Relocalisation des entreprises	55
6. Retour sur investissement inférieur à 2 ans	56
7. Solutions de financement	56
B. Les facteurs humains	56
C. Les facteurs environnementaux	57
D. Bénéfices induits	57

<b>Chapitre V : Les différentes familles de robots industriels</b>	<b>59</b>
A. Les robots poly articulés 6 axes . . . . .	61
B. Les robots SCARA ou 4 axes . . . . .	62
C. Les robots Picker . . . . .	62
D. Les robots parallèles / Delta . . . . .	63
E. Les robots cartésiens . . . . .	63
<b>Chapitre VI : La robotique mobile</b>	<b>65</b>
A. Définition de la robotique mobile . . . . .	67
B. Les types de déplacement . . . . .	67
C. Les familles d'AGV . . . . .	68
1. Les plateformes classiques	68
2. Les plateformes dédiées à la manutention de châssis automobile, containers ou remorques de camions	69
3. Les plateformes liées à un secteur d'activité spécifique	69
4. Les chariots élévateurs automatiques	69
D. Les systèmes de navigation . . . . .	69
1. La navigation avec scrutateur laser	69
2. La navigation par transpondeur	70
3. La navigation par lecture de QR Code	70
4. Avantages et inconvénients des différentes technologies de navigation	71
E. La sécurité . . . . .	71
F. Exemples d'applications . . . . .	72
<b>Chapitre VII : Sécurité et robotique</b>	<b>75</b>
A. Historique . . . . .	77
B. Les principaux risques . . . . .	77
1. Les risques liés au robot	77
2. Les risques liés à l'intégration	78
C. La conformité machine selon la Directive 2006/42/CE dite « Machine » . . . . .	78
1. L'évaluation des risques	79
2. Principales exigences de conception	80
3. Principales exigences d'information	85
4. Principales exigences documentaires	86
D. Cas particulier . . . . .	86
<b>Chapitre VIII : La robotique collaborative</b>	<b>87</b>
A. Qu'est-ce qu'un robot collaboratif ? . . . . .	89
B. Les niveaux de collaboration Homme-machine . . . . .	90
1. Aucune collaboration entre l'Homme et le robot	90
2. Collaboration indirecte faible	91
3. Collaboration indirecte plus fréquente	91
4. Partage de l'espace de travail	91
5. Collaboration directe	91
C. La sécurité en robotique collaborative . . . . .	93
1. Éléments de sécurité	93
2. Risques	94
<b>Chapitre IX : Les marchés de la robotique industrielle</b>	<b>95</b>
A. L'automobile . . . . .	97
1. Les acteurs de l'industrie automobile	97
2. Les applications robotisables	98
3. Success Story « Quand la précision compte vraiment »	100

B. L'électronique . . . . .	102
1. Les acteurs du marché de l'électronique . . . . .	102
2. Les applications robotisables . . . . .	103
3. Success Story « Faire du réseau électrique intelligent de l'avenir une réalité » . . . . .	104
C. L'agroalimentaire . . . . .	106
1. Les acteurs du marché de l'agroalimentaire . . . . .	106
2. Les applications robotisables . . . . .	107
3. Success Story « Une solution économique pour la fabrication de produits en boulangerie » . . . . .	112
D. La cosmétique . . . . .	114
1. Les acteurs du marché de la cosmétique . . . . .	114
2. Les applications robotisables . . . . .	115
E. La plasturgie . . . . .	117
1. Les acteurs du marché de la plasturgie . . . . .	117
2. Les applications robotisables . . . . .	118
3. Success Story « Une solution robotique pour garantir hygiène et qualité » . . . . .	122
F. La métallurgie . . . . .	124
1. Les acteurs/segments du marché de la métallurgie . . . . .	124
2. Les applications robotisables . . . . .	125
3. Success Story « Une solution qui va droit au but » . . . . .	127
G. La logistique . . . . .	129
1. Les acteurs du marché de la logistique . . . . .	130
2. Les applications robotisables . . . . .	130
H. Le bâtiment . . . . .	134
1. Les acteurs du bâtiment . . . . .	134
2. Les applications robotisables . . . . .	135
I. L'aéronautique / l'aérospatial . . . . .	136
1. Les acteurs de l'industrie aéronautique . . . . .	136
2. Les applications robotisables . . . . .	137
J. Le photovoltaïque . . . . .	139
1. Les acteurs du marché photovoltaïque . . . . .	140
2. Les applications robotisables . . . . .	140
3. Success Story « Des robots salles blanches responsables de précieuses cargaisons » . . . . .	141
K. Le médical et le pharmaceutique . . . . .	143
1. Les acteurs du marché du médical et du pharmaceutique . . . . .	143
2. Les applications robotisables . . . . .	144
3. Success Story « Manipulation de précision en cycles courts » . . . . .	153
<b>Chapitre X : Les applications en robotique industrielle</b> . . . . .	<b>155</b>
A. Les applications de Pick and Place . . . . .	157
1. Manutention . . . . .	157
2. Alimentation de lignes de fabrication . . . . .	157
3. Packaging / conditionnement . . . . .	158
4. Chargement / déchargement . . . . .	158
B. Les applications de Process . . . . .	159
1. Assemblage . . . . .	159
2. Usinage . . . . .	160
3. Contrôle et mesure . . . . .	161
4. Peinture et pulvérisation . . . . .	161
5. Soudage . . . . .	162
6. Découpe et parachèvement . . . . .	162
7. Lavage / Ébavurage haute-pression . . . . .	163

<b>Chapitre XI : Les équipements péri-robotiques</b>	<b>165</b>
A. Équipements de préhension . . . . .	167
1. Préhenseurs pneumatiques	167
2. Préhenseurs électriques	167
3. Préhenseurs par aspiration (dépression)	168
4. Préhenseurs magnétiques	168
5. Mains / doigts de préhension	168
6. Comment choisir le bon préhenseur ?	169
B. Équipements transitiques. . . . .	170
1. Axe linéaire externe	170
2. Convoyeur	170
C. Équipements de distribution . . . . .	171
1. Bol vibrant	171
2. Feeder	171
3. Tables d'indexage	172
4. Anneaux électromécaniques	172
D. Équipements de sécurité . . . . .	173
1. Interrupteurs de sécurité	173
2. Barrière immatérielle	173
3. Scrutateur de sécurité	174
4. Tapis sensible de sécurité	174
5. Caméra de sécurité	174
E. Systèmes de vision . . . . .	174
1. Vision industrielle par caméra déportée	175
2. Vision industrielle par caméra embarquée	175
F. Changeurs d'outils . . . . .	175
G. Équipements de process. . . . .	176
1. Couteau ultrasons	176
2. Électrobroche	176
H. Automate programmable industriel . . . . .	177
<b>Chapitre XII : Le choix d'un robot industriel</b>	<b>179</b>
A. La gamme standard . . . . .	181
B. Critères environnementaux . . . . .	182
1. Les environnements humides : gamme HE	184
2. Les environnements Stericlean : gamme Stericlean	184
3. Les environnements salle blanche : gamme Cleanroom	185
4. Les environnements sensibles (ESD)	185
5. Les robots Paint	186
C. Critères de charge / inertie. . . . .	186
D. Critères géométriques . . . . .	187
1. Le nombre de degrés de liberté	187
2. Le rayon d'action	187
E. Critères de cadence et temps de cycle . . . . .	188
F. Critères liés au contrôleur du robot. . . . .	189
1. La programmation	189
2. Les fonctions	189
3. La communication	189
4. La remontée d'informations	189
5. La sécurité	189
6. La maintenance	189

<b>Chapitre XIII : L'élaboration d'un projet de robotique industrielle</b>	<b>191</b>
A. L'avant-projet	193
B. Le projet	194
C. La formation	194
D. Le bilan	194
E. L'élaboration du cahier des charges	195
F. Exemple de Cahier des Charges : Projet de panachage de chocolats et mise en barquettes - Chocolats Maxence	195
<b>Chapitre XIV : L'utilisation d'un robot industriel</b>	<b>197</b>
A. Démarrage du système	199
1. Contrôleur CS9	199
2. Pendant d'apprentissage SP2	199
3. Les modes de marche	200
4. Après un arrêt d'urgence actionné	201
5. Mise en route du robot	201
6. Mise sous puissance	202
7. Navigation dans l'interface du pendant d'apprentissage SP2	203
B. Déplacement du robot au pendant d'apprentissage SP2	204
1. Déplacer le bras au boîtier manuel (mode JOG)	204
2. Mode de déplacement articulaire	205
3. Mode de déplacement cartésien (REPERE)	206
4. Orientation des axes	207
5. Mode de déplacement cartésien (OUTIL)	208
C. Gestionnaire d'application	209
1. Navigation dans le gestionnaire d'application	209
2. Chargement d'une application	210
3. Structure d'une application	210
4. Édition des données	211
5. Lancement d'une application	211
6. Autorisation des mouvements (mode automatique local)	212
7. Autorisation des mouvements (mode automatique déporté)	212
8. Autorisation des mouvements (mode automatique manuel)	213
9. Mouvement de connexion	213
10. Arrêt d'une application	214
D. Apprentissage de la cellule	214
1. Accès à la liste des points	214
2. Point articulaire : variable de type JOINT	215
3. Apprentissage d'un JOINT	216
4. Points cartésiens : variable de type POINT	217
5. Configuration du bras	218
6. Sélection des outils	218
7. Définition des outils	219
8. Apprentissage d'un POINT	219
9. L'erreur à ne pas commettre	220
10. Sigles sur les positions	221
11. Sauvegarde après apprentissage	221
E. Vérification des points	222
1. Déplacement aux points	222
2. Alignement de l'outil courant	223
3. Approche sur points cartésiens	223
F. Instructions de mouvements	224
1. Articulaire : MOVEJ	224
2. Linéaire : MOVEL	224

3. Circulaire : MOVEC	225
4. Applications et mouvements	225
5. Descripteur de mouvements mdesc	225
6. Synchronisation des mouvements	226
G. Edition de programme sur le MCP	226
1. Éditeur	226
2. Règles d'édition	227
3. Édition d'une ligne	227
4. Opération d'édition	227
5. Résumé d'édition	228
6. Gestionnaire de tâches	228
7. Exécution pas à pas	229
H. Repères locaux (FRAME)	229
1. Utilisation d'un FRAME	229
2. Apprentissage du FRAME	230
3. Calcul d'un FRAME par programme	230
I. Entrées / sorties digitales	231
1. Communication CS9 (process industriel)	231
2. Entrées / sorties digitales de base	231
3. Entrées / sorties digitales (électrovannes)	232
4. Modules E/S IP20, RAIL DIN	233
5. Intégration de l'outil	233
<b>Chapitre XV : La programmation en robotique industrielle</b>	<b>235</b>
A. Les solutions de programmation	237
1. VAL 3	237
2. Produits logiciels	238
3. uniVAL plc	239
4. uniVAL drive	240
B. Les outils de programmation hors ligne	242
1. Stäubli Robotics Suite	242
2. Optimize Lab	243
3. Licences	245
<b>Chapitre XVI : La maintenance d'un robot industriel</b>	<b>247</b>
A. La maintenance préventive d'un robot industriel	249
1. Définition	249
2. Exemple d'opération de maintenance préventive	249
B. La maintenance curative d'un robot industriel	255
1. Définition	255
2. Exemples d'opération d'une maintenance curative	255
C. La maintenance prédictive	257
1. Les avantages d'une maintenance prédictive	257
2. Objectifs de la maintenance prédictive	257
3. Procédure d'une maintenance prédictive en robotique	259
D. Exemple de vue éclatée d'un robot	260
<b>Chapitre XVII : La robotique et l'Industrie 4.0</b>	<b>261</b>
A. Les enjeux majeurs pour l'entreprise	263
B. Les technologies de l'Industrie 4.0	264
1. Cloud et Cybersécurité	264
2. Des produits intelligents, l'IOT (Internet des Objets)	264
3. La fabrication additive	265

4. La réalité augmentée et virtuelle	265
5. Simulation et jumeaux numériques	265
6. Big Data	266
C. Les enjeux environnementaux	266
<b>Chapitre XVIII : Les métiers autour de la robotique</b>	<b>267</b>
A. Le technico-commercial	270
B. Le technicien SAV (Service Après-Vente)	271
C. Le technicien en programmation robotique	272
D. L'opérateur ou conducteur de cellule	273
E. L'ingénieur ou technicien en bureau d'étude mécanique	274
F. Le technicien STV (Support Technique Vente)	275
G. L'ingénieur développeur R&D (Recherche & Développement)	276
H. L'agent de maîtrise	277
I. Exemple d'une carrière chez Stäubli - Témoignage d'Yves Gelon	278
<b>Chapitre XIX : Exemples de travaux pratiques</b>	<b>279</b>
Exercice n°1 : Déplacements manuels au pendant d'apprentissage SP2	281
Exercice n°2 : Démarrage d'une application de mouvement	282
Exercice n°3 : Trajectoire avec descripteur de mouvement	283
Exercice n°4 : Repère utilisateurs (FRAMES)	284
Exercice n°5 : Échange de pions	285
Exercice n°6 : Palettisation	290
Exercice n°7 : Gestion d'un cycle de production	294
Exercice n°8 : Gestion d'une cellule	299
<b>Chapitre XX : Stäubli</b>	<b>305</b>
A. Nos activités	307
1. L'activité Textile	308
2. L'activité Raccords	308
3. L'activité Robotique	309
4. La présence de Stäubli dans le monde	309
B. Historique de la division Robotique	310
<b>Chapitre XXI : Stäubli, partenaire de l'enseignement</b>	<b>313</b>
A. Formation des étudiants	315
1. Conférences dans les établissements	315
2. Visite de notre site de production	315
3. Formation dans les établissements ou chez Stäubli	316
4. Étude de cas	316
B. Formation des enseignants	317
1. Journées Techniques dédiées Enseignants	317
2. Collaboration avec les Académies	317
C. Événements Stäubli	318
1. Une présence sur de nombreux événements	318
2. Journées Techniques Stäubli	318
3. L'Usine Extraordinaire à Paris et Marseille	319
4. Trophée RobotFly	320
D. Outils proposés par Stäubli	321
1. Prêt de matériel	321
2. Camion de démonstration	321
3. Posters	322
4. Stäubli sur les plateformes de l'Éducation Nationale	323

E. L'offre Stäubli. . . . .	324
1. Robots seuls ou avec équipements	324
2. Robots reconditionnés	324
3. Cellule didactique	324
4. Logiciel de programmation et de simulation hors ligne	326
5. Complément pédagogique dédié «filière maintenance»	326
<b>Chapitre XXII : Vocabulaire du roboticien</b> _____	<b>327</b>
<b>Contacts</b> _____	<b>333</b>
<b>Notes</b> _____	<b>337</b>



# Un peu d'histoire...



L'origine du mot robot vient du tchèque «robot» signifiant travail forcé. Il a été introduit en 1920 par l'écrivain tchèque Karel Capek dans la pièce de théâtre Rossum's Universal Robots.

**Le mot robot fête ses 100 ans en 2020.**



# Avant-propos

**Jacques Dupenloup**

**Responsable Commercial France et Benelux**

**Stäubli Robotics**



« La robotique, si longtemps décriée, notamment en France, souvent par méconnaissance, a enfin pris son envol. Le marché croît d'année en année dans le Monde, en Europe et en France. Elle se développe sous toutes ses formes et concerne de nombreux marchés. Elle est au cœur de la production

des nouveaux produits, au service de la personne, soulage l'humain pour les opérations difficiles, du chargement de machine en passant par les opérations du cerveau ou la fabrication de boule de pétanque.

La volonté est là, aujourd'hui, de développer ou re-développer l'industrie dans notre beau pays. La robotique apporte sa pierre à l'édifice et contribue aussi à relocaliser certaines productions. Les statistiques le prouvent : les pays les plus automatisés du monde sont les pays où il y a le moins de chômage. Mais pour cela, l'industrie a besoin de ressources, de forces vives dans les différents métiers, que ce soit pour la R&D, les méthodes, la production, les achats, le commercial... À l'heure de l'Industrie du futur, Stäubli Robotics, seul constructeur français de robots industriels 4 et 6 axes, s'engage au quotidien auprès de l'éducation et de la formation pour la promotion de nos métiers et faire découvrir l'industrie. Attirer les jeunes vers nos métiers est un leitmotiv et un devoir.

Cet ouvrage a ainsi pour but de présenter la robotique sous toutes ses coutures, des métiers en passant par les applications, le marché, le vocabulaire, la maintenance... Il sera mis à jour régulièrement et distribué aux écoles et centres de formation. »

**Jean-Baptiste Straseele**

**Technico-commercial en alternance (2018 – 2020)**

**Stäubli Robotics**



« Alternant au sein de la société Stäubli, ma mission a, entre autres, consisté à l'élaboration de cet ouvrage.

Le monde de la robotique m'a permis d'accroître mes connaissances sur le plan technique mais également de développer une culture industrielle très riche.

La génération « très connectée » dont je fais partie va être au cœur d'une nouvelle ère industrielle. Cet outil a été créé dans l'optique d'accompagner les acteurs de l'enseignement dans l'élaboration de leur cours mais également d'orienter le jeune public dans leur futurs choix professionnels. »

# Préfaces Éducation Nationale et Formation

**Michel Loisy**

**Inspecteur d'Académie, Inspecteur Pédagogique Régional de Sciences et Techniques Industrielles  
Éducation Nationale**



« Le point de vue de l'Éducation Nationale sur la formation des jeunes de 11 à 20 ans est multiple mais tourné globalement sur la connaissance du monde matériel et immatériel qui nous entoure. Les robots et maintenant les cobots font partie de l'ensemble des objets du quotidien qui assistent l'Homme dans ses activités de la vie quotidienne et professionnelle. Certains robots, plus discrets, participent dans les entreprises à la production de biens qui serviront également l'Homme.

La formation des jeunes entrant au collège et sortant du lycée s'appuie sur les robots de toute sorte qui sont le siège de nombreuses études pour parfaire leur relation avec l'Homme. Agilité, flexibilité et sécurité sont des qualités obtenues à ce jour au niveau du geste; mais d'autres, comme la réactivité et la fidélité, sont à développer pour devenir un véritable compagnon de l'Homme.

Quelle que soit la voie de formation générale, technologique et professionnelle, et quel que soit le niveau au collège, du baccalauréat y compris le professionnel, du technicien supérieur, et du concours d'entrée aux écoles d'ingénieur, les objectifs d'enseignement et les sujets supports d'apprentissage sont extrêmement riches :

- Enjeux sociétaux, environnement de l'Homme, cycle de vie et développement durable
- Analyse de la valeur, approche systémique et démarche de projets innovants et cruciaux (santé et vie, explorations terrestre et spatial, propriété...)
- Pilotage, programmation et utilisation de fonctions d'intelligence artificielle

- Moyens de réalisation de produits manufacturés
- Maintenance et sécurité
- Intégration dans un système de production ou dans les secteurs de vie
- Conception, optimisation et réalisation de solutions constructives nouvelles
- Étude des performances et culture des solutions technologiques (architecture, structure, consommation énergétique...)

Tous ces domaines d'étude permettent aux élèves et aux étudiants d'embrasser des métiers dont l'économie mondiale a besoin. Parmi ces métiers, certains sont en perpétuelle transformation due à l'évolution des technologies, par exemple technicien de maintenance, et d'autres sont naissants et nouveaux, par exemple intérateur.

L'Éducation Nationale est partie prenante de la robotique pour les apprentissages scientifiques technologiques et professionnels et est preneuse de toutes les opportunités de projets, concours et défis pour développer davantage encore ces formations. »

**Marie-Pierre Porret**

**Directrice opérationnelle**

**Campus des métiers et des qualifications : Mécanique connectée mécatronique et fonctions supports Savoie-Mont-Blanc**



« Le Campus des métiers et des qualifications de la mécanique connectée et fonctions support fédère grâce à son écosystème les mondes de la formation et de l'entreprise autour des activités liées au domaine de la mécatronique. Il participe ainsi au développement éco-efficace des entreprises locales, et à la redynamisation de cette filière d'avenir.

Par son rôle d'incubateur d'innovations pédagogiques, il contribue à la modernisation de la formation professionnelle et à l'atteinte des objectifs nationaux en termes de construction de parcours professionnels réfléchis, et d'élévation des niveaux de qualification pour une insertion professionnelle.

Avec l'évolution des technologies et des compétences dans l'industrie, la robotique a pris une place incontournable dans les systèmes automatisés ; les étudiants, salariés de demain, doivent être formés en robotique et en automatisme sur du matériel dernière génération afin d'éviter une dissemblance entre la formation et les exigences professionnelles.

L'offre de formation doit s'adapter rapidement aux évolutions technologiques, à la robotique collaborative, à la péri-robotique, notamment avec la création de formations courtes et proposées pour tous les apprenants telle que la FCIL Robotique créée par le Campus des métiers et des qualifications au Lycée Charles Poncet de Cluses (74).



Adapter nos ingénieries pédagogiques est essentiel, notamment dans les domaines de la formation à la programmation du robot, formation à l'intégration, formation à l'exploitation, formation à la conduite, formation à la maintenance.

Depuis 2005, les partenaires de la formation du territoire suivent les différentes évolutions de la robotique, du robot Stäubli RX 60 à la Cellule robotisée de mesure de rugosité équipée du robot Stäubli TX2 60L, d'une baie CS9 Safety, et d'un radar de sécurité.

Le Campus des métiers et des qualifications de la mécanique connectée assure une veille technologique par des contacts réguliers avec des industriels locaux, un partenariat fort avec la société Stäubli, et assure en lien avec les structures de formation une montée en compétence régulière de l'ensemble des professeurs et formateurs. »

**Stéphane Rödel**

**Directeur du Développement de l'Emploi Industriel, Directeur de l'Institut des Ressources Industrielles  
UIMM Lyon France, CFAI Lyon et AFPI Lyon**



« Tous les secteurs d'activité des industries de la métallurgie sont confrontés à la concurrence internationale. Ces entreprises industrielles misent, pour accroître leur performance et leur compétitivité, sur le déploiement de solutions numériques, de systèmes de plus en plus automatisés et robotisés, que ce soit en conception et simulation, en production, en maintenance, ou encore en logistique.

Si la France est encore en retrait par rapport à d'autres pays au vu du nombre de robots installés, une majorité de secteurs industriels poursuivent ou accentuent leurs investissements et notamment dans les PMI. Cette démarche de robotisation et de numérisation, ainsi que les moyens de production associés engendrent des évolutions de compétences, et accentuent les demandes d'embauche dans certains emplois.

Depuis de très nombreuses années, l'UIMM accompagne les entreprises industrielles dans la mise en œuvre de l'automatisation et de la robotisation, tout en insistant sur la place de l'homme au centre de l'industrie du futur. Ainsi, nous analysons les évolutions des emplois et accompagnons les opérateurs, les techniciens et ingénieurs dans le développement de leurs compétences.

Forts de nos Pôles de Formation de l'Industrie, répartis sur tout le territoire, nous proposons des formations pour les salariés qui se perfectionnent à l'utilisation des robots ou qui souhaitent se reconverter dans les emplois d'opérateurs de production robotisée, de techniciens ou de roboticiens. Nous proposons également, grâce à nos Centres de Formation d'Apprentis de l'Industrie, des parcours de formation par l'alternance pour des étudiants qui souhaitent accéder aux métiers de la robotique : technicien de système de production robotisée, roboticien ou chargé d'intégration en robotique qui sont autant de compétences recherchées par les industriels.

En contact régulier avec les industriels utilisateurs de ces technologies, avec les bureaux d'étude concevant et installant des systèmes de productions automatisées ou robotisées, mais également en relation étroite avec les constructeurs de robots comme la société Stäubli, qui est un de nos partenaires historiques, nous mettons en œuvre des actions de promotion des métiers de la robotique, et nous proposons

des formations pragmatiques directement applicables dans l'industrie.

À titre d'exemple, notre centre de formation de Lyon, grâce à ses moyens techniques exceptionnels et ses 12 robots installés dans leur environnement industriel, a formé 300 apprentis et salariés en 2018 (dont 50 intégrateurs / roboticiens). La demande d'embauche dans ce domaine reste cependant bien plus importante, et si la place des robots dans la société pose encore des questions à certains, nous avons la preuve que la manipulation et la programmation de robots sont accessibles au plus grand nombre.

Ainsi, nous soutenons les initiatives qui assurent la promotion de l'industrie et de ses métiers. Un ouvrage sur la robotique et les robots par le constructeur Stäubli est à saluer et nous souhaitons que ce livre démystifie ce sujet, favorise les vocations des lycéens et étudiants, et enfin apporte une aide aux industriels qui souhaitent robotiser tout en se souciant de l'évolution des compétences de leurs salariés et des jeunes qu'ils souhaitent intégrer. »



**Flavien Paccot**  
**Enseignant au département GIM**  
**IUT de Clermont-Ferrand**



L'aventure Staubli a commencé en 2009 à l'IUT de Clermont-Ferrand à la suite d'une réflexion sur le lien étroit entre service maintenance et robotique. Les besoins industriels dans ce cadre étant assez flous à l'époque, les aspects pédagogiques ont été délicats à gérer : quelles compétences viser ? Sur quels points particuliers travailler ? Quels volumes horaires dans un programme national très contraint ? Ces contraintes m'ont donc imposé de faire des interventions simples, courtes et appliquées.

Le parti pris de se focaliser uniquement sur la prise en main des robots et leur programmation dans un cas simple de manipulation s'est avéré payant. En effet, les étudiants apprécient de manipuler des robots réels et de voir rapidement le résultat de leur programme sans pour autant subir les aspects théoriques de la robotique manipulatrice.

En restant dans cet esprit de robotique de terrain, l'offre de formation s'est progressivement étoffée sans pour autant glisser dans le domaine de l'intégration.

Actuellement, le volume horaire dégagé du programme me permet d'aborder les différents points liés à l'exploitation et la maintenance des robots. Ces cours sont souvent très appréciés des étudiants car la robotique, de par son côté pluri-technique, permet d'appréhender de nombreuses spécialités, de la mécanique à l'informatique, de manière appliquée voire ludique. C'est également un formidable support de communication pour attirer des candidats lors des différentes manifestations organisées autour de la robotique (portes ouvertes, concours...).

Cet ouvrage s'inscrit dans cette démarche pluri-technique et appliquée. Il constitue un support pertinent pour illustrer l'ensemble des aspects liés à la robotique industrielle avec une vision industrielle et pragmatique. Il accompagnera donc parfaitement les enseignants dans leur démarche d'élaboration de séquences pédagogiques, et les étudiants dans leur découverte du vaste domaine de la robotique industrielle. »



**Philippe Mesturoux**  
**Chef des travaux**  
**Lycée Pré de Cordy**



« En Périgord, au pays de l'homme et de la préhistoire, nous devons aussi être capables de nous projeter et de former nos jeunes pour préparer l'avenir : c'est ce que l'on fait au Lycée Pré de Cordy.

Nous pensons que la cobotique et la robotique sont des leviers pour améliorer les

conditions de travail, réduire la répétitivité des tâches et augmenter la productivité, afin de maintenir et développer les entreprises sur nos territoires.

Pour cela, nos étudiants de BTS Maintenance des Systèmes travaillent sur des systèmes de production robotisée dans un concept d'usine du futur.

Le besoin des entreprises en automatisien-roboticien est en constante augmentation, nous faisons évoluer nos méthodes et contenus pédagogiques pour répondre à cette demande.

Nous sommes convaincus que l'enseignement de l'informatique lié à la robotique est une nécessité, un challenge robotique est organisé chaque année où plus de 200 collégiens viennent se confronter, c'est l'occasion de leur présenter les métiers de l'industrie. »





**Christophe Coriou**

**Directeur délégué, Directeur du Pôle formation**

**Tétrás, Chambre Syndicale de la Métallurgie de Haute Savoie**



### **Mobiliser les entreprises pour développer les compétences**

« Un défi humain se présente à nous pour démultiplier la robotisation dans les PME. Au-delà des enjeux technologiques, l'intégration de la robotique mobilisera dans des délais courts les collaborateurs des entreprises et des nouveaux recrutés.

Les centres de formation du réseau de l'UIMM, et en particulier ceux regroupés au sein de la Chambre Syndicale de la Métallurgie de Haute-Savoie, investissent pour accompagner les PME dans ce défi.

Le développement des compétences reposera sur une articulation étroite entre les explications données dans les centres de formation et les situations concrètes qui seront vécues dans les entreprises. Nous avons fait le choix d'associer les PME à la construction des parcours de formation pour renforcer cette alternance entre centres et entreprises pour une acquisition plus rapide des compétences, plus efficace car en prise directe avec les professionnels. C'est aussi le sens du partenariat engagé sur notre territoire avec l'Université Savoie Mont-Blanc et l'IUT d'Annecy pour renforcer notre synergie sur les formations en robotique.

En parallèle, la mobilisation des professionnels de la robotique constitue un atout majeur : forts de leurs expériences, ils partagent leurs connaissances et leurs compétences. Le réseau de professionnels fédérés par le constructeur Stäubli facilite les échanges pour le développement des compétences.

En complément, les initiatives du constructeur Stäubli, tant auprès des jeunes collègues ou lycéens que des étudiants ou



alternants en formation professionnelle, ouvrent des voies à la robotique. Ils découvrent ses enjeux mais surtout les métiers qui y sont attachés et les opportunités d'emploi offertes à ce jour mais aussi dans un futur proche. Dans certaines industries, la croissance des emplois sera fortement liée à l'augmentation de la robotisation.

Les supports de communication ou les guides créés par le constructeur Stäubli sont des outils indispensables pour diffuser cette culture de la robotique. Ils facilitent les apprentissages en entreprise. Ils donnent à chacun la possibilité de découvrir ou d'approfondir les apports de la robotique et anticiper leur place dans nos PME. »

**Laurent Denet**

**Directeur**

**Institut Méditerranéen d'Études et de Recherche en Informatique et Robotique**



« Depuis plus de 35 ans, l'Institut Méditerranéen d'Études et de Recherche en Informatique et Robotique (IMERIR) forme des jeunes sur les métiers de la robotique en utilisant les robots Stäubli pour que nos élèves ingénieurs développent leurs compétences en robotique.

Même s'il est difficile de connaître réellement l'impact de la « Robolution » en cours sur les emplois, il semble logique que le robot (machine qui deviendra de plus en plus « smart » et capable de s'ajuster à son environnement) sera un outil indispensable pour l'homme moderne, comme aujourd'hui le téléphone mobile, l'ordinateur, la voiture...

Pour apprivoiser ces nouveaux métiers, dont certains existent déjà (intégrateur robotique, opérateur robot, technicien mécatronique, ingénieur roboticien), hommes et femmes devront maîtriser l'utilisation du robot, comme le bras mécatronique proposé par Stäubli.

Ce guide pédagogique s'inscrit parfaitement dans le développement de ces nouvelles compétences qui seront nécessaires aux jeunes et aux salariés pour s'adapter à cette transformation numérique annoncée et déjà commencée...»



# Préfaces Industrielles

**Lionel Sublet**

**Directeur**

**Techplus**



## **Intégrateur ? C'est quoi ça ?**

« La robotique (vieille de plus de 40 ans !) fait maintenant le Buzz avec tous les effets pervers que cela implique en termes de fake news et de réalité déformée, mais aussi de bonnes choses en termes de visibilité. A contrario, notre métier d'intégrateur reste, en tous cas pour les non spécialistes, dans

son ombre d'origine, absent des reportages ou autre JT se découvrant un intérêt robotique. Pourtant, si vous regardez des vidéos de robots sur le web, elles sont toutes issues d'applications développées par des intégrateurs ! Des ingénieurs et techniciens qui, sur la base de robots standards, ont réfléchi, conçu, programmé, associé au robot différentes technologies afin d'arriver à un produit final qui soit utile à quelque chose. Comme un ordinateur sans logiciel, un robot n'est rien sans un but fixé et les développements permettant de l'intégrer à son environnement de travail. Vision industrielle, traitement d'image, guidage par laser, préhension pilotée, sécurité, codage informatique, mécanique, mécatronique... toutes ces compétences sont nécessaires pour créer un robot «utile». Comme la conception d'une voiture ou d'un avion, seule la conjonction de différents savoir-faire (intégration) peut aboutir à une réalisation globale utilisable ensuite dans nos usines ou nos maisons. »



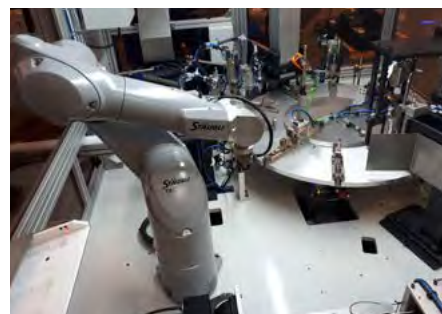
**Renald Baud**  
**Directeur R&D et Innovation**  
**Groupe BAUD Industries**



**Robotisez-moi**

« Les premières applications de la robotique consistaient à réaliser des manipulations simples pour augmenter la productivité des machines ou à remplacer l'humain dans les environnements où la pénibilité était particulièrement forte (charges lourdes, mouve-

ments répétitifs notamment). La précision, la rapidité des robots, ainsi que la simplification de la programmation nous permettent aujourd'hui d'élargir sans cesse leur champ d'application. Nos robots sont maintenant capables d'usiner de la matière, de réaliser des opérations de finition (polissage, ébavurage par exemple), d'assembler des composants. Ils commencent désormais à se déplacer de manière autonome dans nos ateliers de production, d'assemblage et de logistique. Les robots sont ainsi de plus en plus présents dans nos entreprises. Ce qui nous permet de gagner en compétitivité et de nous développer. Cet avantage compétitif est non seulement le garant de la création d'emploi mais c'est également l'ouverture de parcours professionnels plus valorisants pour les collaborateurs. Robotisez moi... c'est notre présent mais c'est plus encore notre avenir ! »



# Préfaces Institutionnelles

**Jean-Marc André**

**Directeur Général et Co-directeur**

**Pôle Mont-Blanc Industries et Pôle de Compétitivité CIMES**



« La robotisation de l'industrie française est un enjeu majeur pour que celle-ci, et en particulier les PME industrielles, prennent durablement le virage de l'industrie du futur: c'est probablement l'axe technologique le plus concret sur lequel les PME peuvent investir pour réussir leur transformation digitale, et ce en mobilisant les intégrateurs de robots. Et quand la robotique industrielle

devient mobile, connectée, collaborative et hyper sécurisée, elle dessine le profil de ce que sera l'usine 4.0.

Contrairement aux idées reçues, la robotisation ne détruit pas de l'emploi, mais elle en crée considérablement en donnant aux entreprises des facteurs de compétitivité durable : il suffit pour cela de scruter les taux de chômage des pays les plus robotisés comme l'Allemagne, le Japon ou la Corée. Encore faut-il former les femmes et les hommes, en particulier les jeunes, vers ces nouveaux métiers qui ont de l'avenir !

Nous avons la chance en région Auvergne-Rhône-Alpes d'avoir une filière robotique importante dotée de 450 entreprises.

Stäubli, premier roboticien industriel français avec ses 1500 collaborateurs à Faverges en Haute-Savoie, est un acteur clé au cœur de cet écosystème dynamique. À la pointe de l'innovation avec ses 2000 bre-



vets, il y joue un rôle d'animateur pour la diffusion de cette technologie, en mobilisant les intégrateurs lors de ses Journées Techniques, en s'engageant auprès des Jeunes, avec par exemple le Trophée Robotfly, ou en déployant à l'échelle régionale un réseau de démonstrateurs de robots dans le cadre de projets collaboratifs.

Innovation, mobilisation de l'écosystème, attractivité des jeunes, dans une approche collaborative et avec un fonctionnement en réseau : autant de bonnes pratiques pour réussir sa transformation robotique ! »



**Olivier Sciascia**  
**Expert référent usinage série**  
**Cetim Cluses**



« Le domaine de la robotique est extrêmement vaste, il va des applications grand public aux applications industrielles de haute production, en passant par des quantités d'applications différentes et en constante évolution.

Les domaines mécanique, agroalimentaire, aéronautique, médical ... sont demandeurs de solutions robotisées de plus en plus performantes. C'est la grande richesse de ce

secteur d'activité qui offre de nombreux types d'emplois, depuis l'utilisation d'un système robotisé déjà programmé, en passant par le développement d'applications nouvelles sur la base de robots existants, et même le développement de nouveaux types de robots ! Le Cetim opère principalement dans la robotique industrielle qui, à elle seule, demande de nombreuses qualifications. Elles vont de la mécanique à la programmation, à l'informatique industrielle, en passant par le domaine des capteurs de données physiques (telles que la position, la température, la force, la dimension, la vibration...) qui sont nécessaires pour donner les informations de travail aux robots. On y cherchera donc principalement des profils de mécaniciens, d'informaticiens, de spécialistes en mesures physiques et des formations mixtes qui sont les plus difficiles à trouver... »



**Une cellule de chargement de machine outil**



**Un banc de test multicateurs robotisé**

**Une application de contrôle basée sur la lecture de défauts par caméra infra rouge**



# I. Les différents types de robotique







De nos jours, les robots sont présents un peu partout. Il ne faut pas confondre le robot et l'automate :

Un automate est un dispositif se comportant de manière automatique, c'est-à-dire sans l'intervention d'un humain. Les mécanismes de l'automate obéissent à un programme préétabli.

Un robot se définit quant à lui comme un «appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations

selon un programme fixe, modifiable ou adaptable» (source : dictionnaire Larousse). Il est doté de capteurs qui recueillent des informations extérieures et d'effecteurs. Ceci lui donne une capacité d'adaptation et de déplacement proche de l'autonomie. Un robot est un agent physique réalisant des tâches dans l'environnement dans lequel il évolue.

Nous ne sommes pas toujours conscients de cette réalité mais la robotique fait déjà

partie intégrante de nos vies, que ce soit à domicile ou au travail.

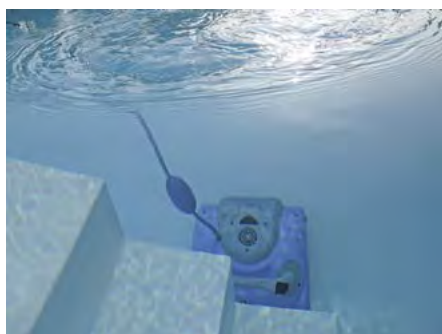
Découvrons plus en détail dans ce chapitre les différents types de robotique qui nous entourent.

## A. La robotique domestique

Un robot domestique est un robot utilisé pour effectuer des tâches ménagères telles que le passage de l'aspirateur, le nettoyage d'une piscine ou encore la tonte de la

pelouse. La robotique domestique est celle qui est la plus présente dans notre quotidien et la plus accessible dans le commerce. Ces robots ont une relation directe

avec les occupants, sans nécessiter de services complémentaires distants pour effectuer ces tâches ou missions de bases.



Nettoyeur de piscine



Robot de tonte



Aspirateur

## B. La robotique humanoïde

Un robot humanoïde est un robot dont l'apparence générale ressemble à celle d'un corps humain.

Habituellement, les robots humanoïdes sont constitués d'une tête, d'un tronc avec deux bras et des jambes ; même si certains

n'ont que la partie supérieure, disposée sur une base mobile.

Ils sont conçus pour répondre à différents objectifs :

- Fonctionnels : interaction avec des outils et des environnements humains, assis-

tant aux efforts, notamment pour des applications de port de charges lourdes.

- Expérimentaux : étude sur la locomotion par exemple.



## C. Les drones

Un drone se définit comme un engin sans personnel embarqué, pouvant être télécommandé à distance ou programmé pour effectuer un déplacement de manière autonome.

Les origines du drone sont militaires. En effet, le premier drone a fait son apparition en 1917, avec pour objectif de réaliser des missions aériennes sans engager la vie des pilotes.

Son usage s'est ensuite étendu petit à petit au domaine civil. Qu'il soit aérien, ter-

restre ou sous-marin, le drone peut être utilisé pour des missions de surveillance ou prises de vue : contrôle du trafic, surveillance maritime et environnementale, opérations de recherches et de sauvetages ou encore récolte de données d'intérêt météorologique.

Le secteur agricole a, lui aussi, compris l'intérêt d'exploiter la technologie des drones. En effet, pour des missions de surveillance de cultures, de bétails, d'analyse de surfaces ou encore des relevés topo-

graphiques, la flexibilité et la mobilité des drones s'avère très efficace.

Après quelques réticences qui ont pu être émises, sa démocratisation s'est faite auprès du grand public dans les années 2010 avec l'arrivée des drones de loisir. N'importe quel citoyen faisant l'acquisition d'un drone de loisir et d'une action cam ou autre caméra sportive, peut désormais prendre des photos et filmer depuis les airs, dans le respect de certaines règles.



Drône civil



Drône militaire



Drône sous-marin



Drône agricole

## D. La robotique militaire

La robotique militaire est apparue lors de la seconde guerre mondiale. Toutes les grandes puissances cherchaient un moyen de réaliser des missions, en limitant les

risques de perte humaine et en simplifiant la vie des soldats.

C'est dans cette logique que d'autres robots militaires ont été développés, pour

diverses applications, comme par exemple des missions de surveillance ou d'espionnage, de reconnaissance, de combat, d'aide aux soldats, de déminage ...



Robot manipulateur pour application de déminage

## E. La robotique agricole

Un robot agricole est un robot conçu pour accomplir certaines tâches des métiers de l'agriculture, selon le type d'exploitation agricole :

- Dans le domaine de la production animale (élevage), les robots peuvent être utilisés pour la traite automatique, le lavage des animaux, la tonte des moutons ou encore de massage des animaux.

- Dans le domaine de la production végétale (agriculture et horticulture), nous pouvons citer comme exemples : la récolte de fruits, l'arrosage ou la pulvérisation de produits phytosanitaires, le désherbage, etc...

Ce type de robot présente de nombreux avantages pour le secteur agricole, avec notamment une réduction des TMS (troubles musculo-squelettiques) et une façon de pallier au manque de main d'œuvre, dus à la pénibilité et répétitivité des tâches. La robotisation peut également permettre une baisse des coûts de production agricole.



Robot de distribution de nourriture



Robot de massage



Robot de raclage



Robot de traite

En 2018, on recensait 5 573 élevages laitiers équipés de robots de traite, et 50% des nouvelles installations de traite sont des robots

## F. La robotique industrielle

L'organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization) a défini le terme de robot industriel de la manière suivante : « manipulateur polyvalent reprogrammable, à commande automatique, programmable sur trois axes

ou plus ».

L'industrie est l'un des premiers secteurs à s'être robotisé. Ceci a notamment permis l'automatisation de chaînes de production avec divers objectifs comme par exemple gagner en flexibilité.

Différents types de robots industriels existent. Ils sont abordés plus en détails dans le chapitre «Les différentes familles de robots industriels»..



Robot polyarticulé 6 axes



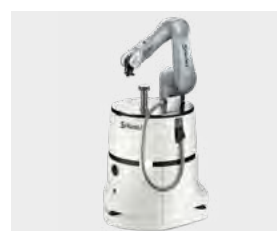
Robot 4 axes



Picker



Cobot

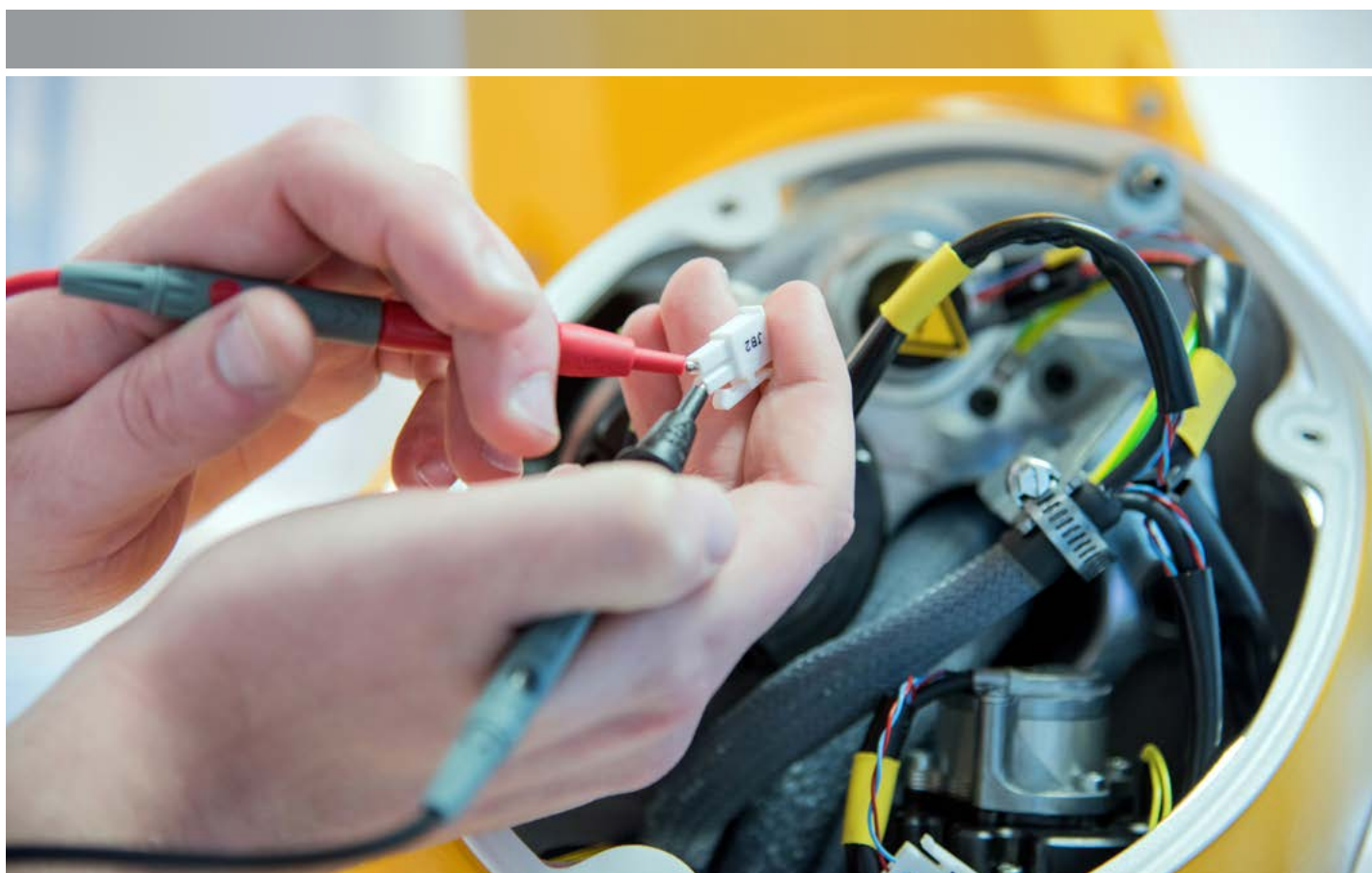


Robot mobile





## II. L'histoire de la robotique industrielle





Les données de ce chapitre sont intégralement issues de l'IFR (International Federation of Robotics).

## A. Les débuts de la robotisation en milieu industriel

### 1956 : Création d'Unimation aux États-Unis



### 1959 : Développement du premier robot industriel par George Devol et Joseph Engelberger

Ce robot pesait deux tonnes et était contrôlé par un programme sur tambour magnétique. Il utilisait des actionneurs hydrauliques et était programmé selon les coordonnées des articulations, les angles des différentes articulations étaient stockés pendant une phase d'enseignement et reproduits en fonctionnement.



### 1961 : Installation du premier robot industriel chez General Motors par Unimation

Le premier robot industriel au monde était un robot utilisé sur une ligne de production de l'usine GM Ternstedt à Trenton, dans le New Jersey (États-Unis), qui fabriquait des poignées de porte et de fenêtre, des boutons de changement de vitesse, des luminaires et d'autres accessoires pour intérieurs d'automobile. Obéissant à des commandes pas à pas stockées sur un tambour magnétique, il séquençait et empilait des pièces chaudes de métal moulées sous pression. La fabrication du robot a coûté 65 000 \$ mais Unimation l'a vendu pour 18 000 \$.



**1967 : Intégration du premier robot industriel en Suède**

Le premier robot industriel en Europe est un Unimate, installé à Metallverken, Uppsland Väsby, Suède.



**1969 : Installation des premiers robots de soudage par points dans l'usine de montage de General Motors à Lordstown (États-Unis)**

Les robots Unimation ont permis d'accroître la productivité et d'automatiser plus de 90% des opérations de soudage de carrosserie, contre 20 à 40% dans les usines traditionnelles, où la soudure était une tâche manuelle sale et dangereuse.



**1976 : Premier robot installé en France au sein de l'entreprise Renault**

**1978 : Développement de la Machine Universelle Programmable pour l'Assemblage (PUMA) par Unimation / Vicarm (États-Unis) avec le soutien de General Motors**

General Motors avait conclu que 90% des pièces manipulées lors de l'assemblage pesaient moins de 2 kilogrammes. Le PUMA a été adapté aux spécifications de General Motors pour un robot de ligne de maintenance de petites pièces qui maintient la même intrusion dans l'espace qu'un opérateur humain.

**1982 à 1984 : Premiers robots hydrauliques intégrés en France par Stäubli chez des marchands de vin en Bourgogne et en Champagne.**



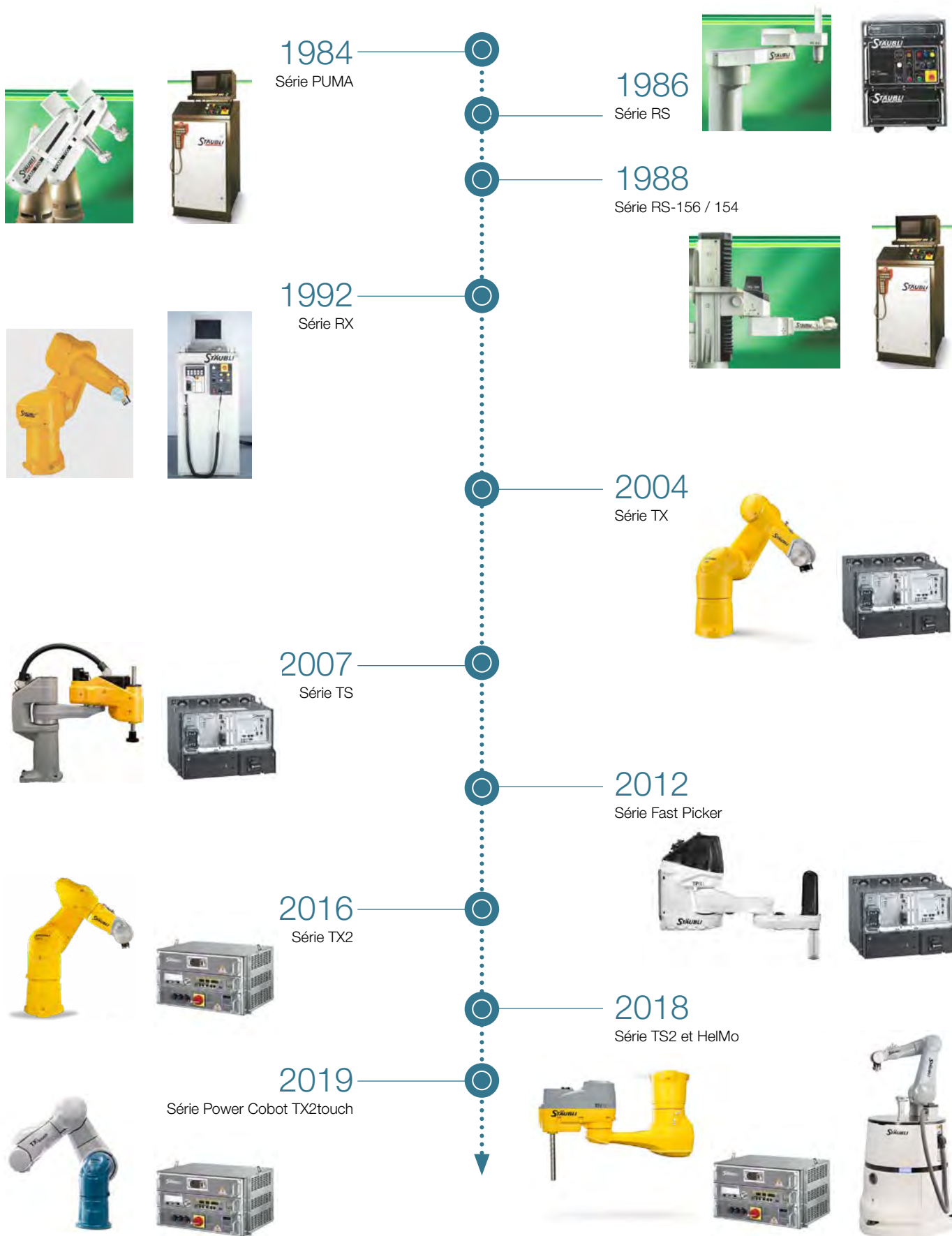
**1989 : Rachat d'Unimation par Stäubli**

Après avoir commercialisé et intégré les robots d'Unimation de 1982 à 1989 en France et en Suisse, la société Stäubli rachète Unimation et ses savoir-faire en robotique pour

développer le marché en France et à l'export. La fabrication est transférée sur le site de Faverges en Haute-Savoie (74).



B. Les gammes de robots à travers le temps





# III. Les ventes de robots industriels





Ce chapitre est basé sur un rapport publié chaque année par l'IFR (International Federation of Robotics). Cette organisation professionnelle à but non lucratif a été créée en 1987 pour promouvoir, renforcer et protéger l'industrie robotique dans le monde.

Son rapport analyse les ventes de l'année précédente (ici 2018), les évolutions (publiées à l'automne) par rapport aux autres années, et les perspectives possibles, d'un niveau macro (monde) à un niveau micro (pays).

## A. Le marché mondial de la robotique

En 2018, les installations mondiales de robots ont augmenté de 6%, pour atteindre 422 271 unités, pour un montant de 16,5 milliards USD (sans logiciel ni périphérique). Le stock opérationnel de robots a été calculé à 2 439 543 unités (+ 15%). Ce résultat est une surprise, car les principales industries clientes, l'automobile et l'électrique / électronique, ont connu une année difficile et deux des principales destinations, la Chine et l'Amérique du Nord, ont joué un rôle dans un conflit commercial, semant des incertitudes dans l'économie mondiale. Néanmoins, l'industrie automobile reste le principal secteur client avec 30% du nombre total d'installations, devant l'élec-

trique (25%), les métaux et les machines (10%), les plastiques et produits chimiques (5%) et les produits alimentaires et boissons (3%). Notons qu'aucune information sur l'industrie cliente n'est fournie pour 19% des robots. Ce chiffre est cinq points de pourcentage plus élevé qu'en 2017.

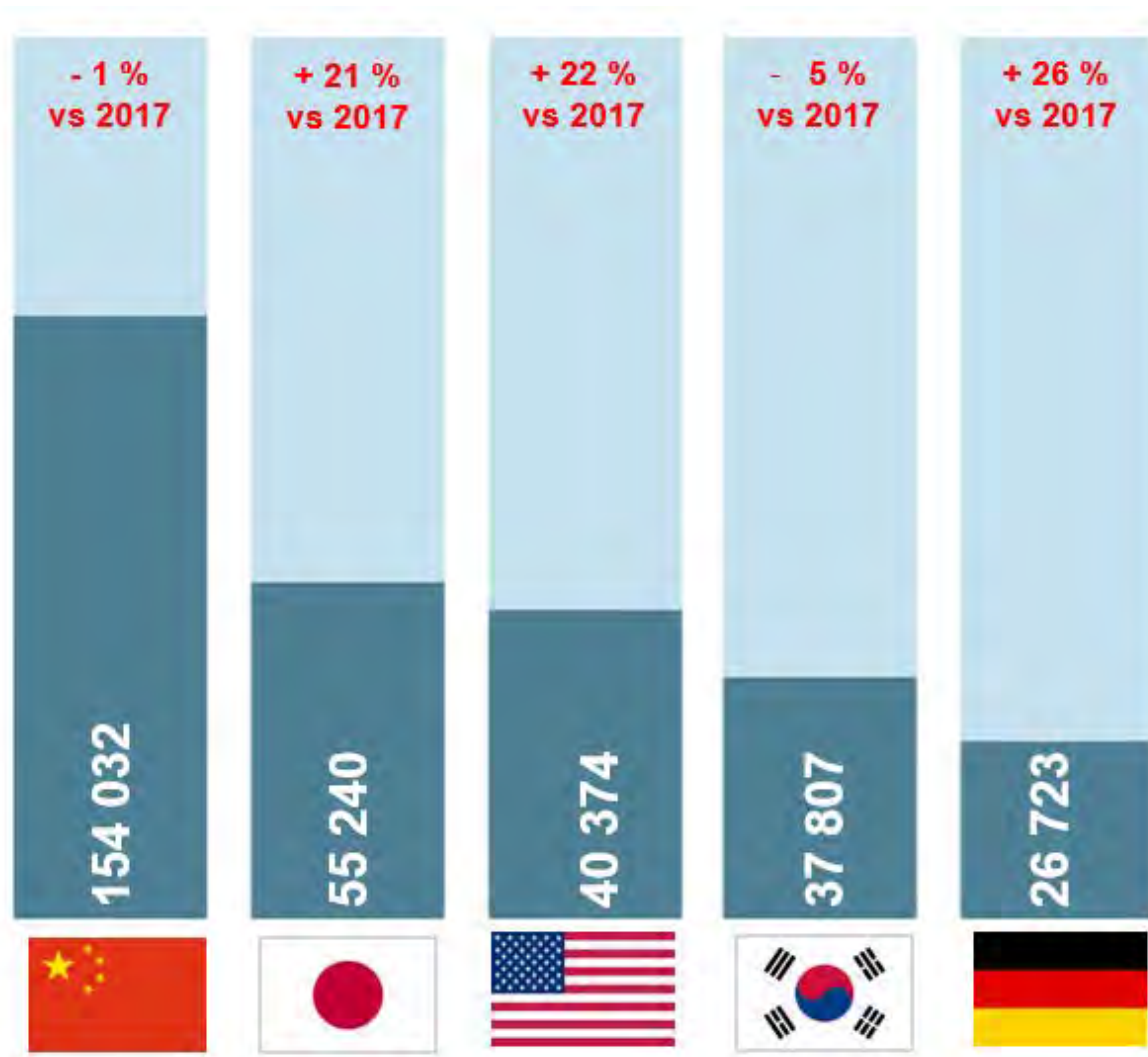
Depuis 2010, la demande de robots industriels a considérablement augmenté en raison de la tendance constante à l'automatisation et des innovations techniques continues dans les robots industriels.

De 2013 à 2018, les installations annuelles ont augmenté de 19% en moyenne par an. Entre 2005 et 2008, le nombre annuel moyen de robots vendus s'élevait à environ

115 000 unités. Avec la crise économique et financière mondiale, les installations de robots ne sont plus que 60 000 en 2009 et de nombreux investissements ont été reportés. En 2010, les investissements ont repris et permis une marge de manœuvre pour porter les installations de robots à 120 000 unités. En 2015, les installations annuelles avaient plus que doublé par rapport à 2010 pour atteindre près de 254 000 unités. En 2016, la barre des 300 000 installations par an était franchie, elle passe à 400 000 unités en 2017, pour finalement atteindre 422 000 unités en 2018.



Installations annuelles de robots industriels dans le monde



5 pays représentent 74 % des installations mondiales

## 1. Installation de robots industriels dans le monde - Source IFR

Pays	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018/2017	2013/2018
Afrique	733	428	348	879	451	794	76%	2%
Afrique du Sud	653	358	260	805	327	365	12%	-11%
Reste de l'Afrique	80	70	88	74	124	429	246%	40%
Égypte	26	22						
Maroc	10	7						
Tunisie	28	38						
Autres pays d'Afrique	16	3						

Amérique	30 317	32 616	38 134	41 295	46 188	55 212	20%	13%
Amérique du Nord	28 668	31 029	36 444	39 671	43 559	49 636	14%	12%
États-Unis	23 679	26 202	27 504	31 404	33 146	40 373	22%	11%
Canada	2 250	2 333	3 474	2 334	4 057	3 582	-12%	10%
Mexique	2 739	2 494	5 466	5 933	6 356	5 681	-11%	16%
Amérique du Sud	1 649	1 583	1 677	1 601	1 301	2 582	98%	9%
Brésil	1 398	1 266	1 407	1 207	1 001	2 196	119%	9%
Reste de l'Amérique du Sud	251	317	270	394	300	386	29%	9%

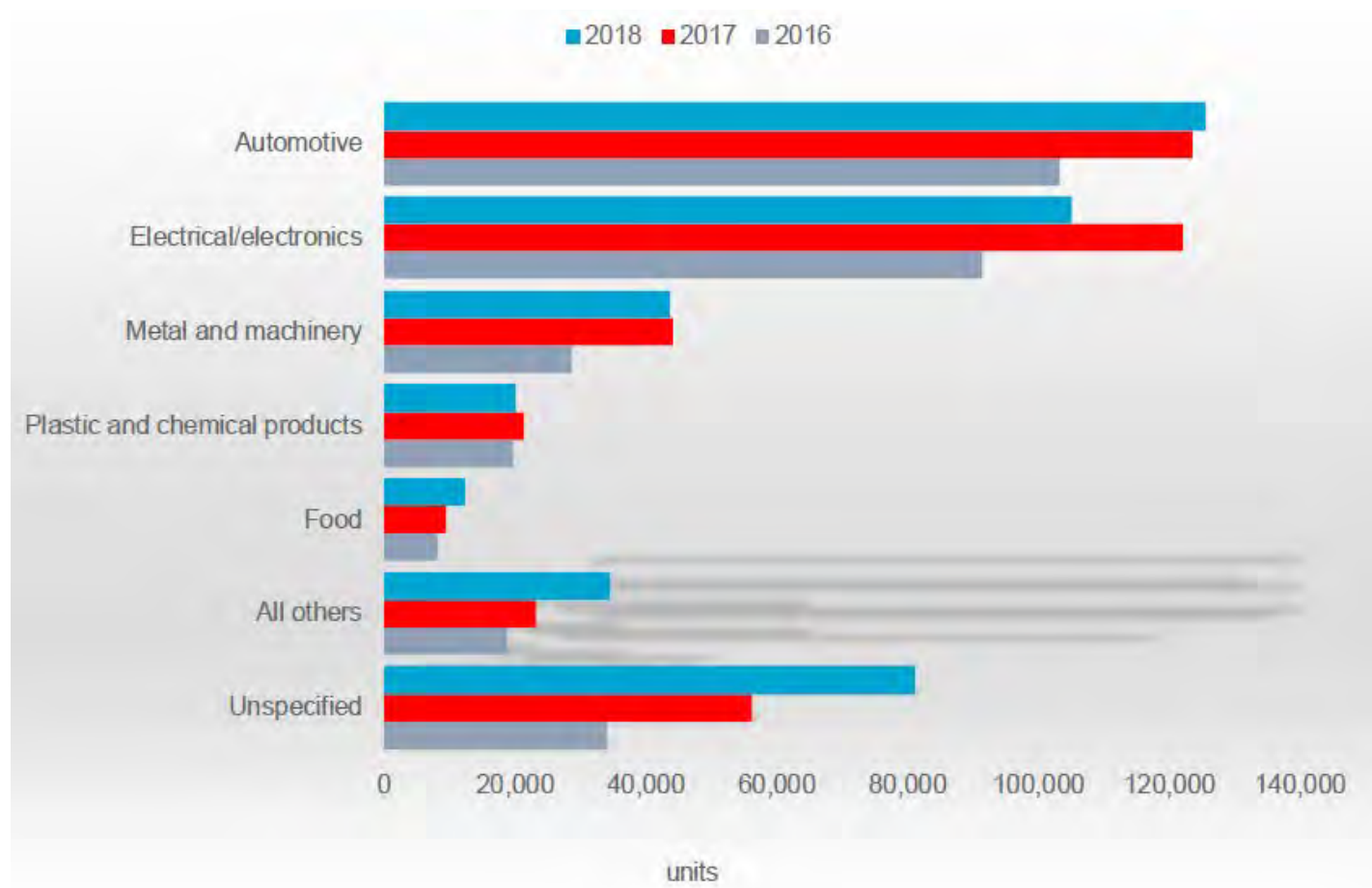
Asie	98 455	134 151	160 211	199 642	280 126	282 698	1%	187%
Asie du Sud et de l'Est	97 645	128 720	159 178	196 589	276 399	276 199	0%	23%
Chine	36 560	57 096	68 556	96 500	156 176	154 032	-1%	33%
Hong Kong, Chine	407	1 198	819	55	141	17	-88%	-47%
Inde	1 917	2 126	2 065	2 627	3 424	4 771	39%	20%
Indonésie	1 168	1 152	1 108	964	951	839	-12%	-6%
Japon	25 110	29 297	35 023	38 586	45 647	55 240	21%	17%
Malaisie	791	852	998	1 881	2 863	1 860	-35%	19%
Singapour	1 197	1 228	1 895	2 609	4 559	4 290	-6%	29%
République de Corée	21 307	24 721	38 285	41 373	39 777	37 807	-5%	12%
Taipei	5 457	6 912	7 200	7 569	10 907	12 145	11%	17%
Thaïlande	3 221	3 657	2 556	2 646	3 386	3 323	-2%	1%
Vietnam	389	348	510	1 618	8 274	1 636	-80%	33%
Autres pays de l'Asie du Sud et de l'Est	121	133	163	161	294	239	-19%	15%
Reste de l'Asie	28	58	55	82	91	69	-24%	20%
Autres pays d'Asie	661	5 240	815	2 810	3 342	6 191	85%	56%



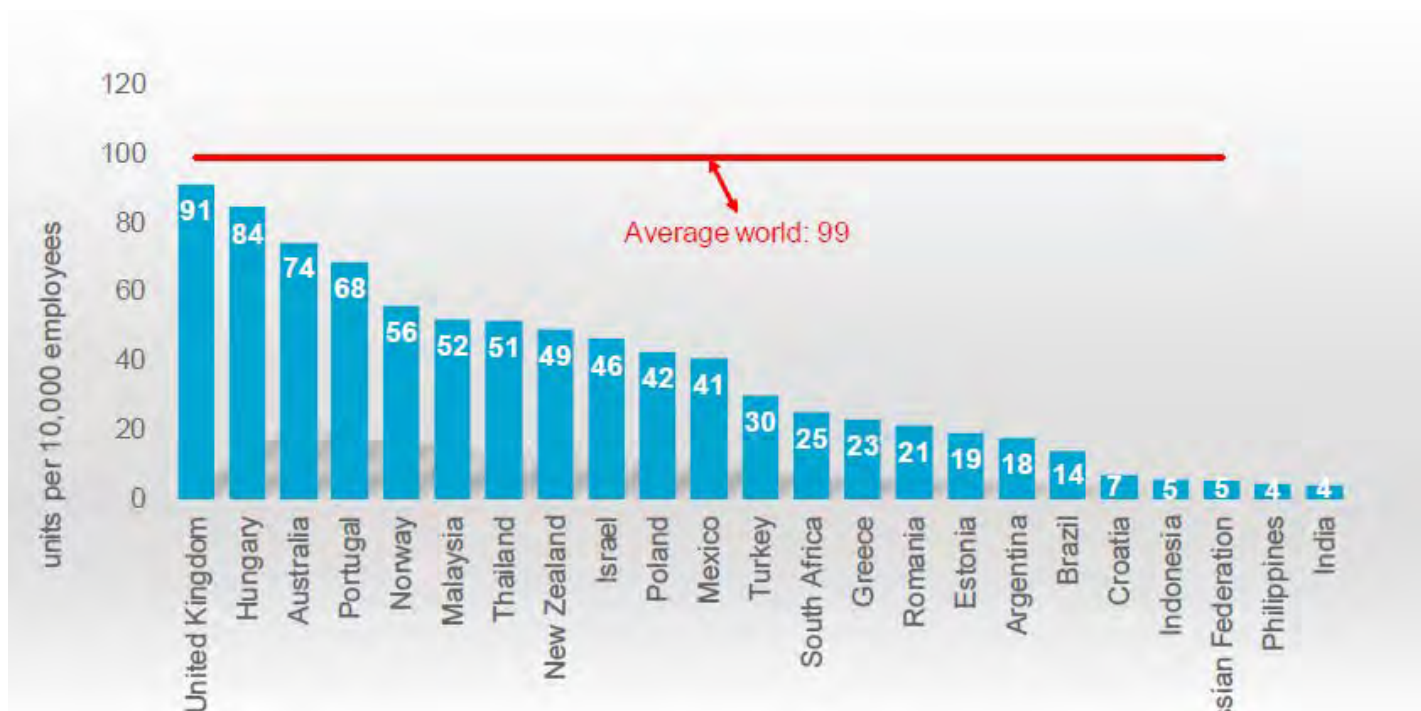
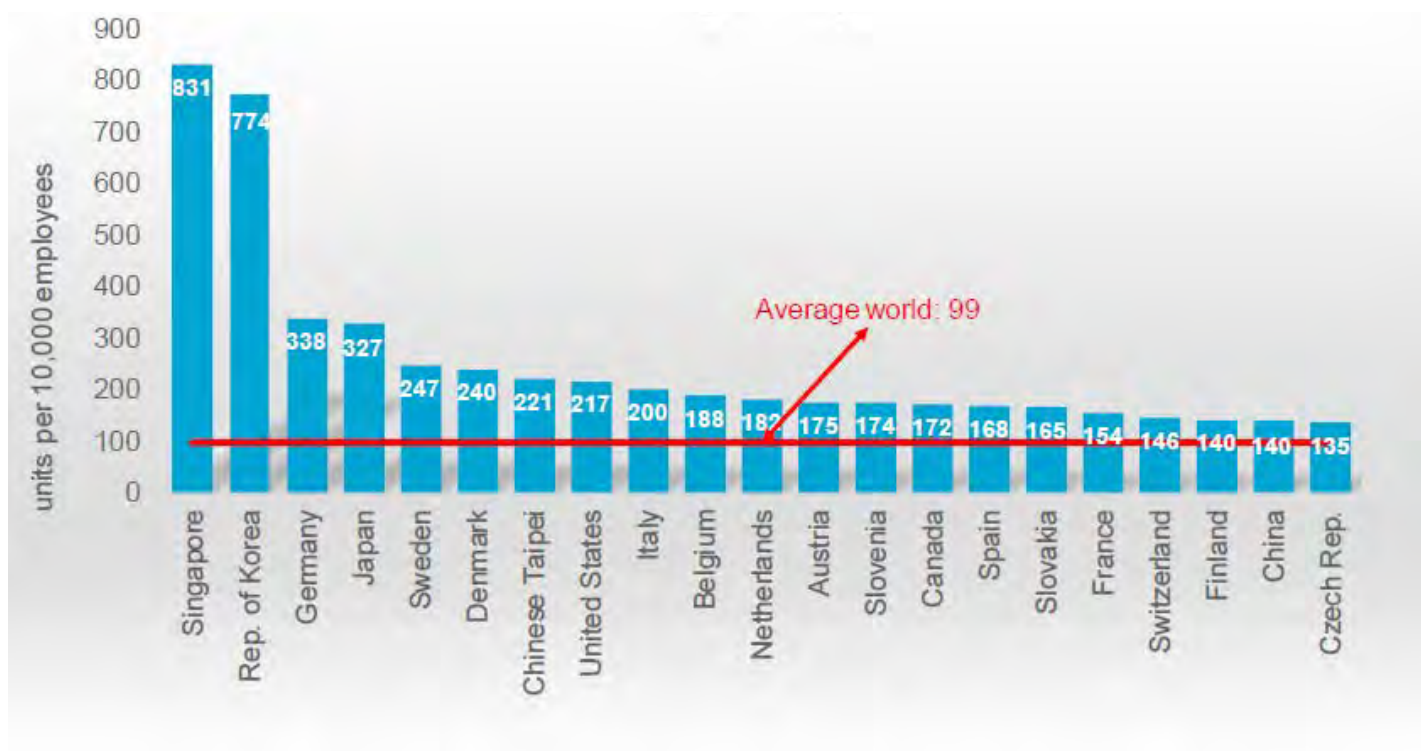
Pays	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018/2017	2013/2018
Australie et Nouvelle Zélande	473	426	510	561	570	621	9%	6%
Australie	323	332						
Nouvelle Zélande	150	94						

Europe	43 278	45 559	50 073	56 078	66 505	75 560	14%	12%
Europe Centrale et de l'Est	5 061	4 643	6 136	7 758	10 538	9 732	-8%	14%
République Tchèque	1 337	1 533	2 193	1 974	2 893	2 725	-6%	15%
Hongrie	555	534	517	717	2 70	912	-63%	10%
Pologne	692	1 267	1 795	1 632	1 891	2 651	40%	31%
Roumanie	171	251	350	784	634	495	-22%	24%
Russie	615	339	347	358	711	1 007	42%	10%
Slovaquie	1 313	343	488	1 732	1 203	749	-38%	-11%
Balkans	296	283	332	452	492	812	65%	22%
Autres pays de l'Europe de l'Est	82	93	114	109	244	381	56%	36%
Europe de l'Ouest	34 397	37 224	39 182	42 610	47 269	56 447	19%	10%
Autriche	720	898	987	1 686	1 641	1 504	-8%	16%
Belgique	1 518	484	491	871	1 154	1 035	-10%	-7%
Suisse	593	650	734	805	1 165	1 474	27%	20%
Allemagne	18 297	20 051	19 945	20 074	21 267	26 723	26%	8%
Espagne	2 764	2 312	3 766	3 919	4 250	5 266	24%	14%
France	2 161	2 944	3 045	4 232	5 014	5 829	16%	22%
Italie	4 701	6 215	6 657	6 465	7 760	9 847	27%	16%
Pays-Bas	895	1 234	1 487	1 778	1 814	1 658	-9%	13%
Portugal	262	342	425	993	824	696	-16%	22%
Royaume-Uni	2 486	2 094	1 645	1 787	2 380	2 415	1%	-1%
Pays nordiques	2 125	2 050	2 570	3 264	2 985	2 618	-12%	4%
Danemark	477	608	628	752	800	673	-16%	7%
Suède	1 199	1 073	1 501	1 647	1 517	1 263	-17%	1%
Finlande	365	286	333	699	476	532	12%	8%
Norvège	84	83	108	166	192	150	-22%	12%
Reste de l'Europe	1 695	1 642	2 037	2 309	2 665	2 862	7%	11%
Turquie	1 136	1 246	1 705	1 840	2 050	2 267	11%	15%
Autres pays européens	222	236	332	469	615	595	-3%	22%
Autres pays non spécifiés	4 991	7 524	4 635	5 553	6 094	7 625	25%	9%

2. Les principaux marchés porteurs dans le monde



Répartition des installations de robots par marché dans le monde



Nombre de robots industriels installés pour 10 000 employés

## B. Le marché européen

### 1. Installation de robots industriels en Europe

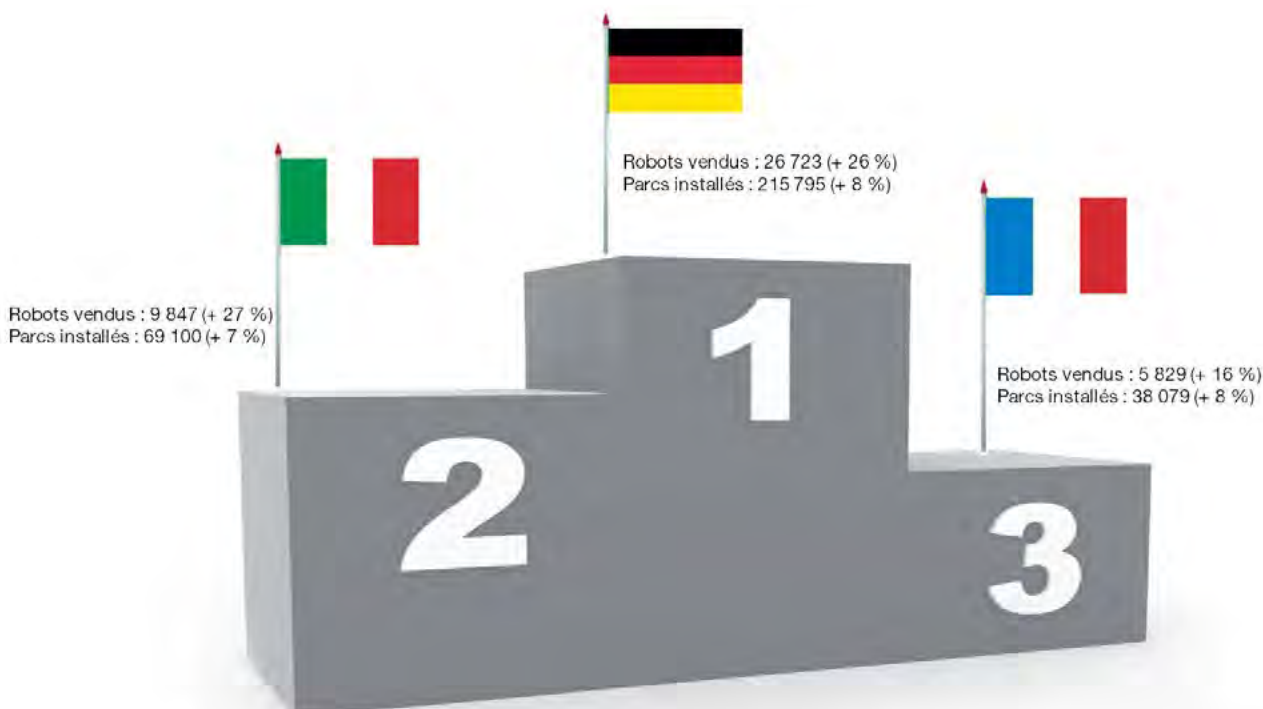


Installations annuelles de robots industriels en Europe

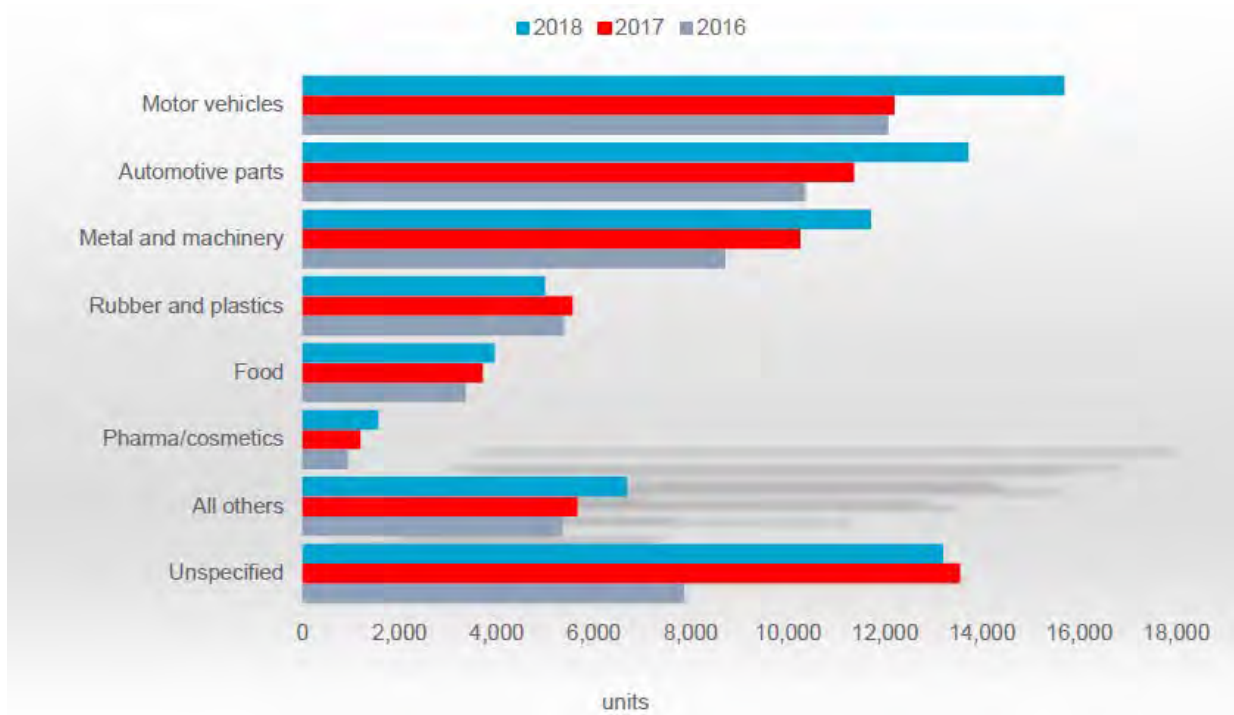
En 2018, les ventes de robots industriels en Europe ont augmenté de 14%, établissant un nouveau record de 74 965 unités vendues. L'industrie automobile a augmenté sa demande de 23% et l'industrie générale de 12%. L'Allemagne, qui fait partie des cinq

principaux marchés mondiaux des robots, détenait 35% des installations totales en Europe. L'Italie suit avec une part de 13% et la France avec 8%. De 2013 à 2018, le taux de croissance annuel composé (TCAC) des installations robotiques en Europe était

de 12%. Fin 2018, le stock opérationnel européen de robots était estimé à environ 543 220 unités, ce qui correspond à une augmentation de 9% par rapport à 2017. Le stock a augmenté en moyenne de 7% par an depuis 2013.



## 2. Les principaux marchés porteurs en Europe



Répartition des installations de robots par marché en Europe

## C. Le marché français

### 1. Installation de robots industriels en France

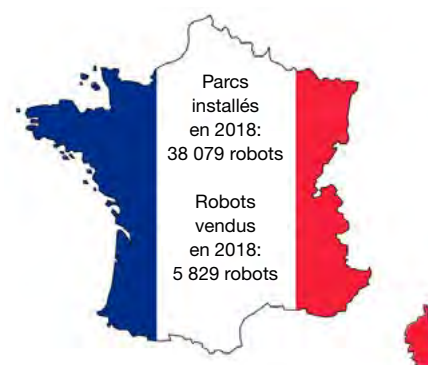
Le marché français des robots s'est classé 3ème en Europe en 2018 pour les installations annuelles et le stock opérationnel, derrière l'Allemagne et l'Italie. En 2018, les installations de robots ont augmenté de 16% pour atteindre 5 829 unités, soit un nouveau record. Le secteur de l'automobile est le plus gros client avec une part de près de 35% des installations en 2018 (2 014 unités ; +32%). Dans l'industrie générale, les installations ont augmenté de 36%, passant à 3 363 unités (contre 2 471 unités en 2017). Le taux de croissance annuel moyen (TCAC) de 2013 à 2018 dans l'industrie générale était de 32% alors qu'il était de 30% dans l'industrie automobile.

Après 2000, année record avec 3 700 unités installées, les ventes annuelles de robots ont commencé à baisser. Entre 2000 et 2009, l'industrie automobile (principal client des robots industriels) n'a cessé de réduire les installations de robots. Les entreprises

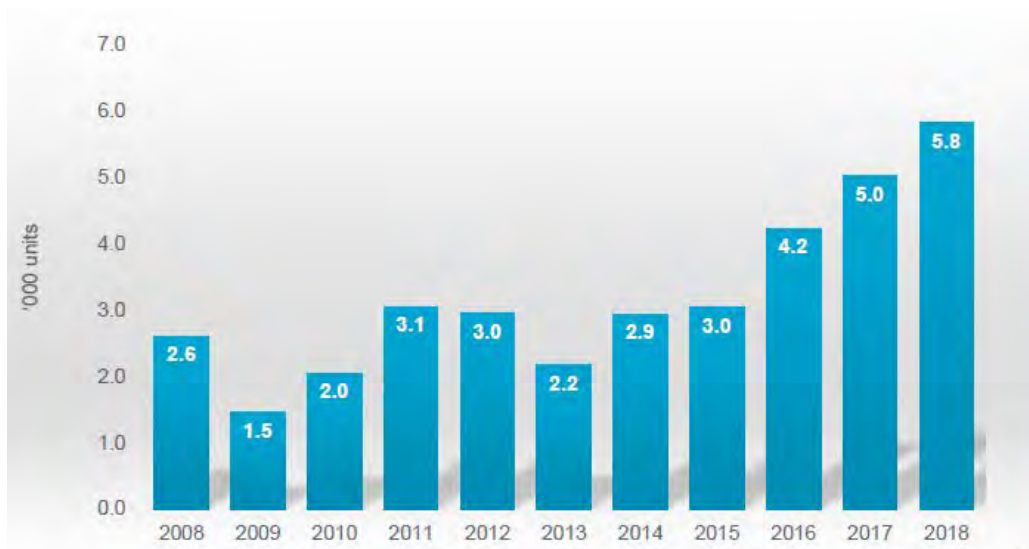
se concentraient soit sur l'investissement dans les marchés émergents, soit sur le déplacement de la production vers des sites étrangers plus rentables.

Depuis 2010, les initiatives gouvernementales visant à renforcer la production en France se sont traduites par des investissements importants de la part de l'industrie automobile et de l'industrie en général.

En raison de la diminution du nombre d'installations, la densité des robots dans l'industrie automobile est tombée de 1 540 unités pour 10 000 employés en 2011 à 1 156 unités pour 10 000 employés en 2017. En 2018, il est passé à 1 239 unités, une valeur similaire à celle de l'Allemagne (1 268 unités). La densité des robots dans l'industrie générale a encore augmenté, passant de 59 unités par 10 000 employés en 2011 à 102 unités par 10 000 employés en 2018.

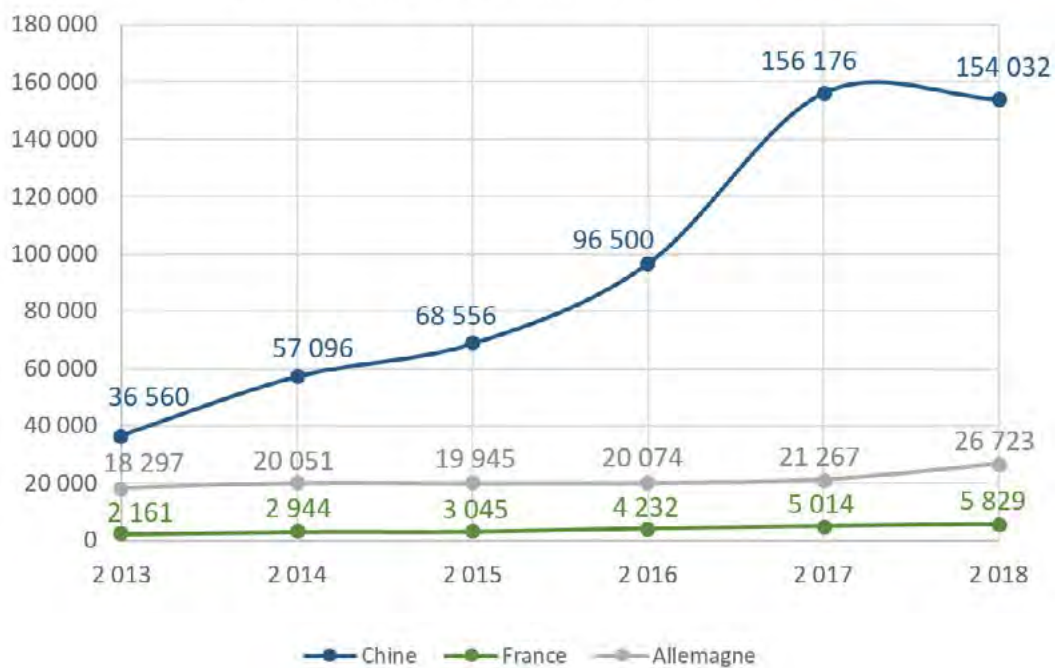






Installations annuelles de robots industriels en France

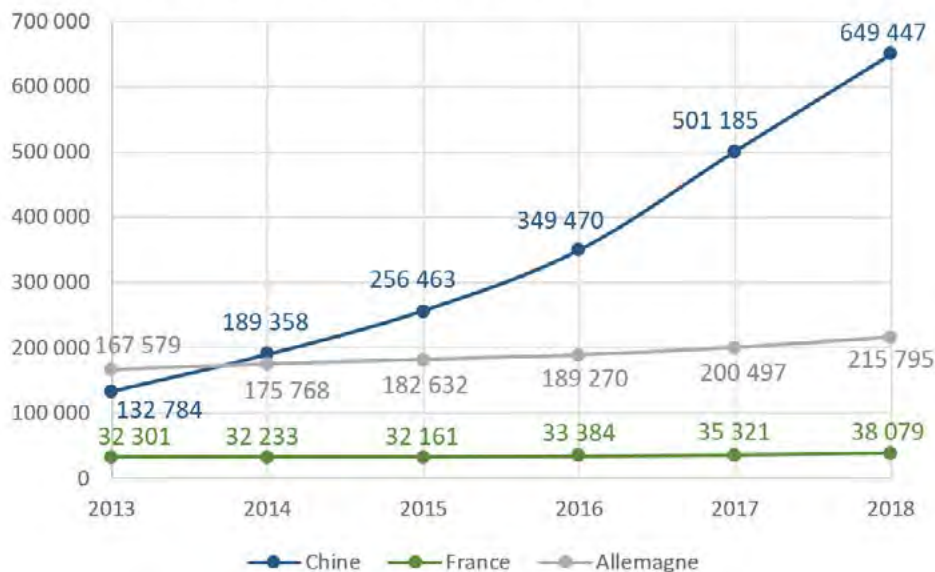
### Comparatif de l'évolution des ventes



Comparatif de l'évolution des ventes



Comparatif de l'évolution des parcs installés

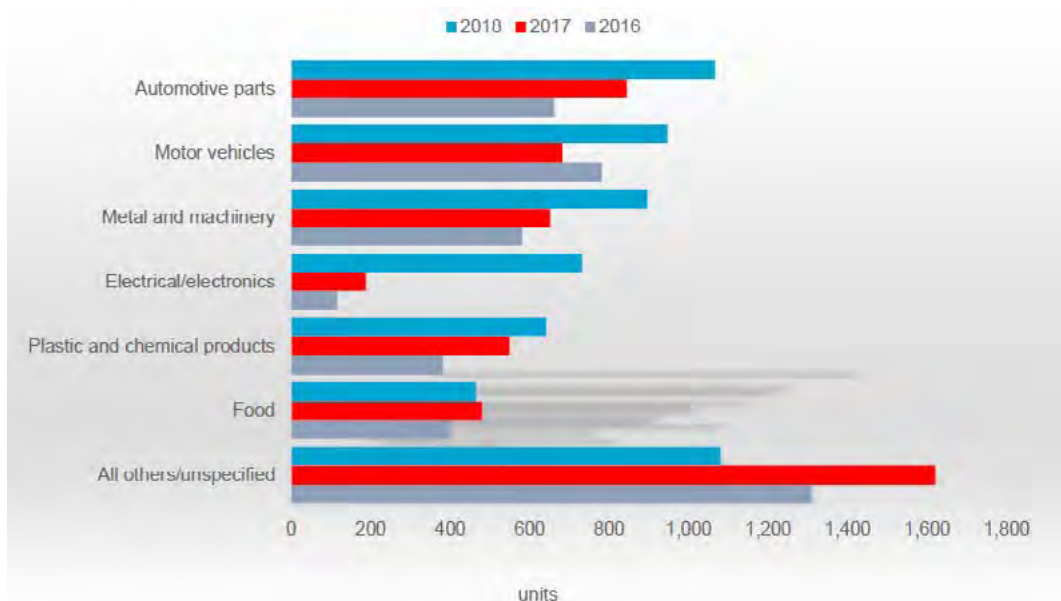


Comparatif de l'évolution des parcs installés

2. Les principaux marchés porteurs en France

Les installations annuelles de robots dans l'industrie automobile ont augmenté de 32% passant à 2 014 unités. Elles concernent les constructeurs automobiles (947 unités ; +39%) et les fournisseurs de pièces automobiles (1 067 unités ; +26%). L'industrie en général a également considérablement augmenté ses installations de robots : l'industrie des métaux et des ma-

chines a installé près de 900 unités (+38%), et l'industrie des plastiques et des produits chimiques a installé 642 unités (+17%). L'augmentation du nombre d'installations dans l'industrie électronique (732 unités ; +289%) est principalement un effet statistique dû à des changements dans le rapport.



Répartition des installations de robots par marché en France

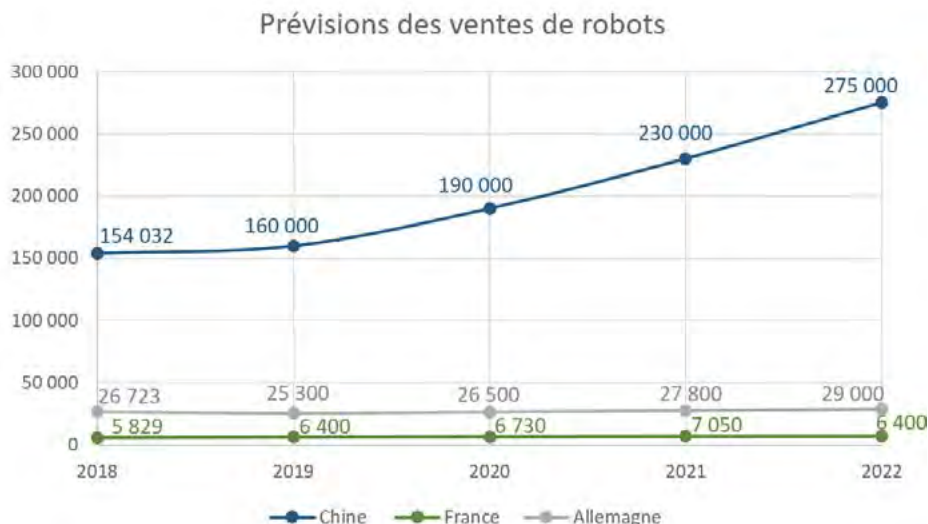
## D. Cobot, nouvel âge de la robotique

Le marché des robots collaboratifs fait son apparition dans le rapport annuel de l'IFR. Utilisé à des tâches que pourrait remplir un humain, ce type de robot est en progression lente avec seulement 3,24% de parts de marché et en 2018, 14000 unités de ce type parmi les 422 000 robots industriels recensés. Cependant entre 2017 et 2018, ce marché a connu une progression de 23%.



Les robots industriels collaboratifs, encore un marché niche

## E. Les prévisions pour les années à venir



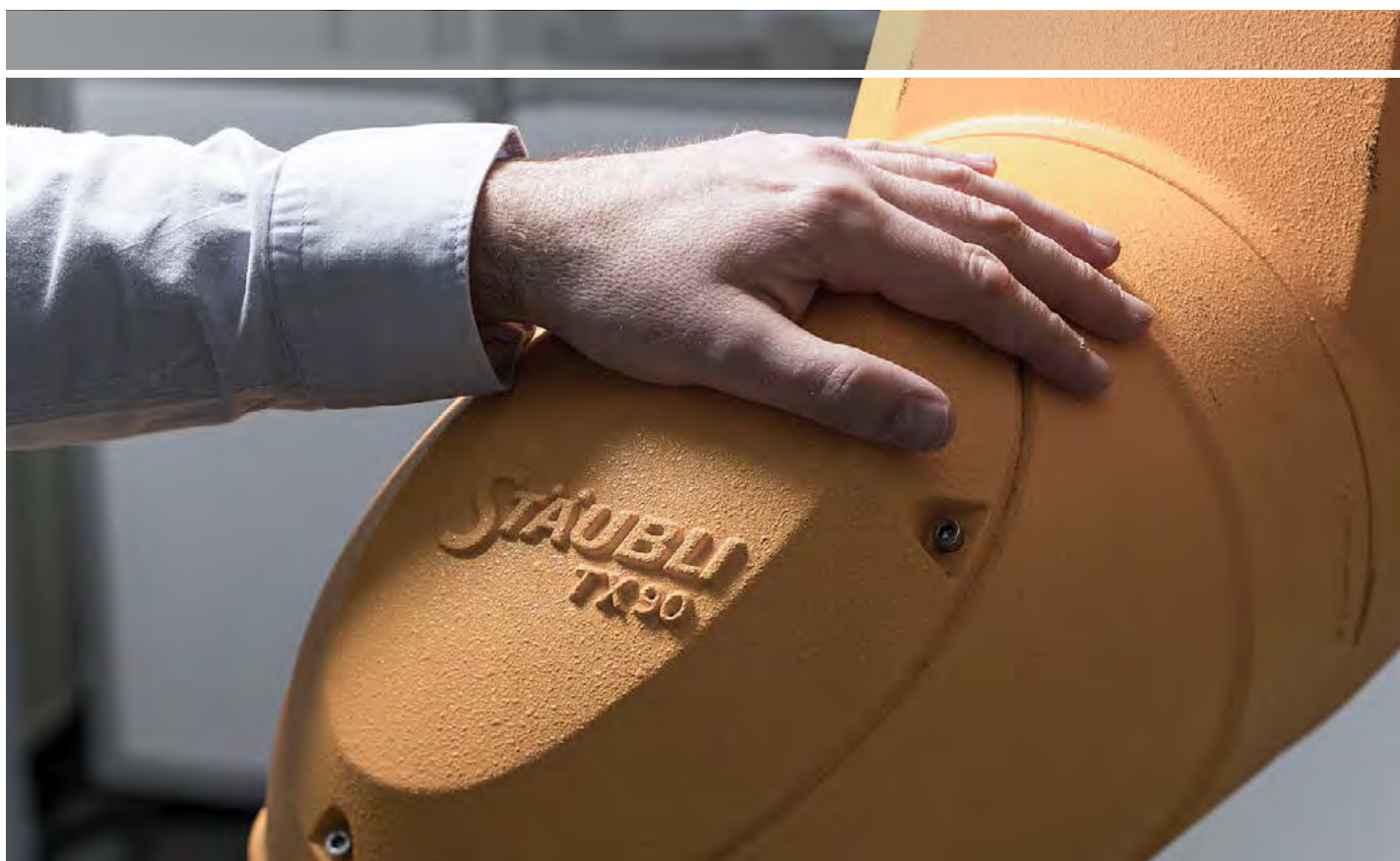
On évalue à 2 000 000 le nombre de robots qui seront installés dans les usines du monde d'ici 2022.

Le taux de croissance du parc installé augmentera de +12 % chaque année entre 2019 et 2022.

L'estimation des ventes mondiales se chiffre à 583 520 robots en 2022.



## IV. Pourquoi robotiser ?





Les avantages de la robotisation se déclinent autour de quatre critères fondamentaux :

- Les facteurs économiques
- Les facteurs humains
- Les facteurs environnementaux
- Les bénéfices induits

## A. Les facteurs économiques

### 1. Réduction des coûts de main-d'oeuvre

Le premier facteur de rentabilité du robot est la diminution de la part de main-d'œuvre, dans le prix de revient du produit

fabriqué. Capable de travailler en 3x8 de façon constante, le robot peut réaliser les tâches de plusieurs opérateurs.

### 2. Flexibilité de la gestion de production

Le robot industriel confère une flexibilité inégalable à la gestion de production.

Il peut fonctionner seul, un temps donné, sans assistance humaine. L'opérateur programme le robot selon le type de pièce à manipuler ou des opérations à effectuer. Ce dernier est ensuite capable de travailler de nuit ou le week-end, mais aussi, selon la longueur du cycle, 24h/24 pendant plusieurs jours.

La flexibilité d'un robot s'illustre aussi par sa capacité à s'adapter à des tâches différentes tout au long de sa vie. Il peut être affecté à des opérations nouvelles selon les impératifs de production ; il suffit de changer les équipements périphériques et de le reprogrammer en fonction des nouvelles tâches.

Contrairement à une machine spéciale, le robot est un produit standard, facile d'en-



retien et réutilisable. Les constructeurs proposent des maintenances préventives qui garantissent au robot une durée de vie pouvant facilement atteindre vingt ans, voire plus. Les pièces d'un robot ne sont plus spécifiques mais standards chez les constructeurs, ce qui garantit un remplacement rapide en cas de besoin.

### 3. Diminution des stocks et encours

La configuration du robot en cellule de production permet de regrouper plusieurs opérations. On peut ainsi, en sortie de machine,

ajouter des opérations d'ébavurage, de palletisation et de contrôle, ce qui peut éviter des stocks intermédiaires.

### 4. Amélioration de la qualité

Avantage majeur du robot : sa capacité à réaliser des opérations d'une qualité supérieure et constante.

Les premiers bénéfices constatés à la suite de l'implantation d'un robot sont souvent la diminution du taux de rebuts, l'optimisa-

tion du produit utilisé (exemple : peinture) et l'amélioration globale de la qualité. C'est le cas pour les opérations de soudure, d'ébavurage, de découpe, de peinture...

À moyen terme, l'entreprise réduit également les opérations de reprise sur pièces et

le taux de retours. Associés à la revalorisation de l'image de toute la société, les gains pour l'entreprise sont rapidement significatifs. L'automatisation facilite la traçabilité de la production et donc le suivi de la qualité.

### 5. Relocalisation des entreprises

Le développement de la robotique industrielle en France a permis de rapatrier des usines sur le territoire français. En effet, robotiser permet d'éviter de délocaliser. Grâce aux robots, il est possible de pro-

duire en France avec un très haut niveau de qualité et à un coût compétitif.



## 6. Retour sur investissement inférieur à 2 ans

Le calcul du retour sur investissement implique la prise en compte de nombreux paramètres, comme ceux cités précédemment.

Il est cependant indispensable de considérer que la robotique permet :

D'AUGMENTER	DE DIMINUER
Le volume de production	Les coûts de main d'œuvre
La qualité de production	Le taux de rebuts
La flexibilité de la production	Le coût des pièces
Le taux d'engagement des machines	

La durée moyenne du retour sur investissement constatée pour une cellule robotisée est inférieure à deux ans. Cette durée est le temps moyen indiqué par les TPE et PME.

$$\text{Calcul du RSI : } \frac{\text{Gain} - \text{Coût}}{\text{Coût de l'investissement}}$$

## 7. Solutions de financement

Pour accompagner les PME françaises dans leur projet robotique, plusieurs solutions de financement existent :

- **Suramortissement** : l'État a réintroduit un système de suramortissement fiscal permettant à une PME industrielle de déduire de son résultat imposable jusqu'à 40% du prix de revient des biens et logiciels contribuant à sa transformation vers l'industrie du futur, pour toute acquisition réalisée sur la période 2019-2020.
- **Prêts robotiques** : prêt privé SO'Robot ou prêt public de la BPI.
- **Locations financières** : crédit-bail ou location financière pour un financement en souplesse.

Pour en savoir plus : Symop ([symop.com](http://symop.com))

## B. Les facteurs humains

L'augmentation de la sécurité sur le poste de travail, la flexibilité, la régularité et la qualité conduisent à l'optimisation de la gestion de production et à la compression des délais de fabrication et de livraison. Ces deux paramètres majeurs déterminent le degré de compétitivité d'une entreprise. Le robot soulage les opérateurs sur les postes de travail contraignants, fatigants, dangereux qui peuvent impacter leur santé, comme l'apparition des TMS (troubles mus-

culo-squelettiques).

Les contraintes de rendement exigées par le marché engagent nécessairement l'adaptation des moyens de production. Les opérateurs à eux seuls ne peuvent pas assumer ces nouvelles exigences, à moins qu'ils ne soient très nombreux, ce qui n'est plus envisageable aujourd'hui.

La robotisation est le moyen de transférer sur une machine la charge des contraintes qui pesaient précédemment sur le salarié.

Dès l'arrivée du robot, il est important de noter le décalage de l'opérateur, entre son appréhension et sa satisfaction due à la valorisation de ses nouvelles fonctions.

En effet, les opérateurs se voient déchargés des tâches rébarbatives et pénibles, et confier des missions plus intéressantes à leurs yeux.

## C. Les facteurs environnementaux

À travers les gains de productivité engendrés, la robotique réduit la facture énergétique de l'entreprise et permet une économie substantielle en matières premières et en rejets nocifs pour l'environnement.

Exemple : minimisation et maîtrise des rejets en peinture et pulvérisation.

L'utilisation des robots, associée à une maîtrise de l'application de pulvérisation, apporte une meilleure qualité de dépose – maîtrise des épaisseurs – ainsi qu'un gain en consommation de produit. En effet, le

coefficient de transfert (peinture déposée sur la pièce/peinture pulvérisée) est bien meilleur avec un robot. On constate moins de perte de produit et une réduction de l'impact sur l'environnement (estimation de l'ordre de 30% des économies de produit).

## D. Bénéfices induits

### Aspects structurants de la robotisation

L'entrée d'un robot dans un atelier crée une opportunité pour optimiser les process de production. Dès la conception, il est nécessaire de rendre les nouveaux produits plus facilement « automatisables » pour obtenir des gains maximums. Ce travail permet une production plus compétitive de l'entreprise.

### Mise en valeur de l'entreprise

Au-delà de ces avantages mesurables, il en est un, plus subjectif, que l'on retrouve régulièrement : celui de la mise en valeur de l'entreprise. Les témoignages recueillis convergent sur ce point. Le robot est une remarquable carte de visite pour une PME vis-à-vis des clients. Ceux-ci admirent à travers le robot, la capacité d'adaptation de l'entreprise et sont ainsi confiants dans l'aptitude de leurs fournisseurs à répondre à leurs exigences. La robotique donne l'image d'une société moderne et la rend plus attractive pour les candidats à un emploi.

Au vu des avantages exposés, la robotisa-

tion est rentable. Elle apporte un gain de productivité, rend l'entreprise plus compétitive et reste une alternative très intéressante à la délocalisation. Il est important de rappeler ici combien associer les salariés à la robotisation, induit une dynamique et une appropriation naturelle du nouvel outil. L'optimisation maximale dans le temps passe par un suivi constant, et les personnes en charge des lignes ont généralement beaucoup de pertinence. Cette démarche est porteuse d'avenir. Elle rajeunit l'idée que l'on se fait du travail en usine et pourrait rendre plus attractifs les métiers manuels.

La sécurité au travail est aujourd'hui au cœur des préoccupations des salariés, les CHSCT (Comités d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail) en sont l'illustration. La robotique est un facteur clé de la transformation des conditions de travail, par la diminution voire la suppression des tâches dangereuses, notamment dans des milieux contraignants comme l'agroalimentaire. L'intérêt de la robotique prend tout son sens dans ce cas de figure, par exemple sur le facteur hygiène.

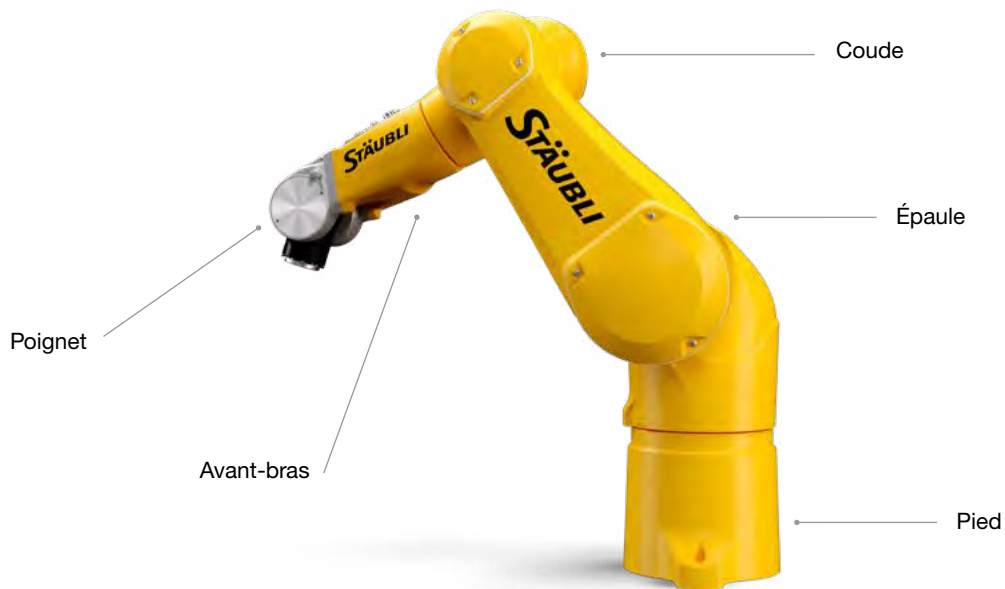


# V. Les différentes familles de robots industriels





On utilise les mêmes termes que pour le corps humain pour nommer les différentes parties d'un robot. En effet, le bras possède trois articulations, une épaule, un coude et un poignet, comme un bras humain.



## Quels sont les différents types de robots industriels ?

### A. Les robots poly articulés 6 axes

Le principe d'un bras robotisé 6 axes repose sur sa capacité à interagir avec la totalité des points qui composent son environnement de travail. De ce fait, il est considéré comme le robot le plus flexible.

De nombreuses tâches peuvent lui être affiliées, quels que soient les environnements de travail.

Grâce à leurs six degrés de liberté, ces robots sont très polyvalents.

Leur compacité et leur flexibilité permettent d'utiliser de manière optimale le volume de travail, par exemple à l'intérieur d'une cellule.



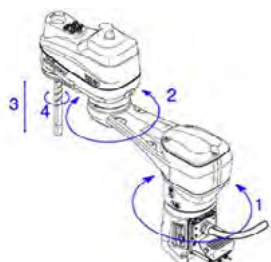
Ils peuvent être fixés de différentes façons (mur, sol, plafond), ce qui facilite d'autant plus leur intégration.





## B. Les robots SCARA ou 4 axes

Avec leurs 4 degrés de liberté, les robots SCARA (**S**elective **C**ompliance **A**ssembly **R**obot **A**rm) sont utilisés pour la manipulation de pièces dans un plan. Ils sont majoritairement utilisés pour des applications dites de « pick and place » (opération de picking).



Grâce à leurs performances, ils sont capables d'atteindre des cadences élevées. Ils possèdent une enveloppe de travail cylindrique ainsi qu'une grande dextérité dans les petits espaces de travail.



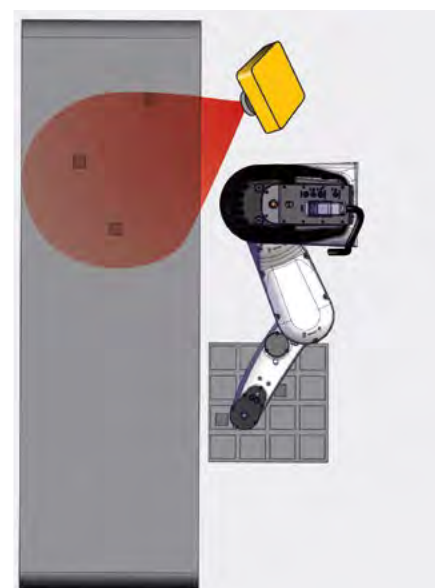
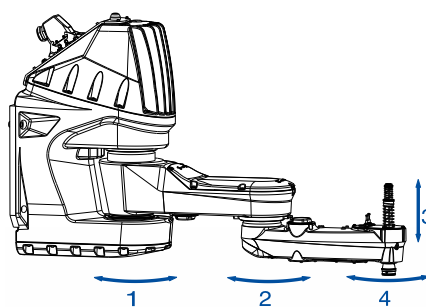
Ils possèdent des modes de fixation multiples (sol, mur, plafond).



## C. Les robots Picker

**Les robots Picker** sont relatifs aux robots SCARA car ils possèdent également 4 degrés de liberté et réalisent les mêmes mouvements. Cependant, un «fast picker» se différencie par sa vitesse de travail élevée (jusqu'à 200 coups par minute).

Les robots Picker se fixent au mur pour favoriser leur intégration au-dessus des convoyeurs.



Cadence élevée

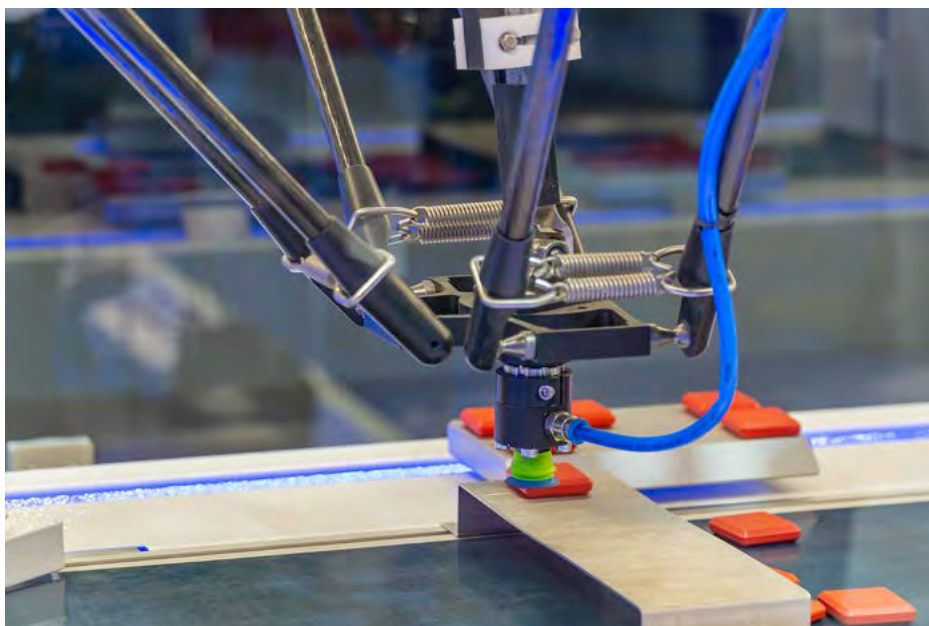
Excellente précision

## D. Les robots parallèles / Delta

Le robot Delta fait partie de la famille des robots parallèles, également appelés hexapodes. Il est composé d'un bras de manipulation formé de 3 parallélogrammes lui conférant légèreté et rapidité.

Cependant, de par sa conception et la taille de son châssis, il ne peut être fixé qu'au plafond sur un châssis, ce qui le rend très encombrant et limite les possibilités d'intégration. Toute cette mécanique en mouvement au-dessus du champ d'action du robot le rend souvent impropre à certaines applications (pollution liée à l'usure des composants du robot).

Dans les applications de pick and place où il est largement utilisé, le robot Delta se trouve systématiquement au-dessus des produits qu'il déplace.



## E. Les robots cartésiens

Un robot cartésien est un robot possédant des articulations dites « prismatiques », utilisées pour la gestion du déplacement de l'outil.

Il utilise également trois rotoïdes pour orienter cet outil.

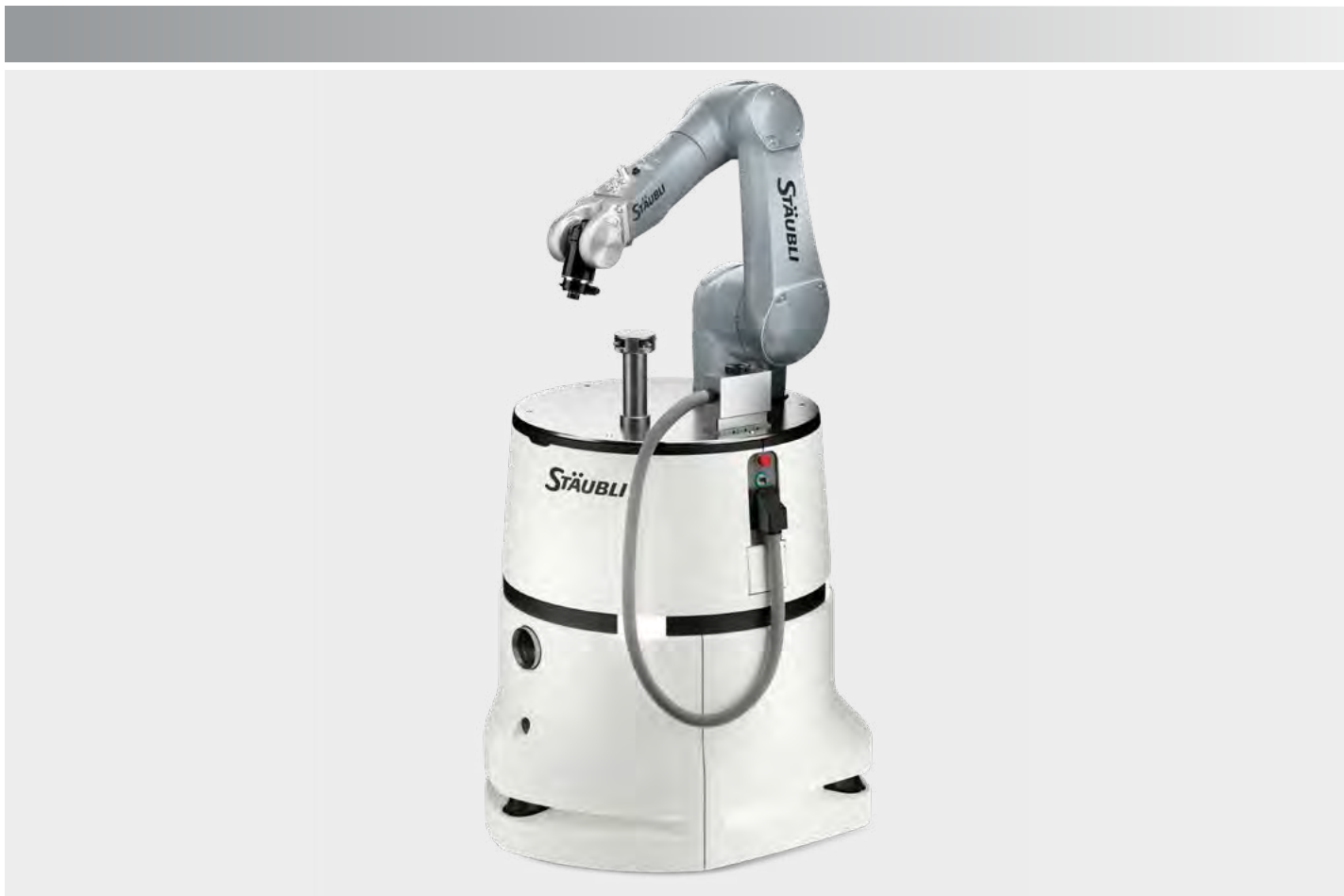
Dans le cas où le robot doit interagir avec un environnement à trois dimensions, il aura besoin de six axes : trois axes prismatiques pour le déplacement et trois rotoïdes pour l'orientation.

Dans un environnement en deux dimensions, il suffit de trois axes : deux pour le déplacement et un pour l'orientation.





## VI. La robotique mobile





## A. Définition de la robotique mobile

Aujourd'hui, il existe une nouvelle génération de systèmes de robots mobiles haute performance, qui fonctionnent de manière totalement autonome.

Ces robots mobiles et véhicules à guidage automatique (AGV) représentent le prochain niveau de collaboration entre l'Homme et la Machine, permettant aux robots d'assurer des tâches de façon entièrement automatisée ou, si besoin, de collaborer aux côtés des Hommes.

L'objectif est d'apporter des solutions flexibles et adaptables pour tous les secteurs d'activités :

- La logistique (solution d'approvisionnement)
- Les opérations de chargement/déchargement de machines
- L'assemblage de pièces en petites, moyennes et grandes séries
- L'utilisation flexible et efficace du robot avec la possibilité d'assurer des déplacements sur différentes applications et opérations
- L'augmentation du retour sur investissement (temps masqué)
- L'automatisation des postes de travail pour réduire les temps d'arrêt



Le robot se déplace tout seul dans un large environnement. Il est contrôlé et/ou autonome.

Il va pouvoir réaliser des mouvements d'un point source à un point destination.

Il existe plusieurs degrés d'automatisation, en fonction du secteur d'activité dans lequel il va se développer.

Voici les différents marchés où sont représentés les robots mobiles :



## B. Les types de déplacement

Les déplacements d'un AGV sont assurés par une unité motrice (exemple ci-contre).

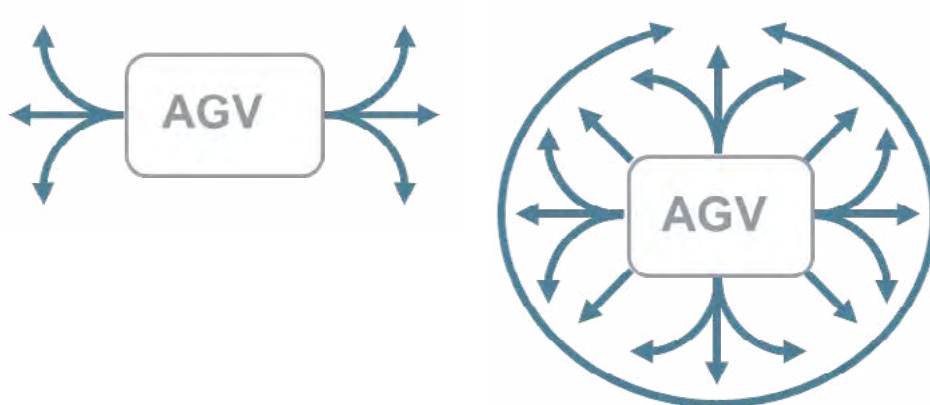


Unité motrice composé de 2 roues et 2 moteurs (câble de communication avec puissance)



Ces unités motrices vont permettre à l'AGV de réaliser différents types de déplacement:

- Une unité motrice = déplacement multi-directionnel
- À partir de 2 unités motrices (si grande plateforme mobile) = déplacement omni-directionnel

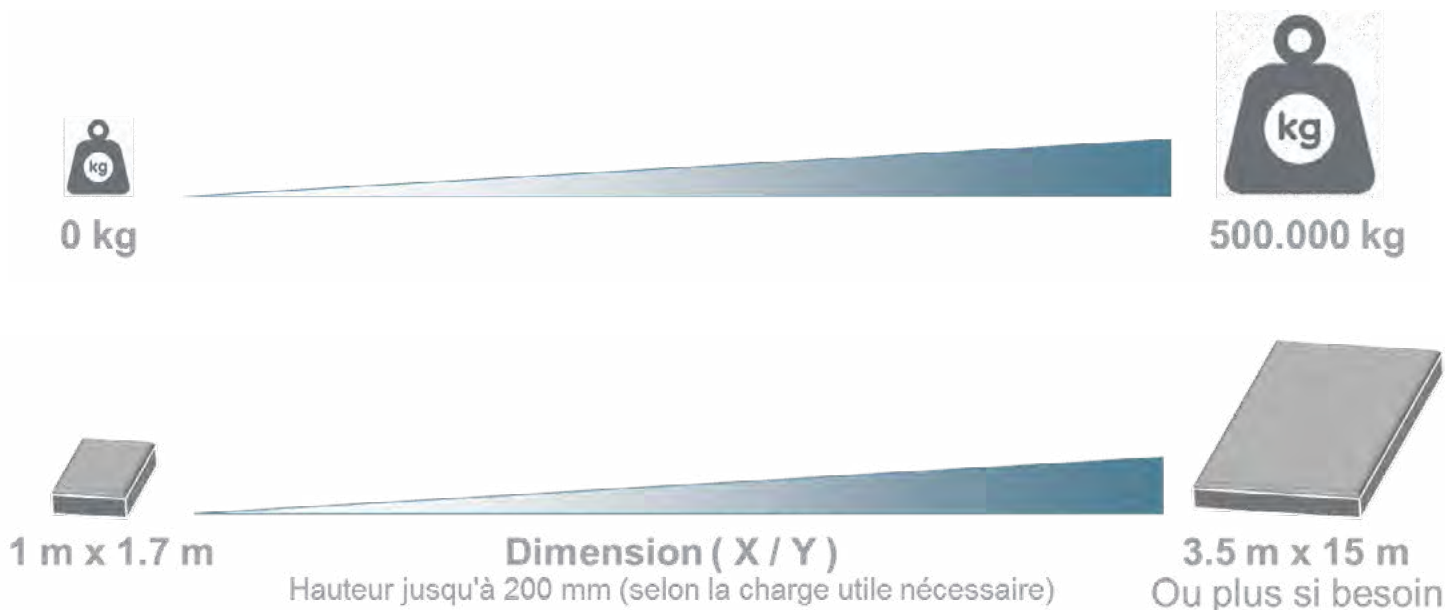


### C. Les familles d'AGV

Il existe plusieurs types d'AGV qui s'adaptent aux besoins des différents marchés de l'industrie :

#### 1. Les plateformes classiques

Elles sont conçues pour déplacer une charge plus ou moins lourde d'un point A à un point B. Ces robots sont capables de déplacer des produits pesant jusqu'à 500 tonnes. Leurs dimensions peuvent varier en fonction des besoins.



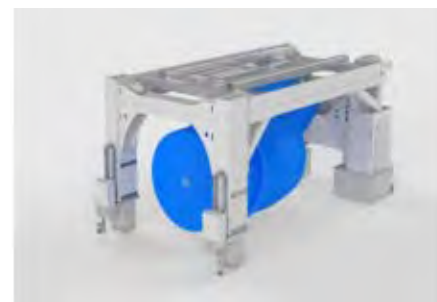
**2. Les plateformes dédiées à la manutention de châssis automobile, containers ou remorques de camions**

Elles sont dotées d'options supplémentaires, comme par exemple installer sur l'AGV une unité de levage complémentaire ou une unité de traction pour remorque.



**3. Les plateformes liées à un secteur d'activité spécifique**

Elles sont développées pour répondre à des besoins très spécifiques, comme par exemple déplacer des turbines d'avion avec une sorte de « grue mobile ».



**4. Les chariots élévateurs automatiques**

Ils sont conçus pour déplacer des palettes ou d'autres produits dans les entrepôts logistiques.

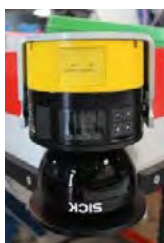


**D. Les systèmes de navigation**

Après les systèmes filoguidés, ou robots mobiles sur rail, de nouvelles technologies facilitent la navigation des AGV.

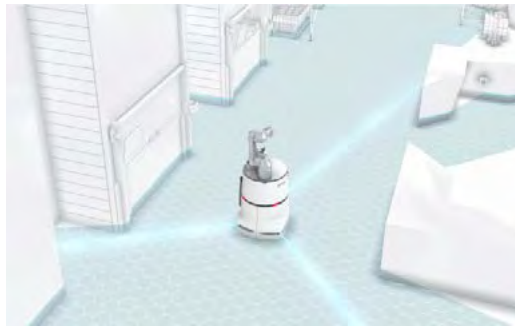
**1. La navigation avec scrutateur laser**

En plus d'assurer la sécurité des hommes autour du système, le scrutateur laser va pouvoir guider un robot mobile.



**Procédure :**

- Cartographie de l'environnement : déplacements en mode manuel (avec télécommande) pour l'apprentissage d'une carte
- Reconstitution de l'environnement sur le logiciel de navigation
- Planification de l'itinéraire et des postes de travail sur ordinateur pour déplacer le robot mobile



**2. La navigation par transpondeur**

L'orientation de l'AGV se fait par la lecture de transpondeur au sol :

- Les routes sont construites à partir de segment (de transpondeur en transpondeur).
- Le véhicule se déplace de segment en segment après lecture de transpondeur.



**3. La navigation par lecture de QR Code**

**Procédure :**

- Les bandes « QR code » doivent être fixées sur le sol.
- Les caméras lisent le code de localisation.
- Le véhicule peut suivre la bande selon le sens des commandes du lecteur.
- Possibilité de combiner ce système de navigation avec les scrutateurs lasers pour améliorer la précision du positionnement.



4. Avantages et inconvénients des différentes technologies de navigation

Type	Avantages de la technologie	Inconvénients
<b>Navigation laser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facile à mettre en œuvre</li> <li>Le client peut adapter les cartographies</li> <li>Moins de matériel nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La convivialité dépend de l'environnement (attention à l'extérieur)</li> <li>Moins robuste à cause du scanner</li> </ul>
<b>Par transpondeur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robuste</li> <li>Utilisable partout</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les itinéraires ne peuvent pas être modifiés</li> <li>Effort d'intégration du transpondeur au sol</li> <li>Ne peut pas être adapté aux changements de zone</li> </ul>
<b>Lecture de QR CODE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très grande précision</li> <li>Utilisable seul ou associé au laser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Effort d'installation du QR code</li> <li>Robuste uniquement lorsque la bande est protégée contre les dommages</li> </ul>

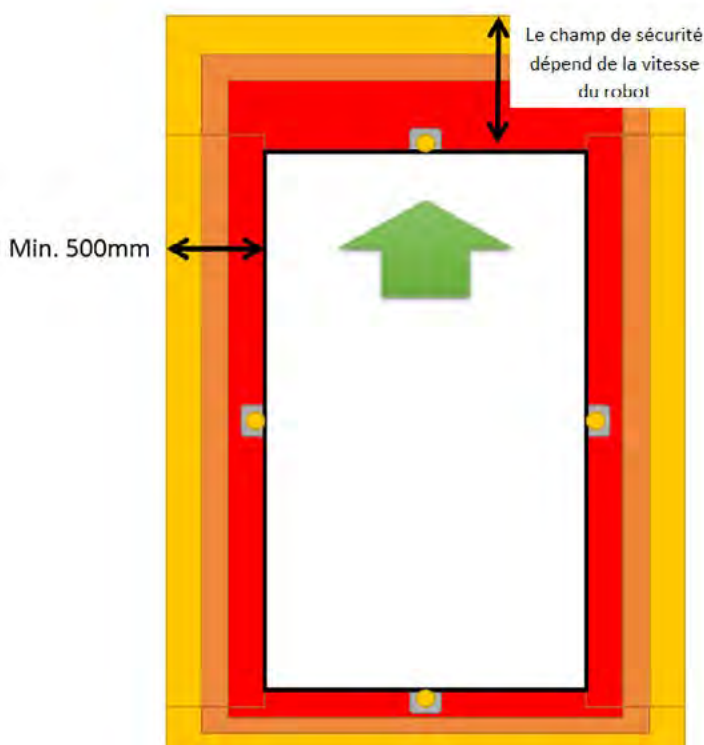
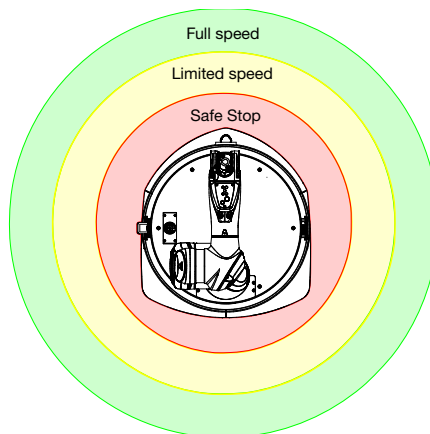
E. La sécurité

Afin de répondre aux normes de sécurité exigées, les systèmes mobiles sont équipés de différents moyens de détection (scrutateurs lasers, caméras), ainsi que de nombreuses fonctions de sécurité leur permettant d'évoluer sans risque dans leur environnement.

La robotique mobile pouvant être collaborative, il faut donc, comme pour les autres familles de robots, protéger les hommes qui travaillent à proximité.

On retrouve les mêmes règles de sécurité présentées dans le chapitre «Sécurité et robotique».

Le champ de sécurité du robot dépendra de sa vitesse : plus l'AGV se déplace rapidement, plus le champ de sécurité évolue pour anticiper l'arrêt du système devant un opérateur.





## F. Exemples d'applications



- Marché : aérospatial
- Application : transport des empennages d'avion en atelier de peinture
- Charge embarquée : 14 000 kg



- Marché : automobile
- Application : manœuvre de remorques de camion
- Charge embarquée : 25 000 kg



- Marché : aéronautique et aérospatial
- Application : transport de turbines d'avion
- Charge embarquée : 20 000 kg



- Marché : fabrication de machines pour le travail des métaux
- Application : transport de fraiseuses
- Charge embarquée : 30 000 kg





## VII. Sécurité et robotique





La réglementation sécurité des machines concerne aussi bien les utilisateurs de machines que les fabricants et les intégrateurs. Souvent un casse-tête, elle est pourtant très importante. En cas d'accident, la responsabilité civile et pénale des toutes les parties peut être engagée.

Cette partie a pour but d'informer sur les exigences principales de la réglementation lorsqu'on intègre un robot. Les exigences sont de deux types :

## A. Historique

En 1989, l'Union Européenne adopte une loi visant à créer des Directives harmonisées pour tous les états membres en définissant des normes de sécurité et de performance, que doivent respecter divers types d'équipements lorsqu'ils sont utilisés dans un pays de l'UE. Le but étant de permettre la libre circulation des produits à l'intérieur de l'Union Européenne, en assurant un niveau élevé et homogène de sécurité.

La première Directive Machines 89/392/CEE est alors créé. Son application doit être effective avant le 31/12/1992 dans l'ensemble des états membres.

À partir de 1995, toutes les machines construites sont obligatoirement soumises au marquage CE.

▪ Concernant les utilisateurs, des exigences d'installation, d'utilisation et de maintenance des équipements de travail sont définies dans le Code du Travail (Article R4323-6 à R4323-20). Par ailleurs, l'article R4322-1 oblige l'employeur au maintien en conformité des équipements de travail et moyens de protections associés.

▪ Concernant les fabricants, il est interdit de mettre sur le marché, (c'est-à-dire de mettre en vente, d'importer, de mettre à disposition ou de céder) une machine non conforme. Les fabricants (ou intégrateurs) doivent, depuis le 29/12/2009, respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité présentes dans la Directive 2006/42/CE. Ces exigences sont transposées dans le droit français dans le Code du Travail.

Cette première directive est modifiée par la suite en 1991 et en 1993 par trois nouvelles directives, créées pour modifier son champ d'application et harmoniser les obligations documentaires des fabricants.

En 1998 est créée la Directive Machine 98/37/CEE afin de rassembler en une directive l'ensemble des exigences précédentes mais sans les modifier.

L'actuelle directive Machines 2006/42/CE est entrée en application le 29 décembre 2009. Ces exigences sont transposées à l'annexe I de l'article R. 4312-1 du Code du Travail.

Les principales différences entre la Directive 2006/42/CE et ses prédécesseurs sont les suivantes :

- Les exigences relatives à l'évaluation du risque sont plus détaillées ;
- Certaines exigences (notamment l'ergonomie et les émissions) sont plus précises, et d'autres qui se limitaient à certaines catégorie de machines (siège, protection contre la foudre) sont désormais applicables à toutes les machines ;
- Les quasi-machines (dont font partie les robots) font désormais partie du périmètre de la Directive et sont définies clairement.

## B. Les principaux risques

### 1. Les risques liés au robot

Les risques liés directement au robot peuvent être multiples. Le schéma ci-contre présente les plus courants :

Risque mécanique :  
Choc avec le robot



Risque mécanique :  
Rupture d'un flexible pneumatique

Risque électrique :  
Contact avec des pièces sous-tension

## 2. Les risques liés à l'intégration

Les risques à évaluer lors de l'intégration sont nombreux. Ils ne dépendent plus uniquement du robot mais de l'ensemble de la cellule robotisée et de son environnement.

Voici quelques-uns des risques les plus souvent rencontrés, ainsi que quelques idées de mesures de prévention à prendre :

Risques	Conséquences humaines	Mesure de prévention
Risques mécaniques	Ecrasement, coupures, chocs avec le robot,...	Respecter les exigences de la Directive sur les protecteurs (§1.4.1 et suivants) et les distances de sécurité préconisées par la norme NF EN ISO 13857:2008
Risque liées aux énergies (électrique, hydraulique ou pneumatique)	Fouettements, chutes de charges, impossibilité de s'arrêter dans les meilleures conditions,...	Définir les pièces sujettes à usures et les fréquences d'inspection et de remplacements, attacher les tuyaux flexibles, utiliser du matériel conforme, utiliser des réserves d'énergie en cas de défaillance d'énergie (onduleur, accumulateur,...)
Risque de rester prisonnier dans la cellule	Ecrasement, choc avec le robot,...	Poignées d'assentiment, scrutateur laser,...
Risques liés à l'ergonomie	Troubles musculo-squelettiques	Pas de cadence contrainte imposée à l'opérateur, inclure un siège si poste permanent devant la machine, les organes de service doivent être à hauteur d'utilisation et si possible réglables, adapter les chargements et évacuations aux recommandations ergonomiques.
Risques de chute ou projection d'objets manutentionnés par le robot	Chocs, coupures...	Protecteurs adaptés autour de la cellule, pince du robot adaptée à l'objet manutentionné...
Risque de perte de stabilité	Retournements, écrasement, ...	Utiliser le mode de déplacement du robot pour le transport, évaluer le point de gravité de l'îlot pour le dessin du châssis...

## C. La conformité machine selon la Directive 2006/42/CE dite «Machine»

La nouvelle Directive «Machine» parue en 2006, applicable au 29/12/2009, n'a pas grandement modifié les exigences de ces prédécesseurs. L'un des grands changements réside dans l'évaluation des risques qui doit désormais faire partie du dossier technique de la machine, mais le changement le plus important reste l'élargissement du champ d'application.

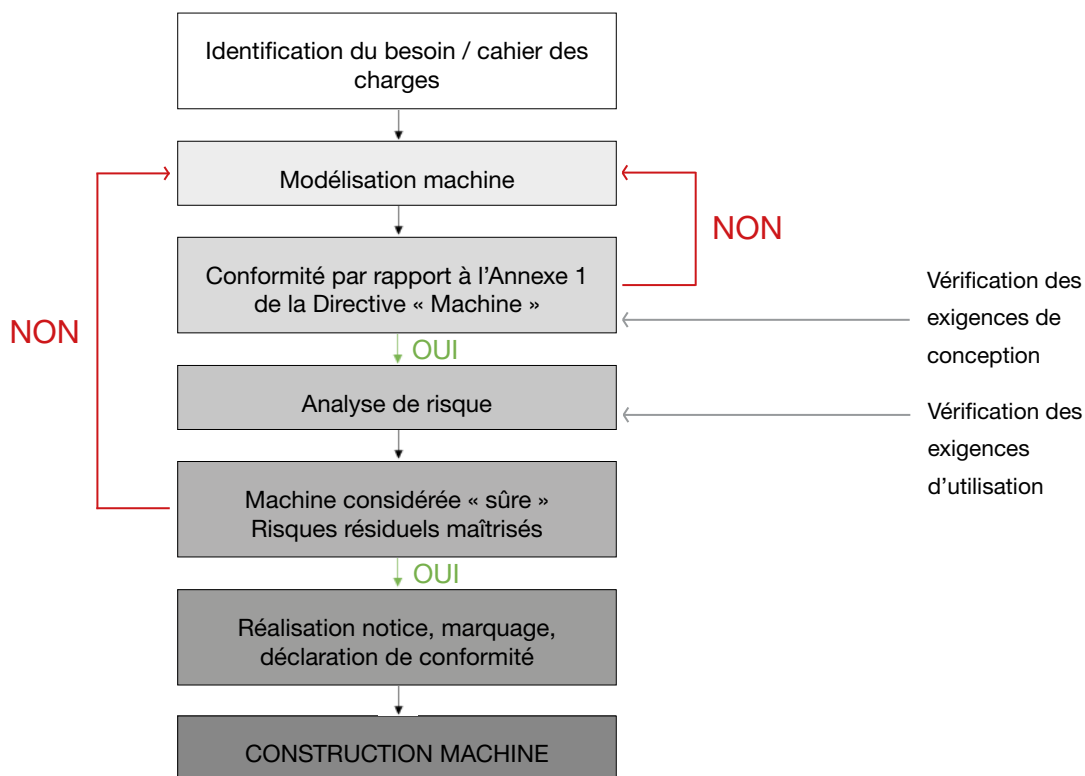
Désormais les accessoires de levage, mais surtout les quasi-machines dont font partie les robots, doivent répondre aux exigences essentielles de santé et de sécurité présentes dans la Directive. Excepté pour les machines présentes dans la liste de l'annexe IV de la Directive

Machine qui nécessitent l'intervention d'un organisme notifié, le fabricant peut réaliser une auto-certification CE de sa machine. Le processus d'auto-certification CE ne consiste pas uniquement à appliquer le logo CE sur la machine. Il faut avoir, préalablement à l'application de ce logo, répondu à l'ensemble des exigences de conception, d'utilisation et documentaires présentes dans l'annexe 1 de la Directive. La figure 1 propose un déroulé conseillé du processus d'auto-certification.

Réaliser ce travail en amont de la construction de la machine permet d'optimiser le temps et les coûts en étant sûr d'avoir mis au point une machine sécurisée.

### Aides documentaires

- Guide d'application de la Directive machine – Commission européenne entreprises et industrie
- Document INRS ED6122 : Sécurité des équipements de travail - Prévention des risques mécaniques - publié en 09/2018
- Document INRS ED4450 : Sécurité des machines CE neuves. Grille de détection d'anomalies - publié en 07/2013
- Document INRS ED6313 : Sécurité des machines - principe de conception des systèmes de commande - publié en 02/2019
- Norme NF EN ISO 12100 : Sécurité des machines - Principes généraux de conception
- Norme NF EN ISO 13849 : Sécurité des machines – Partie des systèmes de commandes relatives à la sécurité



## 1. L'évaluation des risques

L'obligation d'évaluation des risques est présente dès le début de la Directive Machine.

**Extrait de la Directive 2006/42/CE (ANNEXE I - Exigences essentielles de santé et de sécurité relatives à la conception et à la construction des machines - PRINCIPES GÉNÉRAUX) :**

Par le processus itératif d'évaluation et de réduction des risques visé ci-dessus, le fabricant ou son mandataire :

- Détermine les limites de la machine, comprenant son usage normal et tous mauvais usages raisonnablement prévisibles.

- Recense les dangers pouvant découler de la machine et les situations dangereuses associées.
- Estime les risques, compte tenu de la gravité d'une éventuelle blessure ou atteinte à la santé et de leur probabilité.
- Évalue les risques, en vue de déterminer si une réduction des risques

est nécessaire, conformément à l'objectif de la présente directive.

- Élimine les dangers ou réduit les risques associés à ces dangers en appliquant des mesures de protection (ou à défaut informer les utilisateurs).

Il n'existe pas de modèle d'évaluation des risques fixés. C'est au fabricant de la machine de s'assurer que tous les risques dans toutes les phases de fonctionnement et pour tous les usages (y compris les mauvais usages raisonnablement prévisibles) ont bien été pris en compte.

Une des méthodologies possible est la suivante :

- On liste tous les endroits où une intervention humaine est possible
- On liste tous les intervenants sur machines possibles (Opérateur, régleur, maintenance,...)

- On liste tous les modes de fonctionnement possibles (production, nettoyage, maintenance,...)

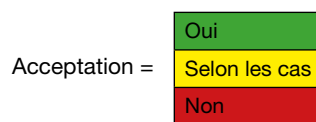
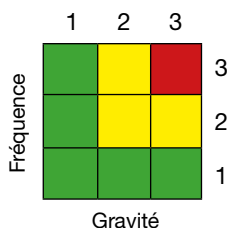
Pour chacune des combinaisons possibles (lieu, intervenant, fonctionnement) :

- Quelle est la configuration de la machine à ce moment ? (mode auto, manuel...)
- Quelles sont les énergies actives ? (électrique, pneumatique, hydraulique...)

On en déduit le risque possible et on cote la fréquence possible d'apparition du risque et la gravité potentielle de l'accident :

Fréquence	Note	Gravité
<b>TRÈS FAIBLE :</b> Composant très fiable, historique d'accidents nul, indépendant des facteurs humains	<b>1</b>	<b>MINEURE :</b> Piqûre, hématome
<b>MOYEN :</b> Composant fiable, dépendant du facteur humain, historique d'accidents faible	<b>2</b>	<b>SIGNIFICATIVE :</b> Coupure profonde, corps étranger dans l'oeil, fracture, entorse, brûlure superficielle
<b>ÉLEVÉE :</b> Historique d'accidents élevé, composants peu fiables ou méconnus, très dépendant du facteur humain	<b>3</b>	<b>MAJEURE :</b> Handicap, amputation, brûlure et intoxication majeures, maladie professionnelle, décès

L'acceptation du risque est ensuite définie selon la note obtenue de la façon suivante :



Si le risque n'est pas acceptable, alors le constructeur doit modifier sa machine en tenant compte des exigences suivantes :

**Extrait de la Directive 2006/42/CE :**

§1.1.2 – Principe d'intégration de la sécurité

En choisissant les solutions les plus adéquates, le fabricant ou son mandataire doit appliquer les principes suivants, dans l'ordre indiqué :

- Éliminer ou réduire les risques dans toute la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la

construction de la machine).

- Prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés.
- Informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptée.

- Indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle.

**2. Principales exigences de conception**

Le but de cette partie est de présenter quelques unes des exigences les plus communes de la Directive, que peuvent rencontrer les fabricants de machines robotisées et les intégrateurs, à l'issue de

leur évaluation des risques. Cette partie ne se substitue aucunement à la Directive 2006/42/CE dont elle ne reprend que quelques extraits.

**La conformité d'une machine est l'obligation du constructeur à répondre à l'ensemble des exigences de la Directive.**



**Ergonomie :**

**Extrait de la Directive 2006/42/CE :**

§1.1.6 – Ergonomie

Dans les conditions prévues d'utilisation, la gêne, la fatigue et les contraintes physiques et psychiques de l'opérateur doivent être réduites au maximum compte tenu des principes ergonomiques suivants :

- Tenir compte de la variabilité des opérateurs en ce qui concerne leurs données morphologiques, leur force et leur résistance.
- Offrir assez d'espace pour les mouvements des différentes parties du corps de l'opérateur.
- Éviter un rythme de travail déterminé par la machine.
- Éviter une surveillance qui nécessite une concentration prolongée.
- Adapter l'interface Homme-machine aux caractéristiques prévisibles des opérateurs

Les exigences liées à l'ergonomie sont plus précises dans la Directive 2006/42/CE qu'elles ne l'étaient auparavant.

L'installation d'un robot sur une machine existante permet bien souvent de répondre à cette exigence en supprimant de la manutention humaine. Néanmoins, lors de l'intégration du robot, il faudra prendre en compte les exigences citées précédemment, auxquelles peuvent s'ajouter les suivantes :

- Les panneaux de commande et de visualisation doivent être accessibles facilement à hauteur humaine et sans nécessiter une fatigue excessive. Si possible, adapter un bras télescopique dessus afin de permettre l'adaptation à toutes les morphologies.
- Les postes de travail permanent devant la machine devront être équipés (si possible) de sièges, assurant à l'opérateur une position stable et des organes de service facilement accessibles.
- Les postes de travail permanent ne devront pas avoir de bords saillants, coupants, vifs ou douloureux à l'appui prolongé. Le cas échéant, une bordure en mousse ou un support de soutien de l'avant-bras pourra être installé.

**Protecteur et distance de sécurité :**

La Directive distingue deux types d'éléments mobiles :

- Les éléments mobiles de transmission (sangles, courroies, poulies...)
- Les éléments mobiles concourant au travail.

Elle impose que les éléments mobiles de la machine soient conçus et construits de manière à éviter les risques de contact qui pourraient entraîner des accidents ou, lorsque des risques subsistent, être munis de protecteurs ou de dispositifs de

protection.  
Il existe plusieurs sortes de protecteurs et dispositifs de protections possibles, mais ils doivent tous respecter les exigences énumérées ci-dessous.

**Extrait de la Directive 2006/42/CE :**

§1.4.1 – Exigences de portée générale

Les protecteurs et les dispositifs de protection :

- Doivent être de construction robuste
- Doivent être solidement maintenus en place
- Ne doivent pas occasionner de dangers supplémentaires
- Ne doivent pas facilement être contournés ou être rendus inopérants
- Doivent être situés à une distance suffisante de la zone dangereuse
- Doivent restreindre le moins possible la vue sur le cycle de travail
- Doivent permettre les interventions indispensables pour la mise en place et/ou le remplacement des outils ainsi que pour l'entretien, en limitant l'accès exclusivement au secteur où le travail doit être réalisé, et si possible, sans démontage du protecteur ou neutralisation du dispositif de protection.

En outre dans la mesure du possible, les protecteurs doivent assurer une protection contre l'éjection ou la chute de matériaux et d'objets ainsi que contre les émissions produites par la machine.

Le tableau suivant présente les différents types de protecteurs et leurs utilisations :

Type de protecteur	Utilisé pour	Exemples	Exigences
<b>Protecteur fixe</b>	Éléments mobiles de transmission, éléments mobiles concourant au travail	Grillage, polycarbonate indémontable, paroi en verre,...	Fixés au moyen de systèmes qui ne peuvent être ouverts ou démontés qu'avec des outils. Les systèmes de fixation doivent rester solidaires des protecteurs ou de la machine lors du démontage des protecteurs. Ils ne doivent pas pouvoir rester en place en l'absence de leurs fixations.
<b>Protecteur avec dispositif de protection</b>	Éléments mobiles de transmission uniquement si des interventions fréquentes sont prévues, éléments mobiles concourant au travail	Porte avec sécurité de porte mécanique ou magnétique,...	Rester solidaires de la machine lorsqu'ils sont ouverts, Être conçus et construits de façon à ce que leur réglage nécessite une action volontaire. Le dispositif de verrouillage doit : Empêcher la mise en marche de fonctions dangereuses de la machine jusqu'à ce qu'ils soient fermés; Donner un ordre d'arrêt dès qu'ils ne sont plus fermés.
<b>Protecteur réglable</b>	Éléments mobiles concourant au travail ne pouvant être rendus inaccessibles pendant leur fonctionnement en raison des interventions de l'opérateur	Carter de protection des mèches de perceuse à colonne ou des lames de scie de découpes de barres	Limiter l'accès aux parties des éléments mobiles strictement nécessaires au travail. Pouvoir être réglés manuellement ou automatiquement selon la nature du travail à réaliser. Pouvoir être réglés aisément sans l'aide d'un outil.
<b>Dispositif de protection</b>	Éléments mobiles concourant au travail	Barrières immatérielles, scrutateur laser, caméra de détection, poignées d'assentiment,...	Conçus et incorporés au système de commande de manière à ce que : Les éléments mobiles ne puissent être mis en mouvement aussi longtemps que l'opérateur peut les atteindre. Les personnes ne puissent atteindre les éléments mobiles tant qu'ils sont en mouvement. L'absence ou la défaillance d'un de leurs organes empêche la mise en marche ou provoque l'arrêt des éléments mobiles. Le réglage des dispositifs de protection doit nécessiter une action volontaire.

### Organes de service :

Les organes de service sont tous les boutons, manettes, commandes... qui servent au fonctionnement de la machine. Voici les points importants à retenir concernant les organes de services :

- Doivent être visibles et identifiables, dans la langue du pays d'utilisation ou avec des pictogrammes. Il n'y a pas de couleur imposée dans la Directive, mais

dans la pratique, il existe des couleurs préférentielles :

- Rouge : Urgence
- Jaune/orange : anormal
- Vert : normal
- Bleu : obligatoire
- Blanc : neutre
- A proximité des postes de travail mais hors des zones dangereuses
- Manœuvre sûres et sans équivoque (un bouton = une fonction)
- Visibilité sur l'ensemble du poste de travail
- Eviter toute manœuvre non-intentionnelle (capotage manettes et pédales)

**Extrait de la Directive 2006/42/CE :**

§1.2.2 – Organes de service

Depuis chaque poste de commande, l'opérateur doit pouvoir s'assurer qu'il n'y ait personne dans les zones dangereuses, ou alors le système de commande doit être conçu et construit de manière à ce que la mise en marche soit impossible, tant qu'une personne se trouve dans la zone dangereuse.

Si aucune de ces possibilités n'est applicable, un signal d'avertissement

sonore et/ou visuel doit être donné avant la mise en marche de la machine.

Les personnes exposées doivent avoir le temps de quitter la zone dangereuse ou d'empêcher le démarrage de la machine.

Si nécessaire, des moyens doivent être prévus pour que la machine ne puisse être commandée qu'à partir des postes de commande, situés dans une ou plusieurs

zones ou emplacements prédéterminés.

Quand il y a plusieurs postes de commande, le système de commande doit être conçu de façon à ce que l'utilisation de l'un d'eux empêche l'utilisation des autres, sauf en ce qui concerne les dispositifs d'arrêt et d'arrêt d'urgence.

Une attention particulière doit être portée sur les actions de :

- Mise en marche qui ne doit pouvoir s'effectuer que par une action volontaire ou automatique, si cela n'entraîne pas de situation dangereuse
- Arrêt qui doit pouvoir s'effectuer

complètement et en toute sécurité. L'ordre d'arrêt doit être prioritaire sur l'ordre de mise en marche. L'alimentation en énergie des actionneurs doit être interrompue.

- Arrêt d'urgence qui doit stopper le processus dangereux aussi rapidement

que possible sans occasionner de risque supplémentaire (attention aux casses d'outils et projections d'éléments!). L'arrêt d'urgence doit être commun à un ensemble de machines, si le maintien en fonctionnement d'une partie peut occasionner des dangers.

**Sécurité et fiabilité des systèmes de commandes :**

**Extrait de la Directive 2006/42/CE :**

§1.2.1 – Sécurité et fiabilité des systèmes de commande

Les systèmes de commande doivent être conçus et construits de manière à éviter toutes situations dangereuses.

- À ce qu'une défaillance du matériel ou du logiciel du système de commande n'entraîne pas de situation dangereuse.

- À ce que des erreurs affectant la logique du système de commande n'entraînent pas de situation dangereuse.

Une fonction de sécurité est définie par une entrée, un traitement logique et une sortie. La défaillance de l'un de ces composants peut entraîner un risque pour la sécurité des opérateurs. L'évaluation de la fiabilité du système de commande et de la chaîne de sécurité peut être très difficile pour le fabricant et l'intégrateur. La Méthode proposée par la norme NF EN ISO 13849-1 est la sui-

vante : la norme NF EN ISO 13849-1, reprise par la publication INRS ED6313, propose une méthodologie basée sur les niveaux de performances (PL : Performance Level) de la chaîne de sécurité, qui dépendent du temps moyen avant défaillance dangereuse des composants (MTTFd : mean time to dangerous failure) et de la couverture de diagnostic (DC) du système.

Le niveau de performance atteint (PL) doit être supérieur au niveau de performance requis (PLr : Performance Level Required). L'annexe A de la norme NF EN ISO 13849-1 décrit une méthode pour la détermination du PLr (voir figure 1).

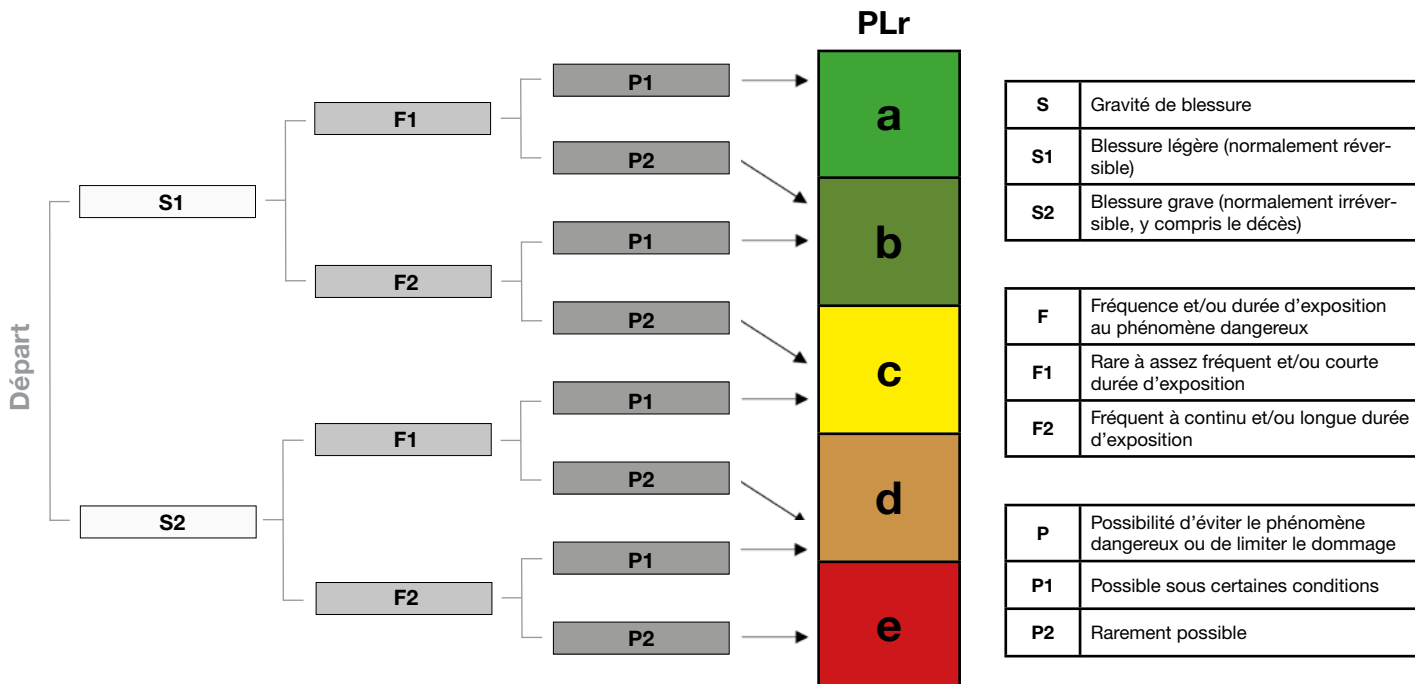


Figure 1 : Illustration du graphique de détermination du PLr tiré de la norme NF EN ISO 13849-1

Une fois le PLr obtenu, il faut déduire le PL des données constructeurs pour le comparer au PLr. Pour chacune des fonctions sécurité de la machine, on liste les composants la constituant :

- Entrée : capteurs, sécurité de portes, barrières immatérielles...
- Traitement logique : relais de sécurité, automate...
- Sortie : carte sécurité du robot, pompe, moteur, actionneurs...

Si les composants sont certifiés, les valeurs nécessaires (SIL ou PL/PHD) sont connues. Sinon, la norme propose plusieurs

méthodes de calcul pour l'estimation du PL en fonction des données constructeurs (MTTFd, B10d, DC...) ou du type de matériel.

Une fois les PL de chaque composant connu, on peut en déduire le PL de la chaîne de sécurité et le comparer au PLr qui doit être inférieur.

Des logiciels sont disponibles pour aider les fabricants et intégrateurs à la définition de leurs fonctions de sécurité. Le plus connu est SISTEMA. Il provient de l'Institut de Prévention allemand IFA et a été traduit en français par le CETIM. De nombreux

constructeurs de composants ont créé leur bibliothèque SISTEMA afin de faciliter le remplissage des données constructeurs. Mais le PL ne doit pas être le seul élément de calcul. Il faut aussi prendre en compte l'environnement d'installation de la machine (zone ATEX, environnement huileux ou agressif...) et mettre en place les composants adaptés.

Le diagramme de la figure 2 propose un schéma synthétique d'évaluation de fiabilité du système de commande :

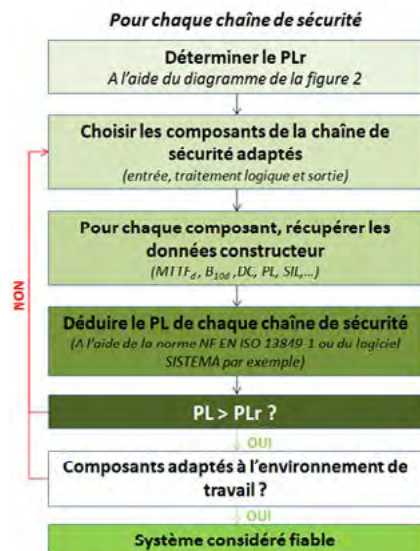


Figure 2 : Diagramme possible d'évaluation de la fiabilité d'un système de commande

NB : La norme NF EN 62061 proposait une estimation du niveau de sécurité par le SIL. Il existe une équivalence entre le SIL et le PL dans la norme NF EN ISO 13849-1 (voir figure 3).

PL	SIL
a	pas de correspondance
b	1
c	1
d	2
e	3

Figure 3 : Correspondance entre le PL et le SIL - extrait de la norme NF EN ISO 13849-1

### 3. Principales exigences d'information

Il existe plusieurs types d'informations imposées par la Directive.

Les principales exigences applicables à toutes les machines sont présentées dans le tableau de la figure 4 :

Type d'information	Exigences de la Directive	Référence dans la Directive
<b>Nécessaires à la conduite de la machine</b>	De préférence sous forme de symboles ou pictogrammes faciles à comprendre ou dans la ou les langue(s) comprise(s) par les opérateurs du lieu de mise en service Facilité d'utilisation et de compréhension Pas d'informations excessives qui surchargent l'opérateur	§ 1.7.1
<b>Dispositif d'alerte (en cas de fonctionnement défectueux sur une machine qui fonctionne sans surveillance)</b>	Avertissement sonore ou lumineux adéquat Doivent être facilement perçus Des mesures doivent être prises pour pouvoir vérifier leur fonctionnement à tout moment	§ 1.7.1.2
<b>Risques résiduels</b>	Dispositifs d'avertissement (pictogrammes, symboles...) doivent être prévus	§ 1.7.2
<b>Marquage des machines</b>	Visible, lisible et indélébile et doit contenir : - la raison sociale et l'adresse complète du fabricant et, le cas échéant, de son mandataire, - la désignation de la machine, - le marquage «CE», - la désignation de la série ou du type, - le numéro de série s'il existe, - l'année de construction, à savoir l'année au cours de laquelle le processus de fabrication a été achevé Si la machine peut être utilisée en atmosphère explosible, cela doit être mentionné Si la machine doit être manutentionnée pendant son utilisation avec des moyens de levage, sa masse doit être indiquée	§ 1.7.3

Figure 4 : Principales exigences d'information

Des exigences supplémentaires liées au type de la machine sont présentes dans les autres parties de la Directive. Par exemple : la charge maximale d'utilisation pour les machines servant au levage, les efforts de traction et la puissance nominale pour les machines mobiles...

#### 4. Principales exigences documentaires

Il existe trois principales exigences documentaires qui sont répertoriées dans le tableau de la figure 5 :

Exigence documentaire	Exigences de la Directive	Obligation de remise au client ?
Dossier technique	Doit respecter l'annexe VII de la Directive	Non
Notice d'instruction	Doit respecter le paragraphe 1.7.4 de la Directive	Oui
Déclaration de conformité	Doit respecter l'annexe II de la Directive	Oui

Figure 5 : Principales exigences documentaires

#### D. Cas particulier

##### L'intégration d'un robot sur une machine existante

L'intégration d'un robot sur une machine existante peut être très difficile selon l'ancienneté de la machine.

Dans tous les cas, l'employeur qui réalise ou fait réaliser une opération de modification sur une machine doit s'assurer que la machine modifiée reste en conformité avec les règles techniques qui lui sont applicables, à savoir :

- Pour les machines ne comportant pas de marquage CE (car non soumise au moment de leur mise sur le marché) : Article R. 4324-1 à R. 4324-23 du Code du Travail.

- Pour les machines soumises au marquage CE, mises sur le marché :
  - Entre le 1/1/1995 et le 28/12/2009 : la Directive 89/392/CE et ses modifications ou la Directive 98/37/CE selon la date de mise en service
  - A partir du 29/12/2009 : la Directive Machines 2006/42/CE transposée à l'annexe prévue de l'article R. 4312-1 du Code du Travail.

Par ailleurs, il doit également :

- Analyser les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs liés à la modification

- Constituer un dossier de modification afin d'assurer la traçabilité
- Mettre à jour la notice d'instruction et éventuellement les fiches de poste
- Informer et former les travailleurs des nouvelles conditions d'utilisation de la machine modifiée et des risques inhérents.

Pour l'intégrateur qui ajoute un robot sur une machine existante, il faudra être vigilant aux chaînes de sécurité, et en particulier les arrêts d'urgence, qui doivent arrêter l'ensemble des machines si des risques subsistent.

##### Aides documentaires

Guide technique du 18 Novembre 2014 relatif aux opérations de modification des machines en service – Ministère du Travail  
Document INRS ED6289 – Amélioration des machines en service – publié en 12/2017

## VIII. La robotique collaborative







Aujourd'hui, la collaboration entre l'Homme et la machine devient une réalité.

La collaboration Homme-robot n'est plus une simple idée mais une nécessité. Les humains et les robots doivent travailler ensemble comme une équipe et non comme des concurrents. Les robots doivent

travailler pour l'Homme, leur épargner des tâches fastidieuses et améliorer leur sécurité.

Les principes mêmes de la robotique collaborative se sont fondés avec l'idée de supprimer les barrières dans le travail, aider l'Homme à garder le contrôle total des

opérations et ajouter de la valeur au travail humain au sein des entreprises.

Ce chapitre a pour but de définir et présenter la robotique collaborative en abordant les différents niveaux de collaboration et de sécurité existants.

## A. Qu'est-ce qu'un robot collaboratif ?

Selon l'IFR, les robots industriels collaboratifs ou «cobots» sont conçus pour exécuter des tâches dans le même espace de travail qu'un travailleur humain. La bande passante va d'un espace de travail partagé sans contact direct entre l'homme et le robot ou sans synchronisation des tâches,

à un robot qui ajuste son mouvement en temps réel et au mouvement d'un travailleur humain individuel.

Évidemment, cette caractérisation des applications collaboratives est très large, par conséquent l'IFR a rétréci la définition d'un robot industriel collaboratif et offre la déli-

mitation suivante par rapport aux robots industriels traditionnels : un robot industriel collaboratif est un robot industriel conçu conformément à la norme ISO 10218-1 et destiné à un usage collaboratif.

Dans les cas où la collaboration entre l'opérateur et le robot nécessite absolument un contact, une gamme de robot spécifique peut être intégrée. Cette gamme se caractérise par des matériaux légers, des contours arrondis, un rembourrage, des peaux (rembourrage avec capteurs intégrés) et des capteurs à la base du robot.

### PEAU SENSIBLE SAFE

- La peau apporte une fonctionnalité supplémentaire :
  - arrêt du robot au contact de la peau
  - pas d'écrasement possible
  - présence de voyants d'état pour le diagnostic fonctionnel

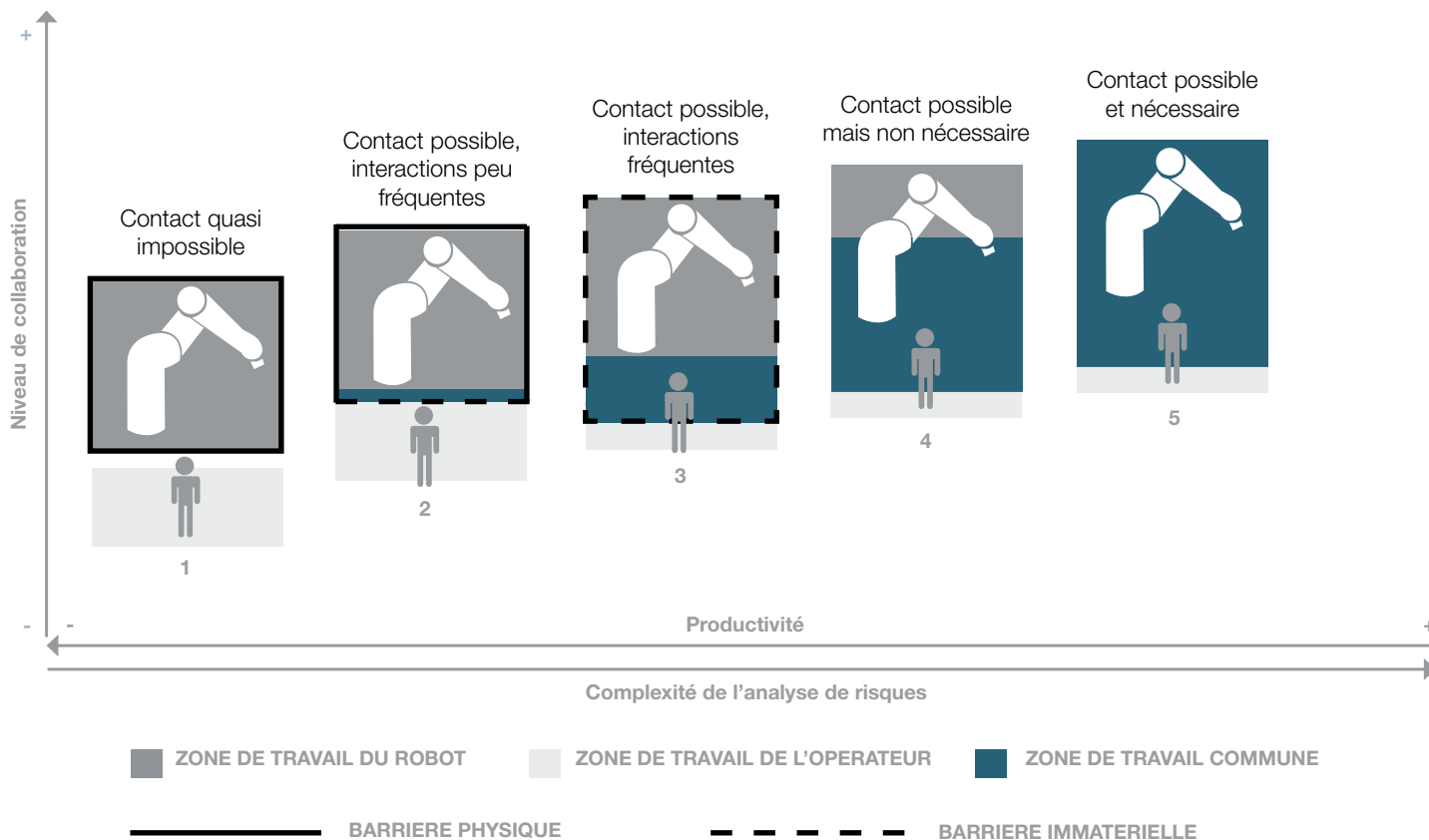
### COÛT TOTAL DE POSSESSION RÉDUIT (TCO)

- Concept prêt à l'emploi, pas besoin de calibration
- Pas de batterie sur le bras ou sur le contrôleur
- Composants brevetés : réducteurs JCS permettant une importante durée de vie et une maintenance réduite
- Retour sur investissement rapide
- Faible consommation d'énergie de par la conception du robot et la récupération des énergies



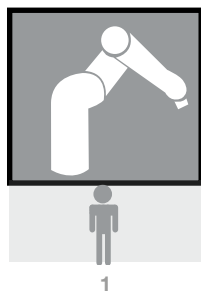
## B. Les niveaux de collaboration Homme-machine

Un robot collaboratif est un robot conçu pour travailler à proximité des opérateurs ou en relation directe avec eux. Ces interactions peuvent être de plusieurs types

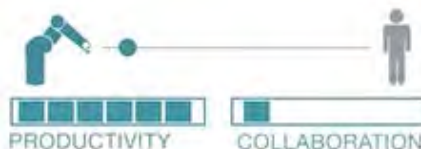


- 1 : cellule "traditionnelle" avec séparations physiques (barrières)
- 2 : approvisionnement occasionnel de pièces par l'opérateur dans la zone commune
- 3 : assistance mutuelle opérateur-robot dans la zone commune
- 4 : tâche opérateur dans la zone robot sans coopération (robot en mouvement, de manière ralentie)
- 5 : tâche coopérative entre l'opérateur et le robot (robot en mouvement, de manière ralentie)

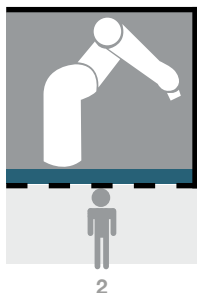
### 1. Aucune collaboration entre l'Homme et le robot



Dans ce cas de figure, le robot est enfermé dans une cellule « traditionnelle » avec des séparations physiques (barrières). Le contact est impossible entre l'homme et le robot.



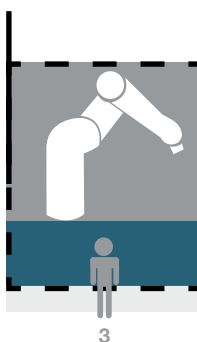
2. Collaboration indirecte faible



À ce niveau, la collaboration commence mais reste relativement faible. L'homme et le robot travaillent à tour de rôle dans le même espace de travail. Il s'agit par exemple de tâches telles que l'approvisionnement occasionnel de pièces par l'opérateur dans une zone commune.



3. Collaboration indirecte plus fréquente



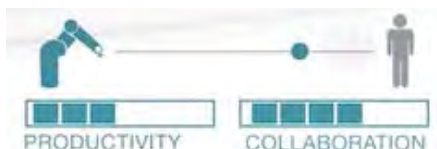
La collaboration indirecte peut être plus fréquente dans ce cas de figure, avec des allers-retours plus fréquents de la part de l'Homme dans l'espace de travail du robot.



4. Partage de l'espace de travail



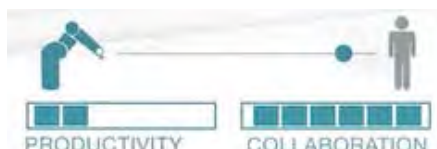
L'homme et le robot concourent à la réalisation de tâches distinctes dans un même environnement (partage d'un espace de travail). Le contact est possible mais non nécessaire pour la tâche à réaliser. Le robot ralentit sa vitesse d'exécution mais ne s'arrête pas. Le robot et l'opérateur travaillent à proximité mais pas sur la même tâche.

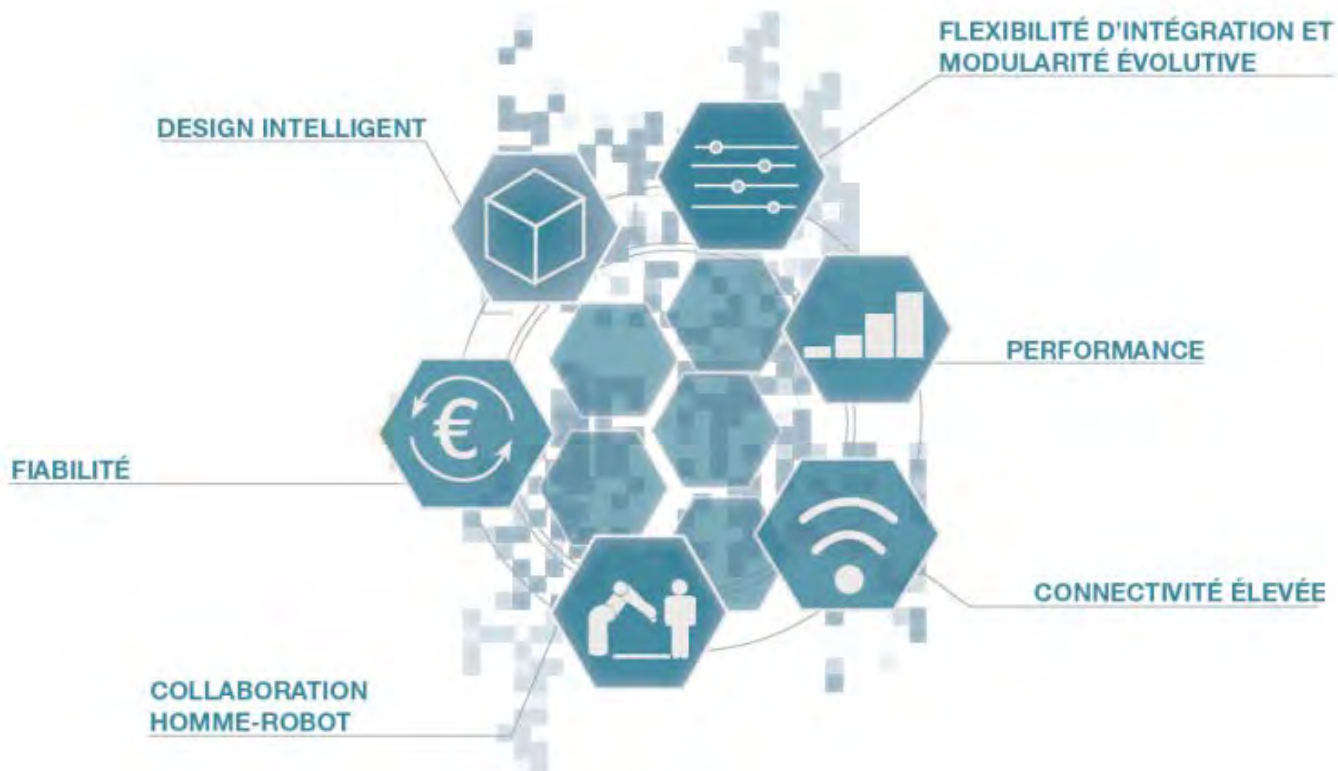
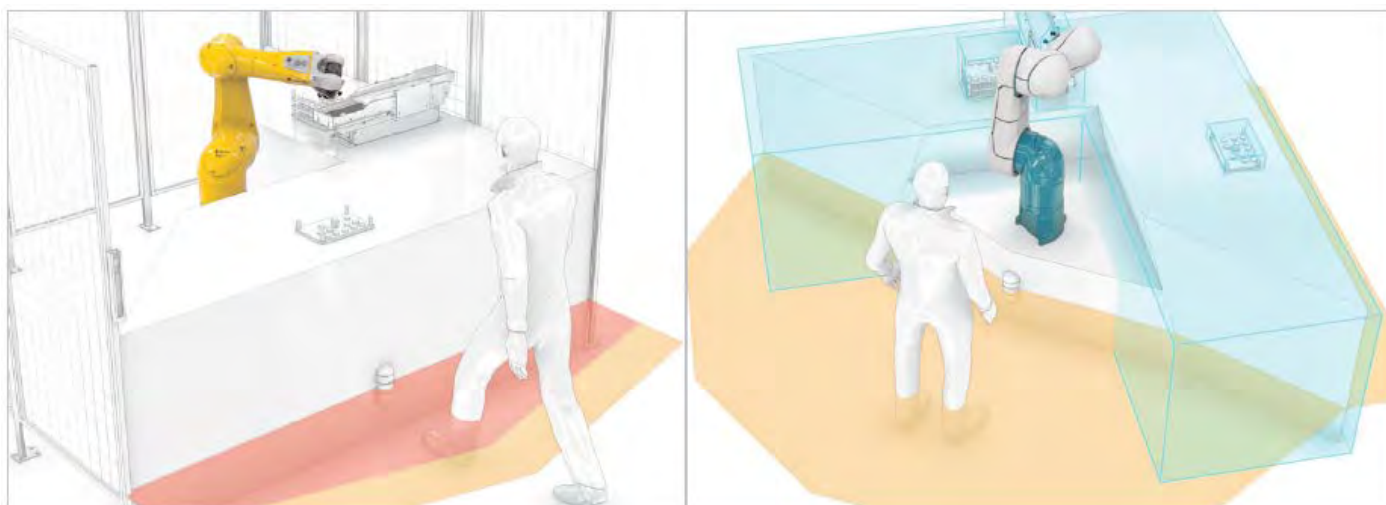


5. Collaboration directe



L'Homme et le robot travaillent simultanément à la réalisation d'une tâche commune (collaboration directe). Le robot fonctionne au ralenti et peut même s'arrêter au contact de l'Homme.





## C. La sécurité en robotique collaborative

Les robots collaboratifs sont de plus en plus présents dans les sociétés. Ils permettent une interaction directe avec les salariés, évitent certains arrêts de production et permettent un gain de place par l'absence de cartérisation.

Mais leur mise en œuvre est limitée. Du fait de l'interaction directe avec l'opérateur, les vitesses ainsi que le poids de la charge embarquée doivent être faibles.

### Aides documentaires :

Guide de prévention pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées – Ministère du Travail

### 1. Éléments de sécurité

Mesures de prévention	Définition de la norme
L'arrêt nominal de sécurité contrôlé	« S'il n'y a aucune personne dans l'espace de travail coopératif, le robot fonctionne de façon autonome. Si une personne entre dans l'espace de travail coopératif, le robot doit arrêter son mouvement et maintenir un arrêt contrôlé nominal de sécurité conforme à la norme NF EN ISO 10218-1 pour permettre l'interaction directe d'un opérateur et du robot (par exemple chargement d'une pièce sur le terminal). »
Le guidage manuel	« Le fonctionnement guidé manuellement doit être autorisé sous réserve des exigences suivantes: a) quand le robot atteint la position de guidage manuel, un arrêt contrôlé nominal de sécurité conforme à la norme NF EN ISO 10218-1; b) l'opérateur doit avoir un dispositif de guidage qui répond aux exigences de l'ISO 10218-1 pour déplacer le robot à la position prévue; c) l'opérateur doit avoir la visibilité claire de tout l'espace de travail coopératif; d) quand l'opérateur lâche le dispositif de guidage, un arrêt contrôlé nominal de sécurité conforme à la norme NF EN ISO 10218-1. »
Le contrôle de la vitesse et de la distance de séparation	« Les systèmes robots conçus pour maintenir une séparation de sécurité entre l'opérateur et le robot d'une façon dynamique doivent utiliser des robots conformes aux exigences de la norme NF EN ISO 10218-1. La vitesse du robot, la séparation de sécurité minimale et les autres paramètres doivent être déterminés par l'évaluation des risques. »
La limitation de la puissance et de la force du robot par conception ou par commande	« Les systèmes robots conçus pour contrôler des phénomènes dangereux par la limitation de puissance et de force doivent utiliser les robots conformes à la norme NF EN ISO 10218-1. Les paramètres de puissance, de force et d'ergonomie doivent être déterminés par l'évaluation des risques ».

Figure 2 : Éléments de sécurité définis par la norme NF EN ISO 10218-2

## 2. Risques

Qu'importe le type d'interaction avec le robot qui est mis en place, il faudra prendre en compte l'ensemble de l'activité pour bien définir les risques. C'est l'ensemble (outils, objet manutentionné, charges, alentours,...) qui doit être collaboratif et pas que le robot.

Le tableau de la figure 9 présente une liste non exhaustive de risques récurrents avec les robots collaboratifs.

*Attention, cette liste n'est qu'indicative, c'est l'analyse de risque que fait le concepteur de la cellule robotisée qui devra déterminer les risques de la cellule et les mesures appropriées à mettre en place.*

Exemples de risques	Commentaires	Mesures de prévention possibles
Chute de charges	L'opérateur pouvant accéder à la zone de travail du robot, en cas de coupure d'énergie ou de mauvaise préhension de la charge par exemple, celle-ci peut chuter sur l'opérateur	Limiter le poids des objets à manutentionner par le robot, mettre en place des réserves d'énergie (stock d'air pour les préhensions pneumatiques ou ondulateur pour les pinces électriques), utilisation de pinces double effet ou collaboratives
Choc avec le robot	L'opérateur pouvant accéder dans la zone de déplacement du robot, le choc avec le robot peut intervenir	Vitesse de déplacement du robot limitée, détection des chocs et arrêt contrôlé nominal de sécurité
Coincement de membres de l'opérateur dans la pince du robot	Peut survenir en cas de collaboration directe, si l'opérateur intervient sur l'objet au moment où le robot doit le saisir.	Utilisation de préhenseurs pneumatiques ou de pinces collaboratives
Liées à l'activité du robot (coupure, brûlures, projection de produits chimiques,...)	Selon l'activité du robot de nouveaux risques peuvent apparaître. C'est notamment le cas pour les applications de soudure, ponçage, nettoyage, découpe...	Poignées d'assentiment pour les opérations de réglages, scrutateur laser dans la base du robot pour réduire la vitesse ou arrêter la fonction dangereuse à l'approche d'une personne

Figure 3 : Liste non-exhaustive des risques pouvant se présenter avec des robots collaboratifs



# IX. Les marchés de la robotique industrielle



L'automobile



L'électronique



L'agro-alimentaire



Le médical



La plasturgie



La métallurgie



La logistique



La cosmétique



Le bâtiment



Le photovoltaïque



L'aéronautique



## A. L'automobile



C'est dans l'industrie automobile que l'on retrouve la plus forte concentration de robots au monde. En effet, la concurrence mondiale dans ce marché exige une automatisation et une modernisation continues des processus de production.

Depuis son apparition sur une chaîne de

montage de General Motors (usine automobile) en 1961, la robotique n'a cessé d'évoluer.

Grâce à leur niveau de précision et leur rapidité d'exécution, les robots montrent leur intérêt dans de nombreuses applications.

### 1. Les acteurs de l'industrie automobile

#### **Le constructeur automobile :**

Le constructeur automobile assure la conception de véhicules, une partie de leur fabrication et leur commercialisation.

Pour certaines pièces, le constructeur automobile va faire appel à des sous-traitants spécialisés dans un processus de fabrication précis, les équipementiers automobiles.

#### **Les équipementiers automobiles :**

Ils travaillent en étroite collaboration avec différents constructeurs automobiles, dans la fabrication de modules mécaniques ou électroniques. Dans ce marché, chaque équipementier a un savoir-faire spécifique. Certaines entreprises vont développer les pièces du moteur, les systèmes d'échappements, d'éclairage, les systèmes de freinage, les sièges, les pneumatiques, tandis que d'autres sont spécialisées dans l'injection plastique pour réaliser par exemple les tableaux de bords...

Il existe deux niveaux de sous-traitance :

- Les équipementiers automobiles de rang 1, ayant des relations contractuelles directes avec les constructeurs tels que PSA, Renault Nissan, etc...
- Les sous-traitants de rang 2 et plus, regroupant les entreprises en mécanique, en électronique, etc...) qui travaillent pour le compte des équipementiers de rang 1.

## 2. Les applications robotisables

Sur le marché de l'automobile, il existe une grande variété d'applications robotisées. Elles sont, pour la plupart, en lien avec la

carrosserie, le groupe motopropulseur, l'intérieur, la sécurité, les roues et les pneumatiques des véhicules.

### Habitacle du véhicule

Esthétique, design et fonctionnalité :

Les attentes des clients dans le monde entier deviennent plus importantes à chaque lancement d'un nouveau modèle de véhicule à tous les niveaux du marché. Les ingénieurs chargés de concevoir l'intérieur des véhicules s'efforcent de satisfaire ces attentes avec des solutions toujours plus élégantes, mais leurs idées exigent des techniques de production plus complexes.



Assemblage de capteurs de contrôle



Test de siège robotisé

### Châssis et sécurité

La portée du déploiement des robots dans les domaines de la carrosserie et de la sécurité est très large :

- soudure de la caisse
- découpe laser des panneaux de carrosserie
- revêtement des lentilles de phare
- fraisage des pièces composites
- assemblage des systèmes ABS, production d'airbags zéro défaut



Usinage robotisé de moules : un centre d'usinage robotisé remplace quatre perceuses radiales pour la fabrication de moules.



Découpe laser de panneaux de carrosserie: la robotique est plus flexible que les systèmes de découpe laser conventionnels.



**Groupe motopropulseur**

Les applications liées aux groupes motopropulseurs sont parmi les plus délicates dans une chaîne de montage robotisée. L'implication des robots va de l'assemblage

de capteurs haute résolution en passant par la fabrication complexe des composants du moteur, jusqu'au nettoyage des pièces par jet d'eau haute pression.



**Fabrication automatisée de soupapes**

**Assemblage de modules de levier de vitesse**



**Lavage de pièces**

**Liaison au sol**

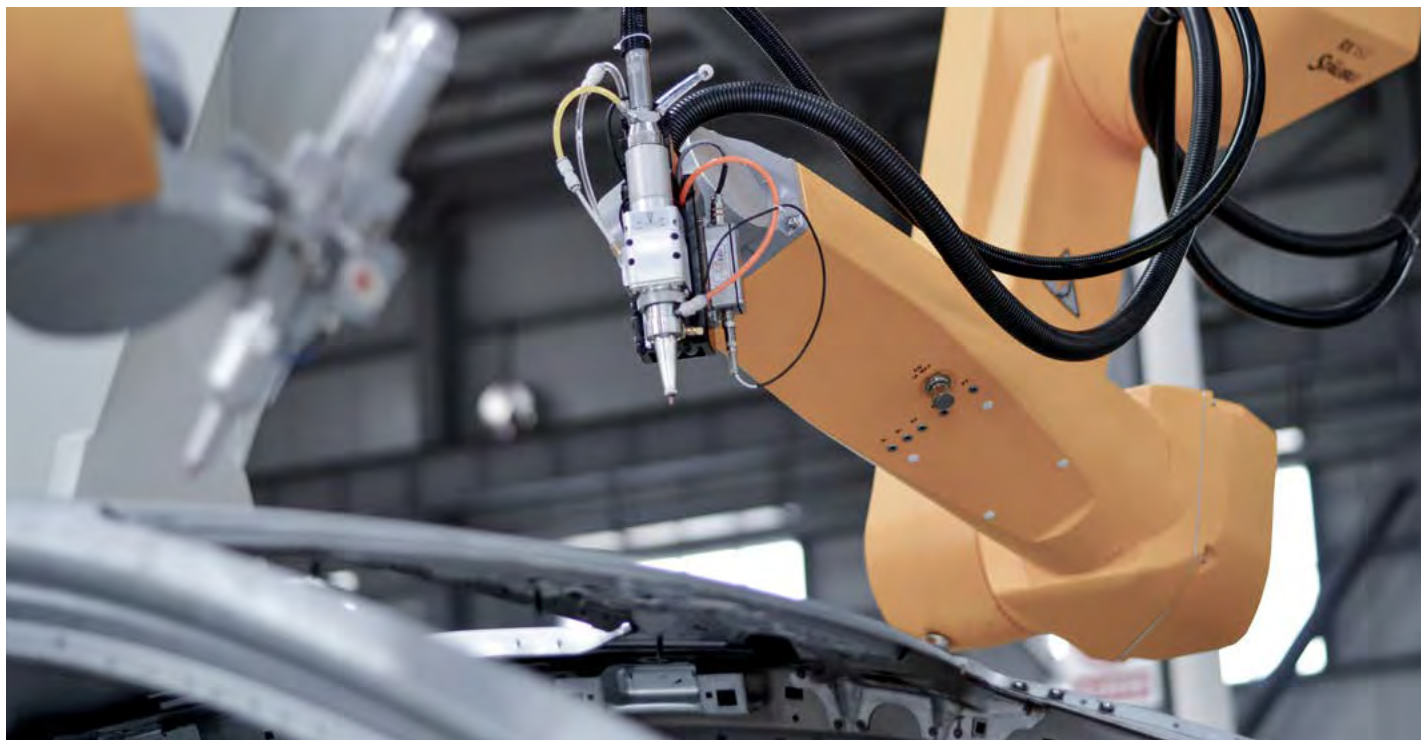
Des robots peuvent être par exemple utilisés dans la manipulation de crémaillères de colonne de direction.

Moins communément, ils interviennent dans la sculpture de prototype de pneumatiques.



**Taillage de pneumatiques robotisé**

### 3. Success Story « Quand la précision compte vraiment » - Exemple de l'entreprise Hyundai



## Tâche

### Découpe laser des montants B

Les experts ne s'accordent pas sur la meilleure façon de couper les panneaux de carrosserie. Alors que beaucoup d'entre eux se satisfont parfaitement d'une configuration laser conventionnelle, d'autres ont déjà progressé au niveau suivant et travaillent avec des systèmes robotiques. Chez Hyundai, ils n'ont connu que de bonnes expériences avec leurs robots de découpe laser.

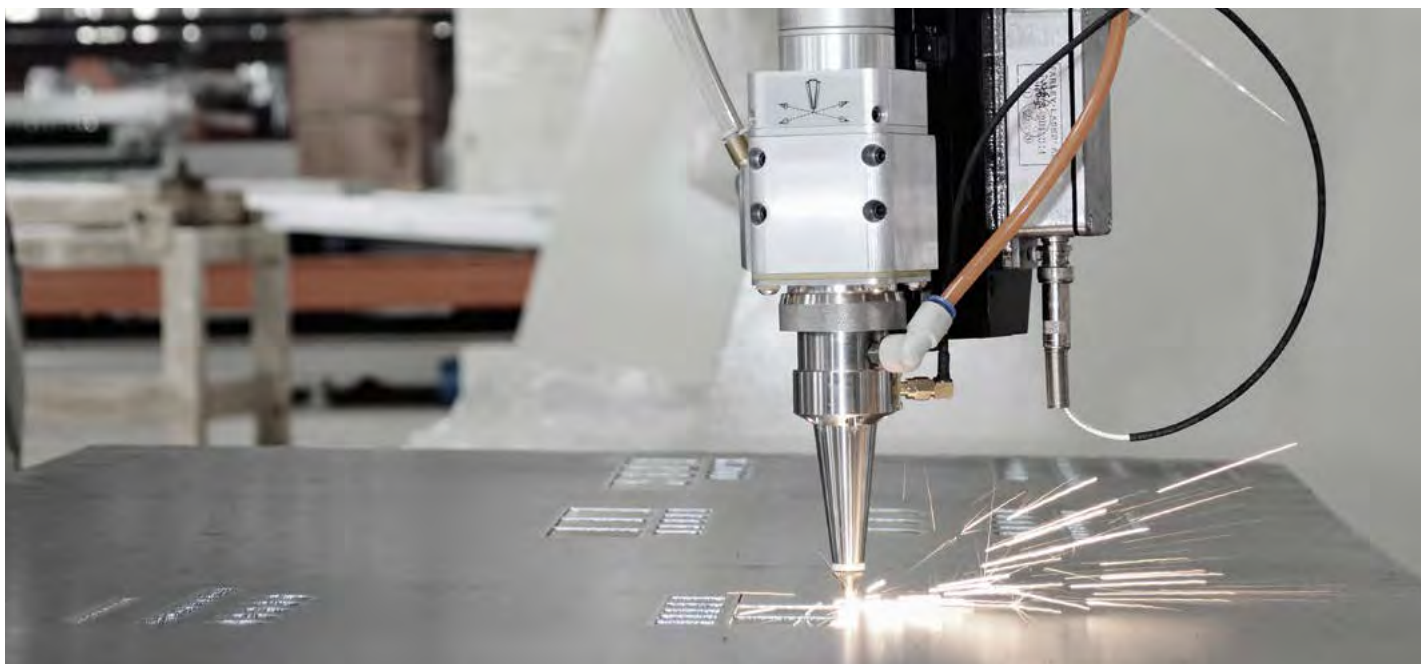
Cela ne fait aucun doute : la découpe laser est de plus en plus répandue dans le secteur automobile en raison des nombreux avantages qu'elle apporte à tous. La séparation thermique est le premier choix en matière de procédé. Cette méthode est optimale chaque fois que des matériaux différents doivent être coupés avec précision, sans contact direct et sans application de force.

L'utilisation de systèmes de découpe laser standards ou de solutions robotisées dépend, bien entendu, de l'application spécifique. Une chose est certaine : les systèmes conventionnels sont la référence lorsque la précision maximale est le critère principal. Les différences entre les deux méthodes sont similaires à celles existantes entre une machine-outil et un robot d'usinage. Dans la pratique, les robots standards qui possèdent une précision moyenne ne conviennent que très peu à la découpe laser, mais les machines industrielles Stäubli, de haute précision, obtiennent de bons résultats à tous les niveaux, comme l'a démontré le constructeur automobile coréen expérimenté, Hyundai.

#### Avantages de la solution robotique :

- Frais d'investissement relativement faibles
- Temps d'amortissement courts
- Processus commercialement viable et fiable
- Normes de haute qualité





## Solution

### Des robots de haute précision ouvrent la voie

Les Coréens, qui attachent une grande importance à la qualité et à la volonté de combler le fossé existant avec les grands fabricants européens, sont convaincus des avantages de la découpe laser réalisée par un robot. Cette technologie, qui s'impose également en Europe, est beaucoup plus flexible que les systèmes de découpe laser conventionnels, et génère un rendement plus élevé dans certaines conditions.



Le fait que les robots industriels Staubli soient les plus plébiscités pour ce procédé n'est pas une coïncidence. En raison de leur précision exceptionnelle, notamment en matière de trajectoire, c'est comme si les séries TX et RX à six axes avaient été spécialement conçues pour un travail aussi précis. Ces particularités ont ainsi attiré l'attention de la direction de Hyundai et, après une longue série d'expériences, celle-ci a décidé que le robot Staubli RX160 répondait à leurs besoins.

Les robots de découpe au laser façonnent les montants B de divers modèles Hyundai avec une précision exemplaire. La technologie d'entraînement brevetée, exclusive à Staubli Robotics, garantit un niveau de performance qui ne peut pas être atteint avec des alternatives standards disponibles sur le marché. Elle porte ici ses fruits. Dans le même temps, les machines ne sont pas seulement très dynamiques, elles impressionnent également par leur accessibilité exemplaire malgré leurs périodes de travail continues. En outre, le rayon d'action étendu du RX160 de plus de 1,7 mètre facilite l'usinage de grandes pièces.

## Utilisation du client

### Qualité, productivité et rentabilité

Hyundai n'a connu que des expériences positives en utilisant le procédé laser allié aux machines Staubli. En raison de l'excellente précision de trajectoire des robots et de l'apport de chaleur minimisé, les pièces finies sont parfaitement ajustées et répondent, à tous les égards, aux exigences de qualité élevées du fabricant. En outre, les performances des robots en matière de vitesse et de flexibilité assurent des processus rapides, ce qui garantit l'efficacité et la rentabilité malgré un grand nombre de variantes de pièces.

En optant pour un robot de découpe laser, Hyundai a réussi à maintenir ses frais d'investissement plus bas que si elle avait opté pour un système conventionnel. La période d'amortissement du système robotique innovant est plus courte. Il s'agit d'un aspect de plus en plus pertinent compte tenu des énormes pressions concurrentielles au sein du secteur automobile.



## B. L'électronique



La robotique dans l'industrie électrique et électronique se développe fortement : en volume elle est maintenant le second marché mondial. Une nouvelle tendance est en train d'émerger, dans laquelle la qualité des produits fabriqués serait privilégiée sur

la quantité. Avec les évolutions technologiques de ces dix dernières années, ce secteur nécessite l'utilisation de process industriels de plus en plus modernes. Les robots manipulent de très petites pièces à des vitesses très élevées avec une très grande

précision, permettant aux fabricants de matériel électronique de garantir la qualité tout en optimisant les coûts de production.

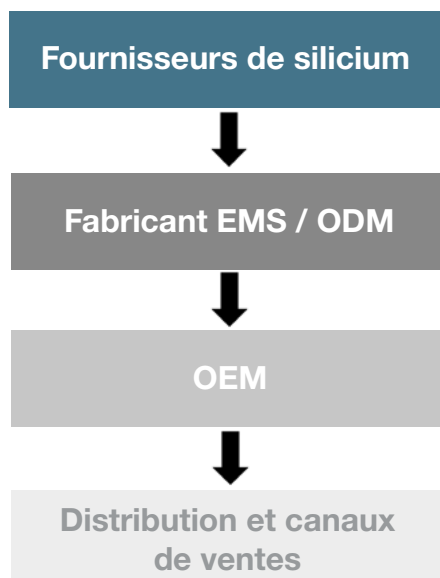
### 1. Les acteurs du marché de l'électronique

#### Fournisseur de silicium

Le silicium est le matériau essentiel dans la fabrication des composants électroniques de nos équipements à base de transistors et de circuits intégrés.

#### Fabricant EMS / ODM

- Le fabricant EMS (Electronic Manufacturing Services) se définit par une entreprise fournissant des services de fabrication en sous traitance pour des produits électroniques.
- Le fabricant ODM (Original Design Manufacturer), fabrique un produit en marque dite « blanche » qui portera le nom de la marque d'une autre entreprise.



#### OEM

Dans l'industrie électronique, l'OEM a pour mission d'assembler les cartes électroniques et autres composants directement dans les produits fabriqués (électroménager par exemple).

#### Distribution et canaux de ventes

Les distributeurs et autres canaux de ventes existants sont les intermédiaires entre la marque du produit fabriqué et le client final.

**2. Les applications robotisables**

Les robots sont utilisés pour des opérations d'assemblage électronique et mécanique d'une ou plusieurs pièces, de dépose de composants, de soudure laser/miroir/ultrason, de dépose de colle, de joints,

d'agrafes, de pose d'inserts à chaud ou à froid, de pose et dépose, de peinture, de chargement / déchargement de machines. La précision des robots industriels peut également être exploitée au travers d'appli-

cations de contrôle et de mesure, et bien évidemment pour des opérations de conditionnement et de packaging.



**Opération de collage sur composants**



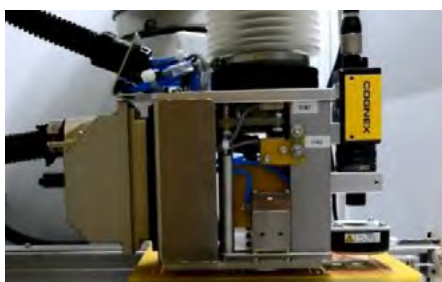
**Dépose de sous-ensembles électroniques**



**Test ESD de composants électroniques pour l'automobile**



**Application de peinture**



**Test de composants électroniques**



**Chargement / déchargement de sous-ensembles électroniques**



### 3. Success Story « Faire du réseau électrique intelligent de l'avenir une réalité » - Exemple de l'entreprise Itron



**Une transformation sans précédent dans la distribution d'énergie est en cours aux États-Unis. Des agences gouvernementales, comme le Department of Energy (DOE) et la Federal Energy Regulatory Commission, reconnaissent que le réseau électrique obsolète du pays ne peut pas suivre les innovations en matière d'informations numériques et de réseau de télécommunications.**

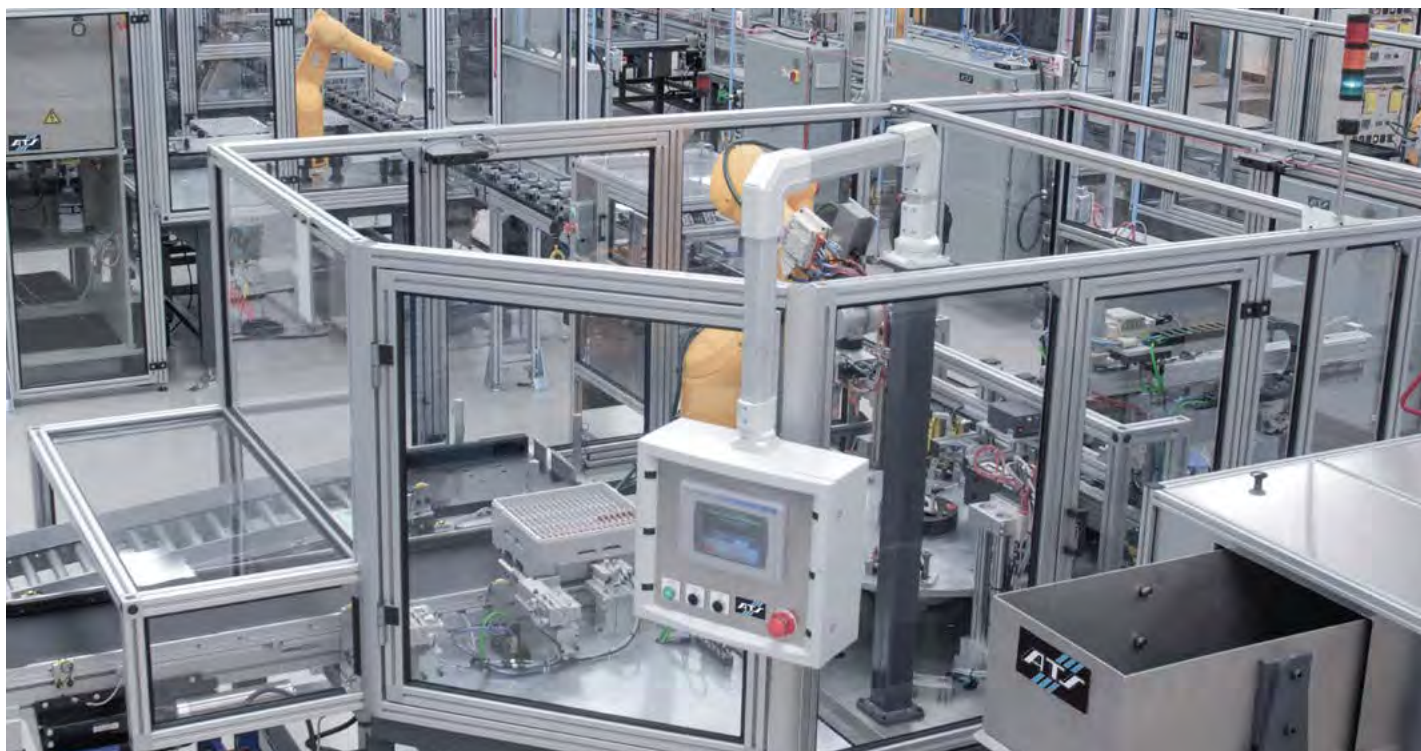
En ce qui concerne l'énergie électrique, la demande pressante d'un « réseau intelligent » exige des technologies de mesure et de communication avancées. Plus la mesure de l'énergie est fiable, plus son utilisation sera efficace. Le principe est simple, mais les technologies permettant de réaliser le réseau intelligent font partie des plus sophistiquées qui existent sur le marché aujourd'hui.

Itron Inc., leader mondial dans la fourniture de solutions de réseaux intelligents et de technologies de mesure, développe des solutions de mesure sophistiquées pour optimiser la fourniture et l'utilisation d'énergie. Sur sa lancée, elle a transformé ses processus de fabrication via l'automatisation.

À une époque d'innovations technologiques constantes, la tolérance à l'égard des pannes, fluctuations et autres perturbations est faible. Les sociétés de services publics réclament des systèmes qui répondront aux demandes liées à la fiabilité, aux coûts, à l'économie d'énergie et à une sensibilisation accrue à l'environnement. Les compteurs électromécaniques traditionnels disparaissent progressivement et la demande de compteurs intelligents, notamment ceux capables de transmettre des données fiables et sécurisées, se fait pressante.

Itron fixe de nouvelles normes pour des systèmes AMI (Advanced Metering Infrastructure) capables de collecter des données détaillées sur la consommation d'énergie. Un AMI utilise des compteurs intelligents avec des communications bidirectionnelles avancées afin de répondre aux besoins de collecte de données. Il permet aussi aux consommateurs de participer à la préservation de l'énergie via une utilisation circonstanciée. Itron s'est basée sur sa plate-forme CENTRON qui a fait ses preuves afin de fournir un compteur évolué conçu pour répondre aux exigences AMI les plus élevées.





L'explosion de demandes de compteurs intelligents et l'expansion spectaculaire des produits ont incité Itron à identifier des opportunités d'économiser des coûts et d'augmenter l'efficacité via ses processus de production. Le besoin d'améliorer considérablement le débit en contrôlant les coûts a, en particulier, fait de la vitesse élevée, de la précision et de la fiabilité des facteurs cruciaux – c'est pourquoi Itron s'est tournée vers Stäubli.

Itron a choisi les robots 4 axes SCARA (RS60 et RS80) et 6 axes (TX60 et TX90) de Stäubli pour répondre aux exigences strictes de la nouvelle gamme de produits, y compris les opérations extrêmement précises de 'pick and place' (saisie et transfert), la rapidité et la précision dans le montage de composants et la fiabilité élevée des conditions de production où il s'agit de limiter au maximum les temps d'immobilisation.

chargement de pièces sur des machines compteur par compteur et le déplacement des compteurs de poste en poste le long de la chaîne. Des avantages considérables ont déjà été enregistrés comme la réduction des coûts de manipulation des matériaux et de la fatigue de l'opérateur.

Selon Lowell Rust, Directeur Marketing Produits d'Itron pour les compteurs électriques, « l'extension de nos capacités de production à haut volume nous a permis de commencer à livrer plusieurs millions de compteurs intelligents en retard et nous prépare pour de futures demandes de compteurs intelligents. »



Itron se concentre sur une amélioration continue et une production sans gaspillage et, dans les deux cas, l'automatisation est l'outil idéal pour y parvenir. Alors que certaines techniques d'assemblage n'ont pas changé avec le passage à l'automatisation, l'adoption des solutions robotiques Stäubli a occasionné une réduction massive des manipulations de matériaux par les opérateurs, comme le



## C. L'agroalimentaire



Dans l'industrie agroalimentaire, lorsqu'un équipement fonctionne à pleine cadence, les interventions manuelles peuvent compromettre les performances et l'hygiène d'un produit ou d'un aliment.

Pour plus d'efficacité (suite à l'évolution de la consommation), les solutions d'automatisation permettent :

- de minimiser l'interruption du processus
- d'apporter de la flexibilité
- de supprimer les risques de contamination

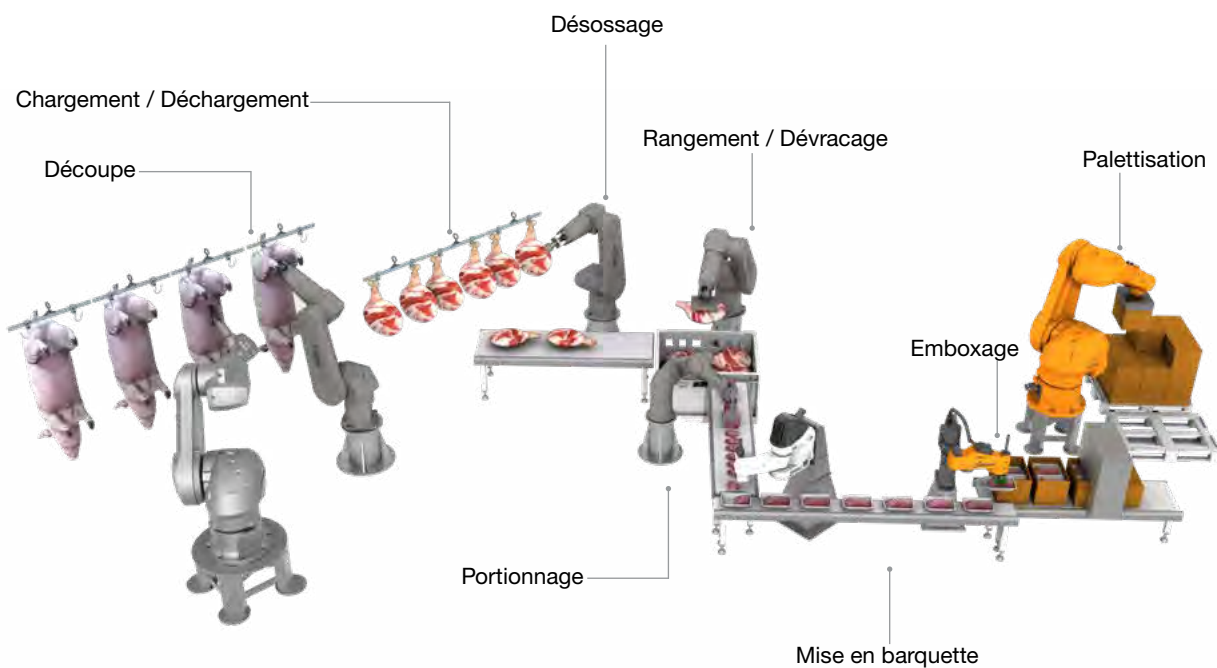
L'utilisation de bras robotisés permet de gérer l'ensemble du processus, depuis la transformation en amont à la palettisation en fin de ligne, en passant par le tri et l'emballage, tout en garantissant un niveau d'hygiène élevé.

### 1. Les acteurs du marché de l'agroalimentaire

Les différents acteurs de l'industrie agroalimentaire sont répartis selon plusieurs segments de métiers : transformation de protéines, préparation de plats préparés, transformation du lait, transformation de grains et atelier de chocolaterie et pâtisserie.

## 2. Les applications robotisables

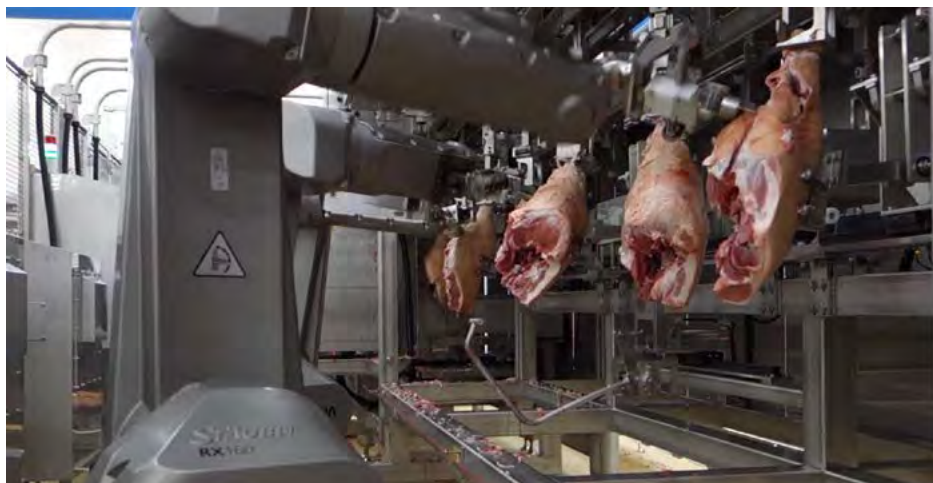
### Transformation de protéines



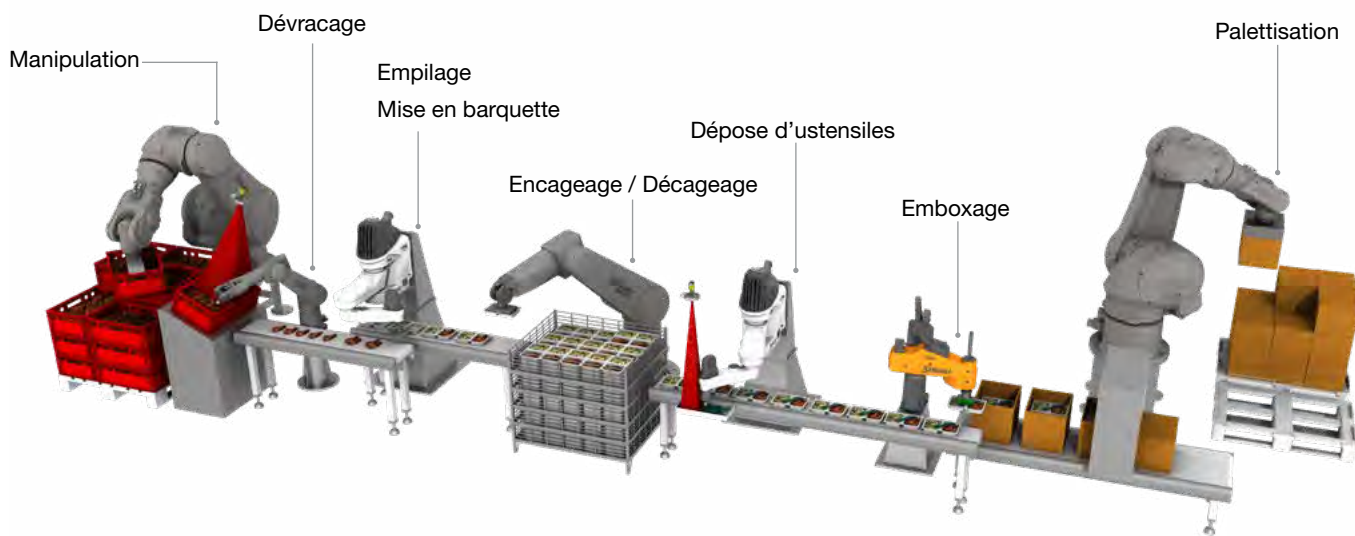
*Témoignage :*

« Dans mon métier, les ports de charges et les opérations pénibles sont monnaie courante.

Avec l'intégration de robots industriels sur ma ligne de production, j'ai gagné autant en productivité qu'en ergonomie de travail ».



Préparation de plats préparés



Témoignage :

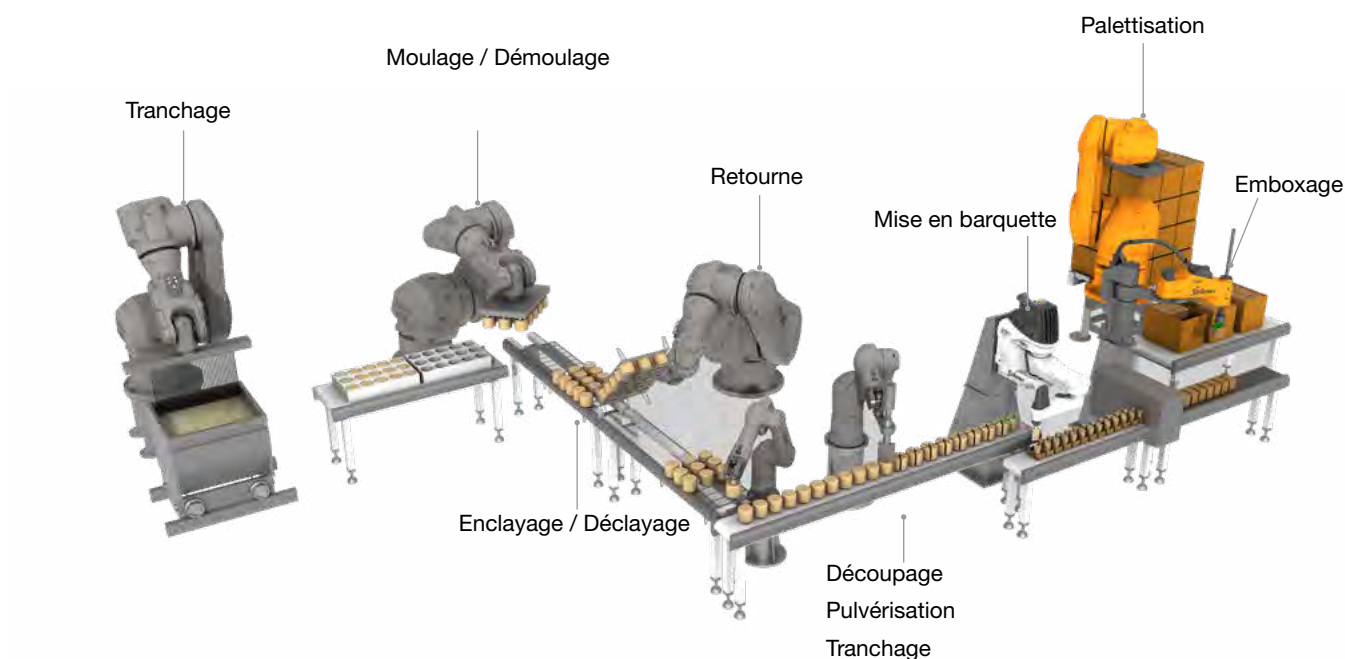
« La multiplicité des recettes et les changements rapides de production ont pu se robotiser facilement grâce à des solutions innovantes.

Le critère déterminant sur le choix de la solution robotisée a été pour moi la possibilité de tester en réel chaque solution proposée ».



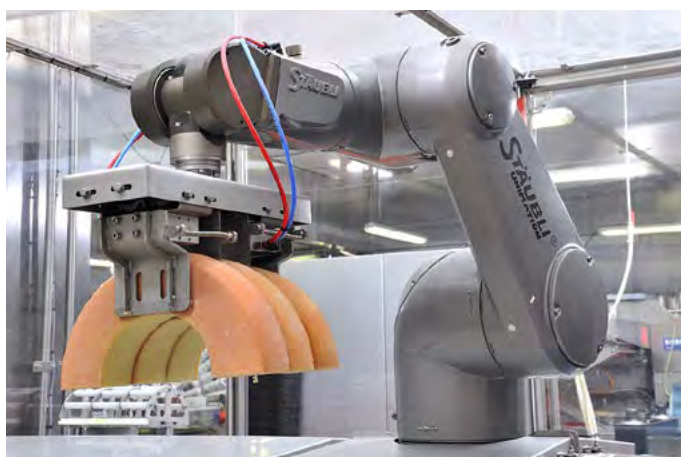


Transformation du lait

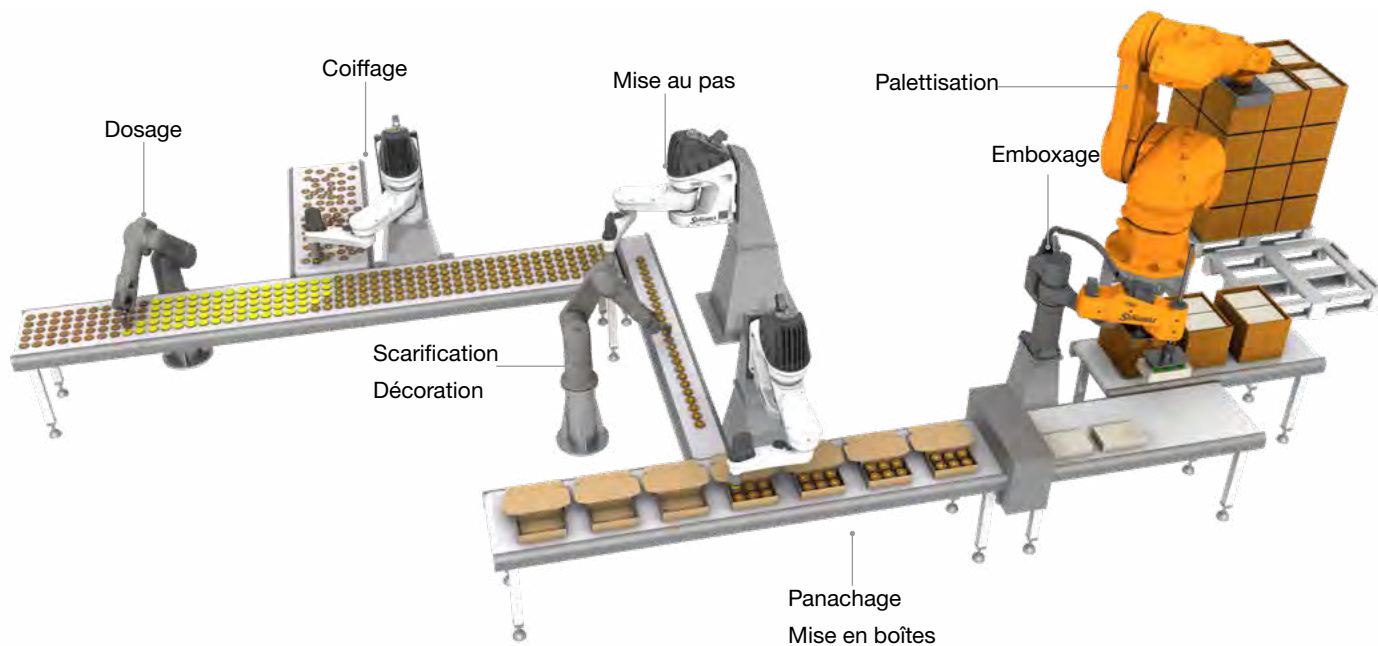


Témoignage :

« L'intégration de robots industriels adaptés aux contraintes de nettoyage sur ma ligne de production m'a permis d'en finir avec les robots housés qui jusqu'ici ont toujours été une grande inquiétude au niveau bactériologique ».



Transformation de grains

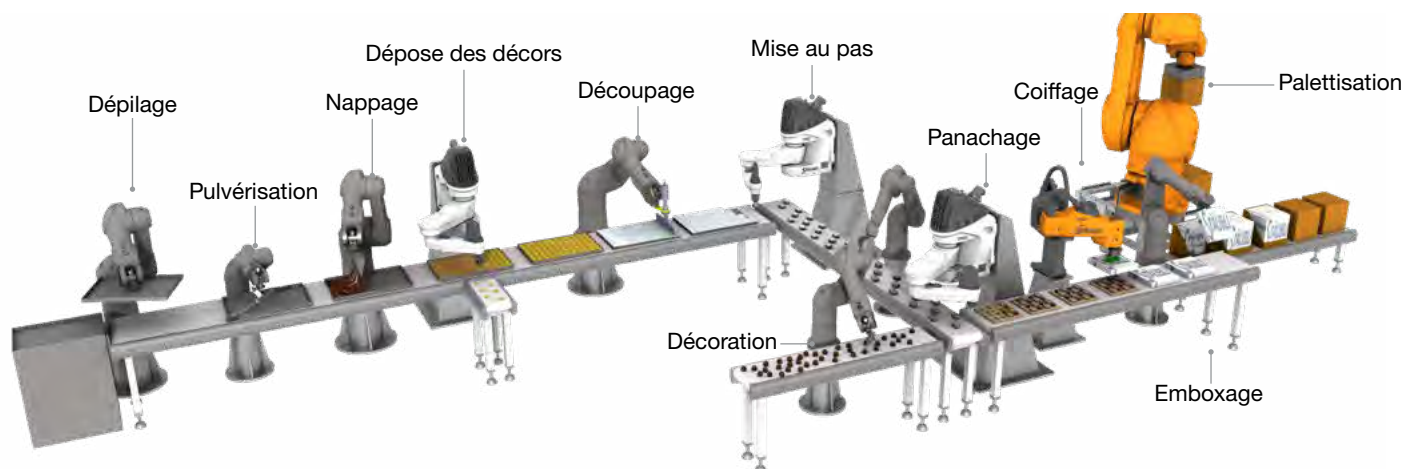


Témoignage :

« Il existe de nombreuses solutions de remplissage de boîtes haute cadence sur le marché. J'ai particulièrement été séduite par la conception des robots qui supprime les motorisations et les piètements au-dessus du produit. Ma ligne est désormais mieux intégrée et plus compacte ».



Atelier de chocolaterie et pâtisserie



Témoignage :

« La précision des robots industriels est telle que j'ai pu créer des décors impossibles à reproduire à la main à haute cadence. Mes équipes R&D et mes commerciaux peuvent laisser libre court à leur créativité, et la polyvalence des robots permet aux équipes de production de s'adapter à toutes les exigences de mes clients ».





3. **Success Story « Une solution économique pour la fabrication de produits en boulangerie » - Exemple de l'entreprise Dewilde**



**Challenge**

**Grignage entièrement automatisé des pâtons**

Si le grignage manuel des pâtons reste économiquement viable dans les petites boulangeries, le coût d'un tel processus se révélerait rapidement prohibitif pour la production industrielle de produits de boulangerie. Une cellule robotisée flexible de Dewilde Engineering en Belgique offre la solution parfaite.

Pain de seigle allemand, baguettes françaises ou encore viennoiseries... Avant que ces produits ne passent au four, des entailles doivent être faites sur le pâton pour éviter qu'il ne se déforme durant la cuisson. Dans la fabrication en masse de produits de boulangerie, cette tâche ne peut être effectuée à la main.

Pour les employés travaillant sur la ligne de production, inciser de façon répétée des pâtons humides exigerait une endurance physique considérable et entraînerait des risques pour leur santé. Pour l'entrepreneur, le travail manuel de ce type est simplement trop chronophage et donc non rentable.

**Solution**

**Automatisation avec des robots très rapides**

Le fabricant belge Dewilde a développé pour ce travail une cellule robotisée compacte dotée du robot ultrarapide TP80 FASTpicker. La machine quatre axes haute performance de Stäubli effectue jusqu'à 220 incisions par minute. Le capteur de position 3D pour le pâton, la station de changement automatique pour les lames et le robot lui-même n'occupent qu'une portion de trois mètres de la ligne de production. Le robot TP80 entaille avec précision les pâtons avant cuisson selon des paramètres prédéfinis. Les données sur la position exacte de la pâte sont transmises au robot en amont par un scanner laser. Le FASTpicker sélectionne la lame adaptée à chaque lot à partir du magasin. Pour les applications où 220 incisions par minute ne suffisent pas, Dewilde propose une cellule avec deux robots TP80 qui peuvent effectuer jusqu'à 440 incisions par minute.

**Avantages pour le client :**

- Humanisation du monde du travail
- Format compact avec un faible encombrement
- Processus ultra-rapide avec des robots à vitesse élevée
- Excellente productivité par rapport aux processus manuels



**Nettoyage et humidification automatisés de la lame**



Le robot TP80 entaille avec précision les pâtons avant cuisson selon des paramètres prédéfinis.

## Avantage client

### Une production économique de produits de boulangerie

Les robots extrêmement rapides permettent de repenser entièrement la conception des sites de production de boulangerie. La machine à quatre axes peut opérer dans de grands espaces de travail avec un diamètre de 1,6 m et assure une précision en matière de répétabilité qui dépasse clairement les spécifications de l'usine de +/- 0,05 mm dans la pratique quotidienne. Ce haut niveau de précision est garanti même après plusieurs milliers d'heures de fonctionnement. Ces robots à structure rigide sont conçus pour résister à tout signe d'usure même utilisation à vitesses élevées.

Autre avantage non négligeable, les modèles pour environnements humides sont conformes aux exigences particulières de l'industrie alimentaire.

Les modèles HE (pour « Humid Environment », ou « Environnement humide » en français, qui désigne les robots spécifiquement modifiés pour être utilisés dans des pièces humides ou exposés à des projections d'eau) sont les plus appropriés pour les applications requérant les normes d'hygiène les plus élevées. Les liquides utilisés quotidiennement pour les processus de nettoyage dans l'industrie alimentaire ne peuvent endommager les machines étanches. L'option HE fait du TP80 le choix idéal pour les applications alimentaires.

Il peut dans le même temps être utilisé sans perte de performances avec des lubrifiants enregistrés NSF H1. Cette cinématique unique au monde présente un autre avantage : contrairement aux robots delta, ces modèles n'ont pas à être positionnés directement au-dessus du produit sensible mais peuvent être installés à côté de la ligne de production.



Le TP80 FASTpicker sélectionne la lame adaptée à chaque lot à partir du magasin.



[Visualiser la vidéo d'illustration](#)

## D. La cosmétique



Le marché de la cosmétique est très demandeur en matière d'intégration de robots industriels. Beaucoup de tâches à effectuer dans ce secteur sont répétitives et contraignantes pour la santé physique des opérateurs. La technologie de la robotique cobotique a permis, en premier lieu, de ré-

pondre à ces problématiques humaines. De nombreuses entreprises de cosmétiques ont aujourd'hui intégré des robots à leurs lignes de production afin d'améliorer leur compétitivité et les conditions de travail des opérateurs.

### 1. Les acteurs du marché de la cosmétique

#### Les équipementiers :

Dans l'industrie cosmétique, les équipementiers ont pour rôle de concevoir et de fabriquer les récipients contenant les futurs produits.

- Verrerie : plus de 1.5 milliards de flacons en verre sont fabriqués en France chaque année. Cette fabrication exigeante en cadence, qualité et environnement de travail requiert des robots fiables et performants.
- Plasturgie : l'ensemble des secteurs de la cosmétique utilisent des éléments en plastique. Ces produits souvent complets et complexes nécessitent de nombreuses manipulations lors des process successifs.



**Les conditionneurs :**

Les conditionneurs, après réception des récipients par les équipementiers, remplissent et injectent les produits dans les flacons prévus à cet effet (parfums, maquillages, soins de la peau, soins du corps etc...).

**2. Les applications robotisables**

**Les applications d'alimentation de ligne**

- Marquage et décoration
- Peinture laque / vernis
- Remplissage
- Assemblage



**Ligne de peinture / laque / vernis**



**Ligne de marquage et décoration**



**Ligne de remplissage**



**Ligne d'assemblage**

**Les applications de process**

- Assemblage / collage
- Vissage / capotage
- Pulvérisation : Peinture / Laque / Vernis
- Contrôle





Assemblage / collage



Pulvérisation



Contrôle



Vissage / capotage

### Les applications de conditionnement

- Etuyage
- Encaissage
- Palettisation / dépalettisation



Etuyage



Encaissage



Palettisation / dépalettisation

## E. La plasturgie



Pour se différencier et conquérir des marchés, les plasturgistes cherchent à faire évoluer leurs produits vers plus de valeur ajoutée. Pour être compétitif, il est primor-

dial d'intégrer au maximum les opérations automatisées durant le temps de cycle de la presse ou de réduire les temps de changement de moule.

### 1. Les acteurs du marché de la plasturgie

- Les transformateurs en injection
- Les transformateurs en thermoformage
- Les transformateurs en extrusion
- Les transformateurs en extrusion soufflage / injection soufflage
- Les transformateurs rotomoulage

## 2. Les applications robotisables

### Les opérations de chargement/déchargement

#### ▪ Déchargement à grande vitesse :

Les robots industriels réalisent les opérations de chargement/déchargement dans un temps et un encombrement minimum. L'avant-bras du robot se caractérise par une grande finesse pour réduire la durée d'ouverture du moule et une précision de positionnement élevée.

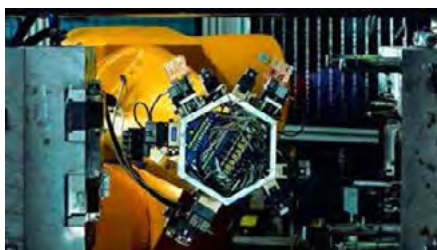
#### ▪ Double déchargement / surmoulage transfert :

Afin d'optimiser l'espace de stockage, le robot 6 axes peut être implanté de façon à accéder à deux presses à injecter. La pièce issue d'un outillage peut ainsi être insérée directement dans l'outillage de surmoulage sur une seconde presse. Cette configuration peut également être utilisée pour réaliser le déchargement de deux presses avec un seul robot.



#### ▪ Piquage et pose d'insert :

Les développements des produits tendent à intégrer un maximum de fonctions sur les pièces plastiques moulées afin de réduire les opérations de reprise ou d'assemblage.



#### ▪ IML / décoration :

Cette opération, réalisée avec un réseau latéral spécial, impose une très longue et coûteuse mise au point. Grâce aux robots 6 axes, le démarrage de ces productions se réalise rapidement.

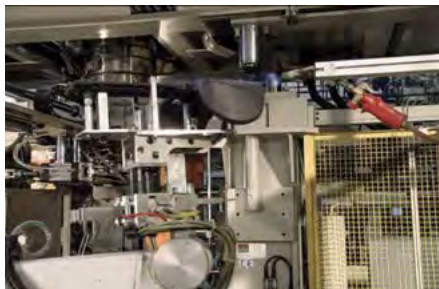




## Les opérations en pied de presse

### ▪ Flammage des pièces :

Certaines matières nécessitent une opération de flammage avant peinture, décoration ou collage. Selon les possibilités, cette opération peut être réalisée en pièces portées tout en assurant une très bonne répétitivité du process.



### ▪ Contrôle :

Afin de diminuer les coûts de non-conformité, la tendance actuelle consiste à réaliser des contrôles sur la pièce moulée au plus tôt dans le processus. En utilisant la fixation au plafond d'un robot 6 axes, la zone de travail reste libre et accessible pour d'autres opérations. Le robot s'interface facilement avec toutes les visions du marché et offre ainsi une intégration simplifiée.



### ▪ Détourage de paraison et ébavurage :

Les process d'extrusion soufflage et de thermoformage nécessitent souvent une opération complémentaire de détourage.



### ▪ Assemblage en pied de presse :

Les opérations de dépose d'inserts et d'assemblage peuvent être réalisées directement en sortie de presse sans dégradation du temps de cycle.

## Les opérations de reprise de forme



### ▪ Découpe jet d'eau et découpe laser :

Les robots industriels sont parfaitement adaptables sur des process de découpe à la reprise de formes sur pièces plastiques, que ce soit pour la réalisation de versions ou de formes qui ne peuvent être faites directement dans l'outillage.

### ▪ Reprise d'usinage :

Les robots conçus pour les opérations de reprises d'usinage sont équipés d'électrobroches, que ce soit en sortie de production ou sur une ligne dédiée. Les parcours d'outils peuvent être importés directement depuis des logiciels CFAO.



## Les opérations de finition

### ▪ Peinture :

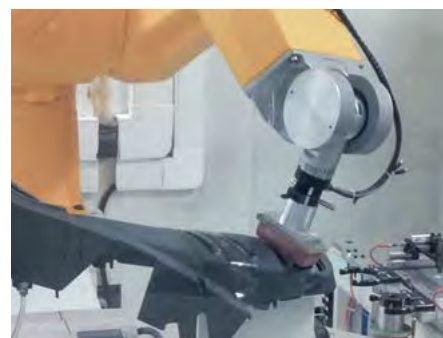
Grâce à leur rigidité et leur flexibilité, les robots industriels se sont imposés comme des acteurs majeurs dans les domaines de la peinture. Les performances dynamiques élevées, la précision et des trajectoires permettent d'économiser sur les facteurs temps et produits.



### ▪ Tampographie :

Afin d'éviter de nombreuses reprises lors de la décoration de pièces complexes, les robots 6 axes peuvent porter le tampon de marquage. Associé à un changeur d'outils, le robot peut ainsi remplacer plusieurs machines de tampographie et permettre un gain de temps, d'espace et de productivité.

Que ce soit en sortie de presse ou sur une ligne dédiée, le robot apporte de la flexibilité dans le chargement / déchargement des pièces sur machines de sérigraphie, marquage à chaud, tampographie ou jet d'encre quadrichromie.



## Les opérations de conditionnement



Les opérations de conditionnement se définissent par des tâches telles que :

- Conditionnement en sortie de machine
- Tri d'empreinte pharmaceutique
- Dévracage
- Palettisation

## Les opérations complémentaires



Intégrés à des lignes dédiées, les robots industriels types 4 et 6 axes permettent de bénéficier de meilleures performances dans les opérations complémentaires :

- Assemblage mécanique de plusieurs pièces ou d'inserts avec ou sans vision
- Assemblage par soudure laser, miroir, ultrason, infrarouge,...
- Dépose de colle, de joints, d'agrafes
- Pose d'inserts à froid ou à chaud
- Ponçage et polissage de pièces



### 3. Success Story « Une solution robotique pour garantir hygiène et qualité » - Exemple de l'entreprise Plastibell



#### Challenge

##### Produire des pièces techniques dans des environnements ultra-contraignants

Créé en 1986 et spécialisé dans l'injection de pièces plastiques, Plastibell appartient au pôle Santé-Industrie du groupe PSB Industries. À destination des marchés de la Santé et de l'Industrie, Plastibell produit 160 à 600 millions de pièces par an pour des dispositifs médicaux, des dispositifs de diagnostics ou des connecteurs pour des poches de dialyse par exemple. La fabrication de ces pièces se fait par injection, en transformant des granulés de polypropylène, de polycarbonates ou de polystyrènes. Pour ses clients du secteur de la Santé, axe majeur de développement stratégique de l'entreprise, Plastibell intervient dans des environnements réglementaires et de qualité extrêmement contraignants.

#### Solution

##### Garantir l'hygiène, la traçabilité et la sécurité, tout au long de la production

Pour son processus industriel, Plastibell a fait le choix de la robotisation. Précisément, la matière première arrive sur les presses, puis elle est chauffée et injectée dans l'outillage pour fabriquer les pièces. C'est là que les robots interviennent. Ils sont chargés d'extraire les pièces du moule pour les transférer en salle blanche pour le conditionnement final. Dans le domaine pharmaceutique, les robots de Stäubli présentent des avantages sérieux. « Premièrement, ils nous permettent d'éviter toute manipulation humaine et de garantir ainsi un environnement ultra-propre pour le transfert des pièces jusqu'au packaging, explique Stéphane Clerc, Directeur des opérations Santé Plastibell. Deuxièmement, les robots garantissent la traçabilité et permettent d'éviter tous les mélanges qui pourraient être occasionnés par une intervention humaine. Troisièmement, avec les robots, nous pouvons garantir la sécurité et la qualité des pièces pendant tout le cycle de production. »

##### Avantages de la solution Stäubli :

- Exclusion des risques de contamination
- Traçabilité complète
- Augmentation significative de la productivité
- Sécurité maximale du patient



Ainsi, au cœur du dispositif, le premier robot Stäubli décharge les pièces de l'outillage et les met en attente pour la fermeture des boîtes (fond et couvercle). Un autre robot vient ensuite récupérer ces pièces pour les empiler avant le conditionnement final





Dans le domaine pharmaceutique, les robots de Staubli présentent des avantages sérieux. « Premièrement, ils nous permettent d'éviter toute manipulation humaine et de garantir ainsi un environnement ultra-propre pour le transfert des pièces jusqu'au packaging, explique Stéphane Clerc, Directeur des opérations Santé Plastibell. Deuxièmement, les robots garantissent la traçabilité et permettent d'éviter tous les mélanges qui pourraient être occasionnés par une intervention humaine. Troisièmement, avec les robots, nous pouvons garantir la sécurité et la qualité des pièces pendant tout le cycle de production. » Ainsi, au cœur du dispositif, le premier robot Staubli décharge les pièces de l'outillage et les met en attente pour la fermeture des boîtes (fond et couvercle). Un autre robot vient ensuite récupérer ces pièces pour les empiler avant le conditionnement final.

## Résultat

### La sécurité des patients est assurée

Dans le domaine de la santé, le niveau d'exigences des clients est très élevé. « En tant qu'industriel, nous devons impérativement garantir la propreté et la sécurité des produits, grâce à un environnement de travail irréprochable, poursuit Stéphane Clerc. Pour tous les produits, nous devons également assurer le niveau de qualité et de dimension le plus précis possible. »

À la clé : **la garantie de la sécurité des patients.**

**« Grâce aux robots Staubli, notre process industriel garantit l'hygiène, la traçabilité et la qualité des produits, tout au long du cycle de production »** Stéphane Clerc, Directeur des opérations Santé Plastibell.

## F. La métallurgie



Depuis plusieurs années, le secteur de la métallurgie évolue et se développe vers des process toujours plus innovants. L'automatisation de la production est devenue un passage obligé dans un monde

dominé par des technologies de production toujours plus rapides et plus efficaces. Ce développement est majoritairement axé sur l'utilisation de robots industriels permettant aux entreprises de gagner en

productivité donc en compétitivité, tout en améliorant les conditions de travail des salariés (réduction des TMS : Troubles Musculo-Squelettiques).

### 1. Les acteurs du marché de la métallurgie

- **Décolleteurs** : ce sont des fabricants de petites pièces mécaniques en grande et moyenne série, majoritairement pour le secteur automobile. Ils sont principalement utilisateurs de tours multi-broches.
- **Sociétés de mécanique générale** : il s'agit de fabricants d'outillage et de pièces complexes pour l'industrie. Ils utilisent des process d'usinage et d'usinage à commande numérique, de tournage de fraisage, et d'électro-érosion.
- **Sociétés spécialisées dans le traitement thermique** : elles sont spécialisées dans le traitement et le revêtement de métaux.
- **Affûteurs** : ce sont des fabricants d'outils coupants et d'outils carbure.
- **Sociétés spécialisées dans la rectification haute précision** : ce sont des utilisateurs de rectifieuses planes et cylindriques.

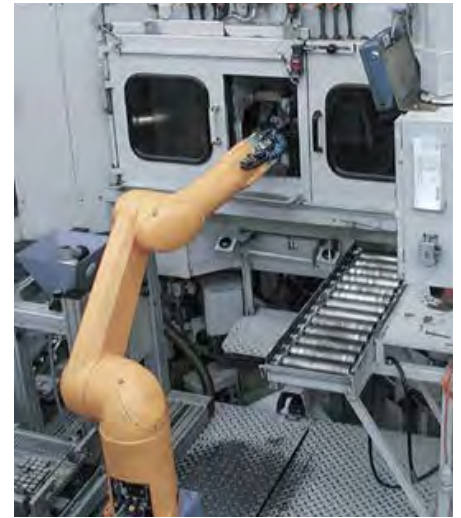


## 2. Les applications robotisables

### Chargement / déchargement de machine-outils

Les robots industriels sont utilisés pour différentes applications sur tous types de machines : tour monobroche, tour bi-broche, tour multibroche, machine à transfert rotatif, machine à transfert linéaire,

centre d'usinage, centre de taraudage, rectifieuse, rôdeuse, aléuseuse, machine de taillage ou de super finition.



### Usinage robotisé

Les robots industriels sont utilisés pour des opérations d'usinage comme le parachèvement, le détourage, le modelage, le perçage, le taraudage, l'ébavurage, le contournage et usinage de cordon de soudure sur différents matériaux.



### Découpe laser



Pour la découpe laser, l'utilisation de robots industriels est le parfait compromis entre précision en suivi de trajectoire, rayon d'action important, vitesses élevées et compacité. Ils bénéficient d'une structure fermée et peuvent être fixés au plafond

pour faciliter le process de découpe et la manutention des pièces. Cette flexibilité accrue apporte davantage de productivité pour un coût extrêmement compétitif.

### Lavage de pièces

Automatiser les solutions de lavage permet aux industriels d'accroître leur production, d'améliorer la qualité de leurs produits tout en réduisant les coûts opérationnels. Les fabricants de robot industriels proposent, dans la plupart des cas une gamme spécialement dédiée pour les environnements humides (HE). Ils sont étanches, capables

de manipuler le jet d'eau ou la pièce usinée, résistants à l'eau ainsi qu'à de nombreuses solutions chimiques, en milieu acide ou alcalin. Ils sont adaptés pour les applications de nettoyage lavage basse et haute pression, d'ébavurage très haute pression, de dégraissage, de rinçage et de séchage.



### Ébavurage de pièces



C'est suite à l'étape de l'usinage que l'étape de l'ébavurage de pièce intervient. Cette opération de finition sollicite couramment les capacités de précision des robots

industriels. L'objectif est d'éliminer les résidus de métal présents sur la pièce afin de la rendre plus lisse.

### Les opérations de finition



De l'application traditionnelle au procédé électrostatique, les capacités des robots industriels permettent de couvrir l'ensemble des besoins de finition dans les secteurs industriels les plus variés : composants pour l'automobile, l'électroménager ou l'électronique grand public.

### 3. Success Story « Une solution qui va droit au but » - Exemple de l'entreprise Obut



#### La problématique

##### **Moderniser la production, pour faire face à la concurrence**

Référence incontournable de la pétanque depuis 1955, La Boule Obut conçoit, développe et fabrique les célèbres sphères en acier.

Chaque jour, pas moins de 10 000 boules de pétanques de compétition et de loisirs sortent de l'usine de Saint-Bonnet-le-Château ! Parmi les dernières nées : la boule RCX (Rebond Contrôlé Inox), entièrement pensée pour améliorer les performances des joueurs.

Dans les années 1990, pour répondre à la saturation du marché français (90% de son chiffre d'affaires) et à la concurrence d'enseignes à bas prix, la PME traditionnelle a misé sur l'innovation. Aussi bien dans le développement du produit lui-même que dans le processus de production.

Pour maintenir son avance concurrentielle et éviter tout surcoût de maintenance, La Boule Obut a voulu moderniser une partie de son outil de production, tout en préservant son caractère artisanal et son savoir-faire humain.

C'est ainsi qu'en 2012, l'entreprise a fait appel aux solutions de Stäubli Robotics pour automatiser et réaliser des opérations de contrôle, tout en répondant aux standards d'excellence et de précision qui ont fait son succès depuis l'origine.

#### La solution

##### **Un outil modernisé, un robot ultra-performant**

Après avoir repensé et modernisé l'atelier, tout en prenant en compte la place de l'Homme dans son poste de travail, Stäubli a donc installé un premier robot TX90 en 2012 pour la ligne Loisir et un second en

2014 pour la ligne Compétition. L'arrivée de ces robots de transfert, équipés de capteurs de contrôle placés juste après la phase de soudage, a immédiatement permis de réduire les temps de cycles et d'augmenter la qualité des boules de pétanques.







« Le contrôle intervient en début de cycle. Il concerne la soudure et la géométrie de la boule, précise Pascal Ferragne, responsable production de l'atelier. Aujourd'hui, les opérateurs ne perdent plus leur temps sur cette opération et se consacrent à d'autres tâches plus valorisantes comme la programmation du robot ».

Cette modernisation de l'outil de production a également bénéficié au confort de travail des opérateurs : les robots les déchargent des manipulations lourdes et leur garantissent plus de flexibilité en période de forte activité. En outre, la robotisation a permis d'éviter de délocaliser et de maintenir l'emploi sur le site.

« Ces robots Stäubli ont insufflé à notre entreprise une nouvelle dynamique et une nouvelle philosophie, explique Pierre Souvignet, Président de la Boule Obut. Ils nous ont permis de renforcer notre positionnement stratégique vis-vis de nos clients et de développer une image tournée vers des technologies d'avenir. »



#### Avantages pour le client :

- Productivité accrue et emploi pérennisé
- Performances techniques, vitesse, précision, répétabilité, qualité élevée
- Réduction de la consommation d'énergie pneumatique d'environ 70% sur un poste de travail.
- Service de proximité
- Partenariat « Made in France ». Stäubli est le seul constructeur français de robots industriels à maîtriser tous les composants du robot, du réducteur aux logiciels embarqués.
- Priorité donnée à la relation homme-machine afin de faire évoluer favorablement la productivité, tout en préservant l'emploi.



[Visualiser la vidéo d'illustration](#)

## G. La logistique

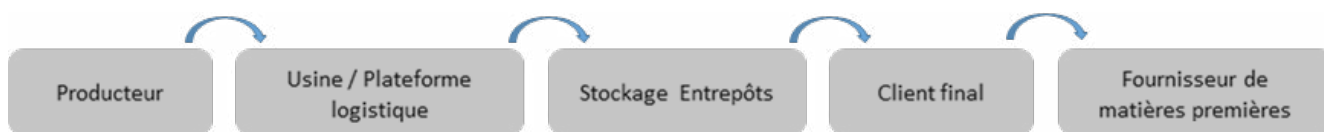


Le marché de la logistique, en plein développement, fait de plus en plus appel à de nouvelles innovations technologiques. Les différents métiers des entrepôts génèrent de vraies problématiques concernant l'amélioration des conditions de travail et la difficulté des logisticiens à recruter des opérateurs sur des métiers difficiles. De plus en plus intelligent, le robot vient prendre sa place

dans les process logistiques aux côtés des hommes. Les roboticiens ont bien compris les nouveaux besoins des logisticiens et proposent donc des gammes de produits répondant aux nouvelles exigences du marché comme :

- Développer les performances des prestataires pour améliorer le service client en continu
- Faire évoluer les métiers de la logistique dans les plateformes et entrepôts avec de nouveaux équipements
- Mettre en place des solutions permettant aux logisticiens de proposer de nouveaux services à forte valeur ajoutée, pour satisfaire les besoins des clients

## 1. Les acteurs du marché de la logistique



- **Le fournisseur de matières premières :** il travaille de pair avec les producteurs.
- **Le producteur :** il joue le rôle du donneur d'ordre de la logistique et confie une ou plusieurs parties de la logistique à des prestataires.
- **Ces prestataires logistiques** interviennent dans des entrepôts et dans des plateformes logistiques pour assurer les opérations de leur donneur d'ordre, le but étant de satisfaire le client final.
- **Le client final :** il est le consommateur du produit fini.

## 2. Les applications robotisables

### Déchargement de containers et de camions

Cette solution permet :

- La suppression des TMS liées à ce type de métiers. En effet, le déchargement manuel de la cargaison d'un container nécessite beaucoup d'opérateurs, impliquant de nombreux risques d'accidents de blessures liés à la manutention de produit lourds et difficile à manipuler.
- L'élimination des problèmes liés à la manutention de produits dangereux et malodorants
- Le contrôle quantitatif et qualitatif des marchandises. Ce système robotisé assure la traçabilité de la totalité des cartons.
- L'élimination des casses, dégâts matériels de produits fragiles et coûteux liés à une mauvaise manutention.

Ce système robotisé cartographie progressivement le container, et contrôle les volumes ainsi que le poids des marchandises. Il peut se déplacer vers l'avant, vers l'arrière, mais aussi latéralement, pour faciliter le déplacement du système sur les différents quais de transbordement.

L'ensemble du processus est enregistré par le biais d'une caméra et peut être surveillé en même temps.



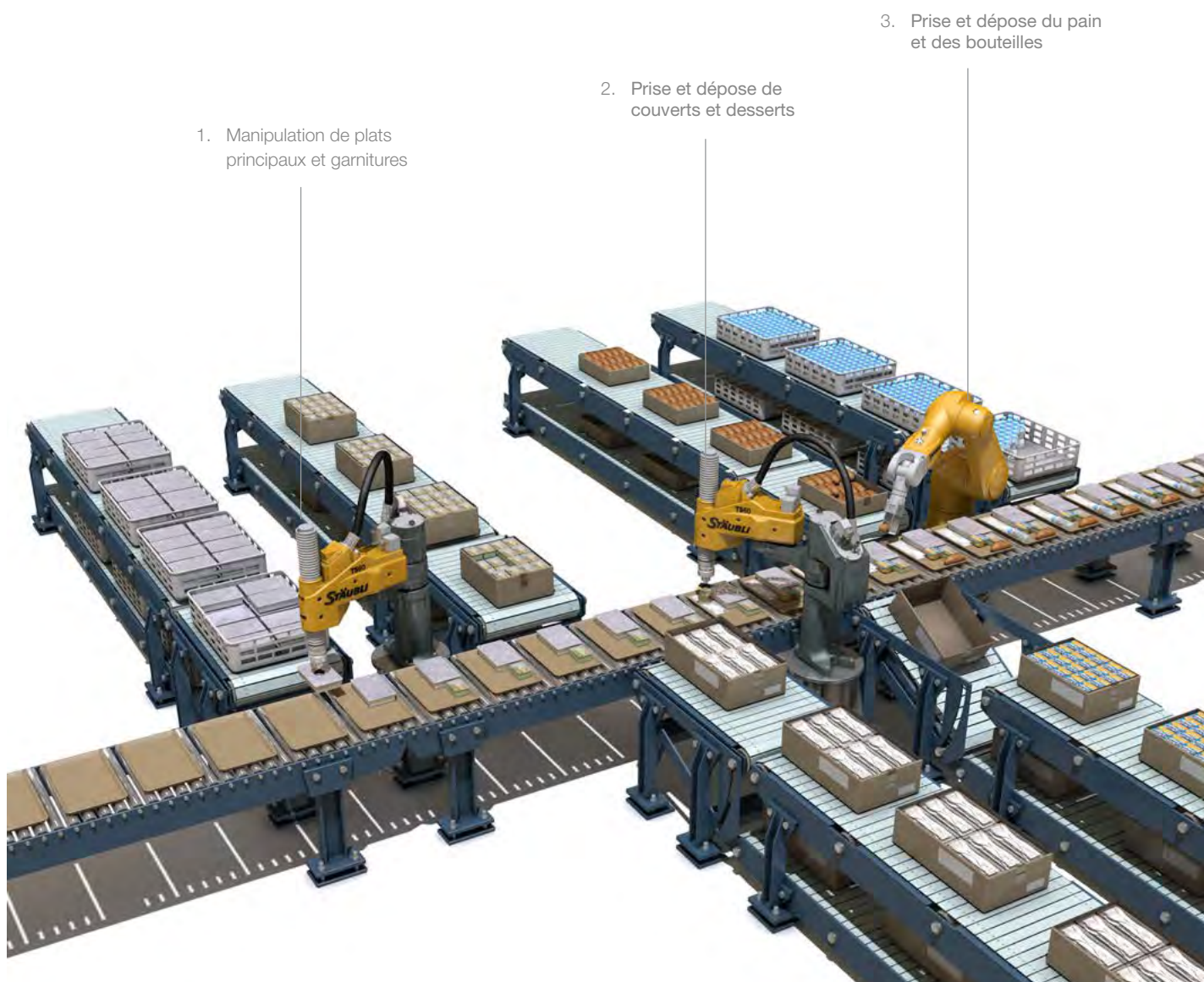


## Préparation de plateaux repas

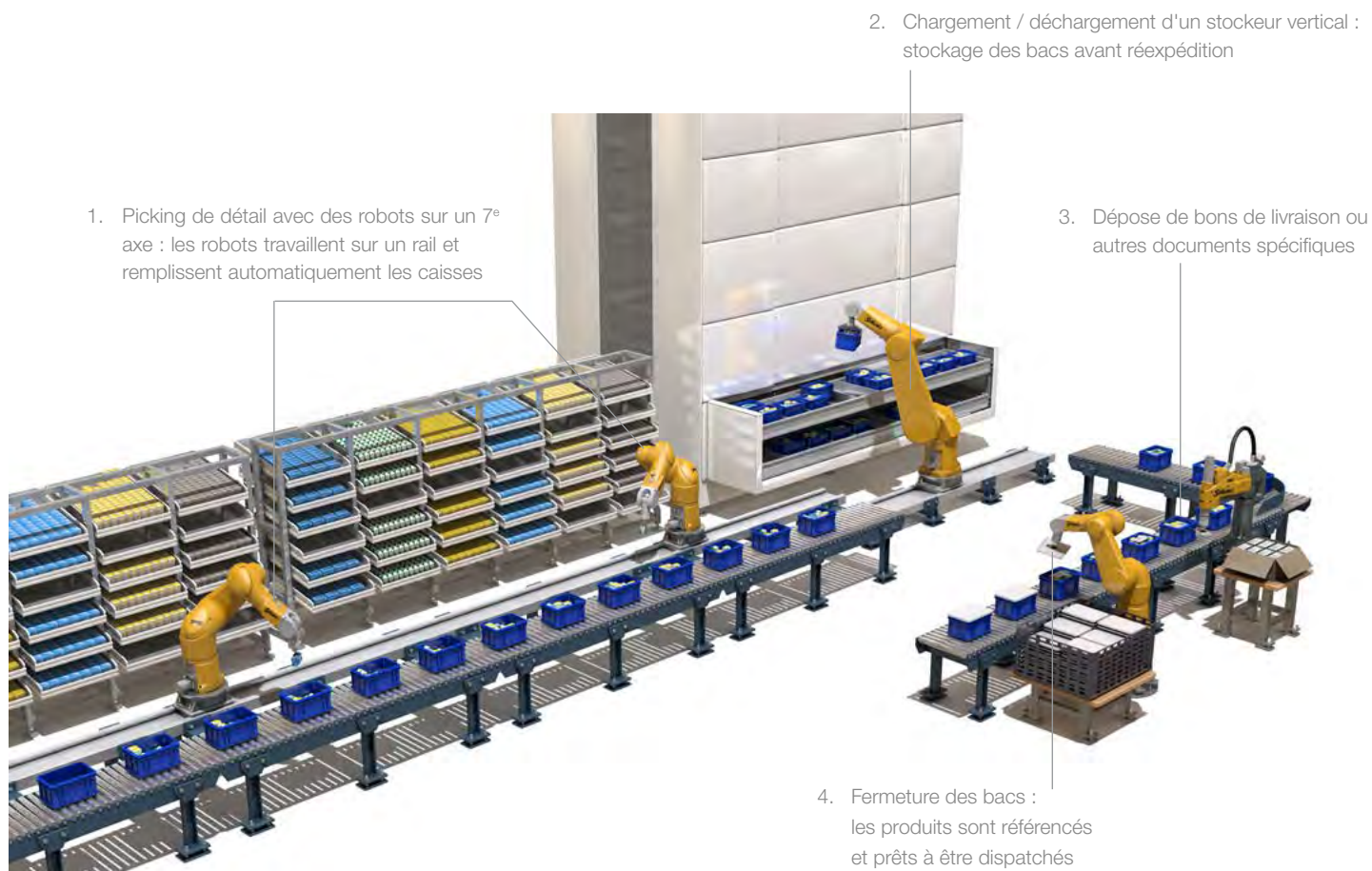
Aujourd'hui, les centres hospitaliers, les aéroports ou autres établissements qui produisent des repas en grande quantité, doivent répondre à de fortes cadences pour satisfaire leur clientèle. Robotiser permet d'améliorer la traçabilité des produits et de perfectionner la gestion de la chaîne du froid en augmentant les capacités de production.

Les robots industriels sont capables de manipuler une grande variété de produits :

- Des produits conditionnés en début de ligne (picking des plats principaux et garniture)
- Des produits de différentes formes en milieu de ligne (picking des couverts et desserts)
- Des produits « nus » en fin de ligne (produits boulangés ou autres aliments)

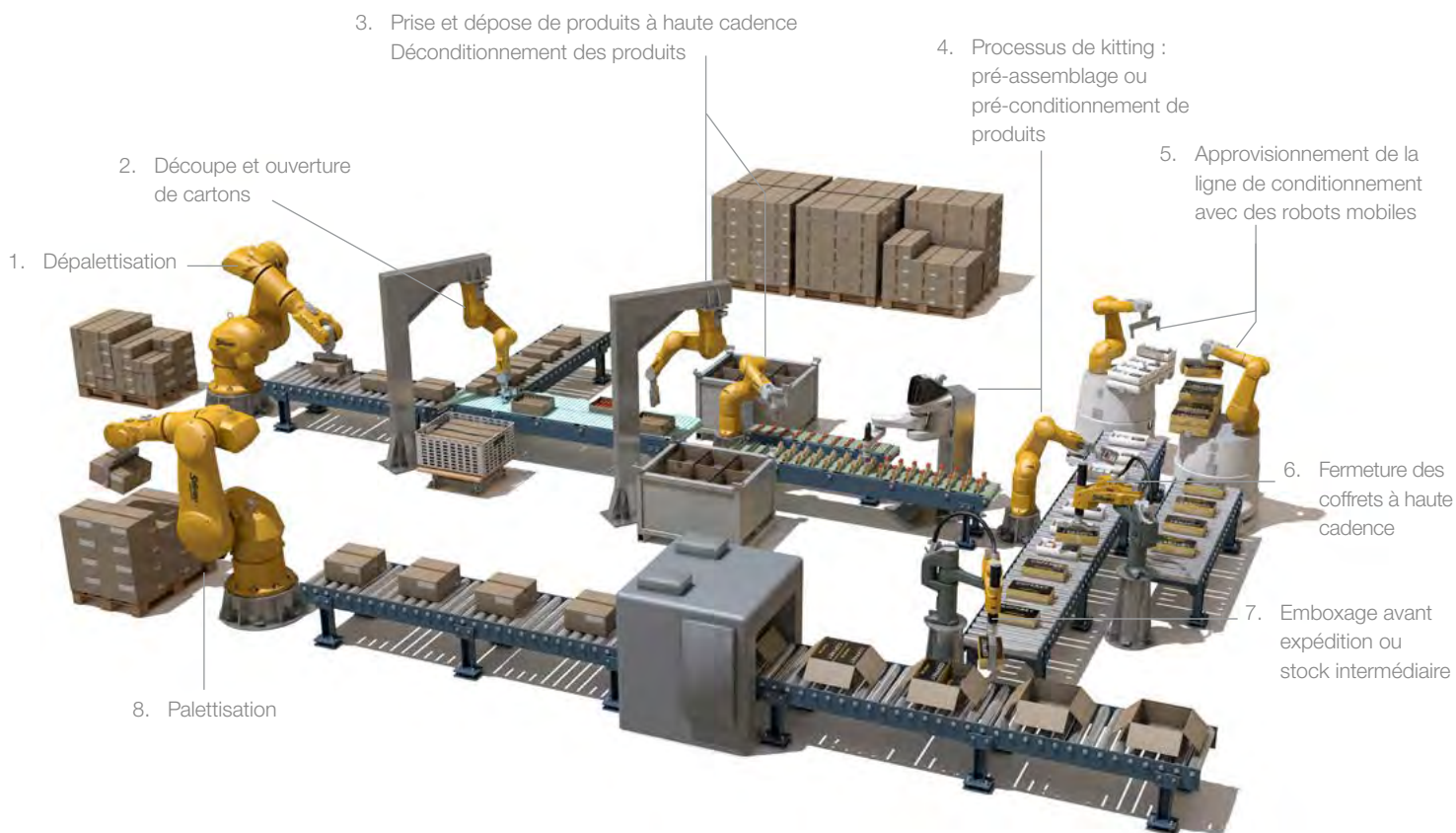


Préparation de commandes en entrepôt





Ligne de conditionnement Co-Packing



## H. Le bâtiment



N'étant pas encore un secteur où la robotique s'est très développée, le bâtiment est un des domaines d'activités possédant le plus de contraintes physiques pour les travailleurs de chantier. Les conditions de travail dans ce secteur peuvent parfois représenter un réel danger dus notamment

aux exigences des normes qui ne cessent d'évoluer. A ce jour, la robotique est déjà capable de réaliser des applications en lien avec ce domaine d'activité pour permettre d'améliorer la santé économique des entreprises du bâtiment et d'améliorer les conditions de travail :

- Lavage de vitres
- Peinture / décapage des façades
- Montage de murs de brique
- Ponçage
- Perçage
- Impression 3D bâtiment

### 1. Les acteurs du bâtiment

#### Le maître d'ouvrage :

Dans le domaine du bâtiment, le maître d'ouvrage est le client. Il s'agit de la personne pour le compte de qui est réalisé l'ouvrage :

- Particulier
- Société civile
- Etat / collectivité locale
- Promoteur

#### Le maître d'oeuvre :

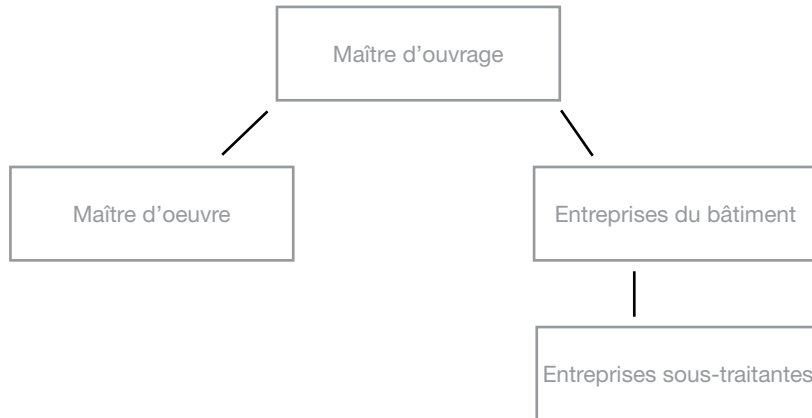
Il joue le rôle de « concepteur ». Le maître d'œuvre est une fonction regroupant plusieurs corps de métiers. L'architecte est le premier représentant de cette fonction. Il existe d'autres professionnels en lien avec la maîtrise d'œuvre comme par exemple l'ingénieur en bureau d'études techniques. Plus l'ouvrage est important, plus le nombre d'acteurs sollicités est important.

#### Les entreprises du bâtiment :

Les entreprises du bâtiment réalisent les travaux. Selon le cas de figure, elles peuvent assurer les études techniques de l'ouvrage et de la coordination des différents travaux. Toute entreprise a un droit de sous-traitance.

**Les fournisseurs:**

Les fournisseurs vendent ou louent les éléments nécessaires à la construction de l'ouvrage comme les matières premières ou encore les engins de chantier.



**2. Les applications robotisables**

La plupart des environnements industriels dans lesquels les robots opèrent sont stables, prévisibles et abrités. Généralement, les robots fonctionnent dans des espaces couverts comme des entrepôts ou des chaînes de montage, ou même confinés dans leur propre cellule de travail sta-

tionnaire. L'industrie de la construction est très différente.

Les projets de construction se déroulent dans des environnements extérieurs non structurés et les chantiers sont en constante évolution. Les robots de construction

doivent généralement être mobiles et capables de réagir aux variables de leur environnement d'exploitation. Certains robots de construction commencent à franchir ces barrières et s'avèrent efficaces sur le chantier.

Les applications robotiques possibles :

- Découpe de tôle (pièce portée)
- Rivetage
- Pliage
- Pose de carrelage / parpaing (pick and place / handling)
- Lavage
- Maçonnerie (Pièce portée)
- Ponçage
- Décapage
- Peinture
- Assemblage par soudure (dépose matière)
- Impression 3D béton / isolation (dépose matière)
- Perçage de murs



**Impression 3D d'une maison avec un robot mobile**



**Traitement de façade robotisé avec un robot sur un chariot télescopique**

## I. L'aéronautique / l'aérospatial



Le secteur aéronautique est un secteur très complexe. La demande s'est fortement accrue ces dix dernières années notamment car l'industrie aéronautique possède un carnet de commande très important. Les délais de livraison réduits tout en garantissant la qualité et la traçabilité génèrent une importante pression sur l'ensemble des ac-

teurs de l'aéronautique.

Cela engendre également une forte augmentation des cadences de production. Le marché de la construction aéronautique et aérospatial fait de plus en plus appel à des solutions de robotique industrielle pour optimiser l'efficacité de leur process de production.

### 1. Les acteurs de l'industrie aéronautique

Plusieurs acteurs sont présents :

- Les grands industriels ou avionneurs
- Les sous-traitants, équipementiers, souvent spécialisés dans un métier précis (par exemple : motorisation ou habitacle)
- Les sociétés d'ingénierie



## 2. Les applications robotisables

### Usinage robotisé de pièces en matériaux composites

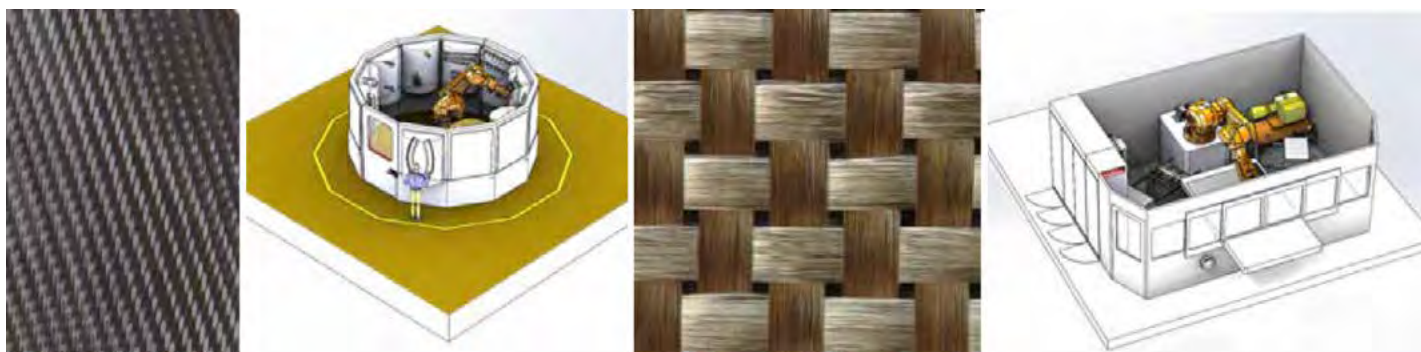
Les matériaux composites se sont fait une belle place dans le secteur de l'aéronautique, en équipant plus de 50 % des appareils les plus récents. Ces matériaux permettent d'alléger considérablement les appareils et de faire ainsi de fortes économies de kérosène. On retrouve notamment

ces matériaux dans les panneaux, les ailerons ou dans le fuselage.

Des solutions dédiées sont créées, comme par exemple le projet Acrobot qui est un projet de conception d'une cellule robotisée d'usinage de haute précision.

Dans ce type d'application, le robot offre

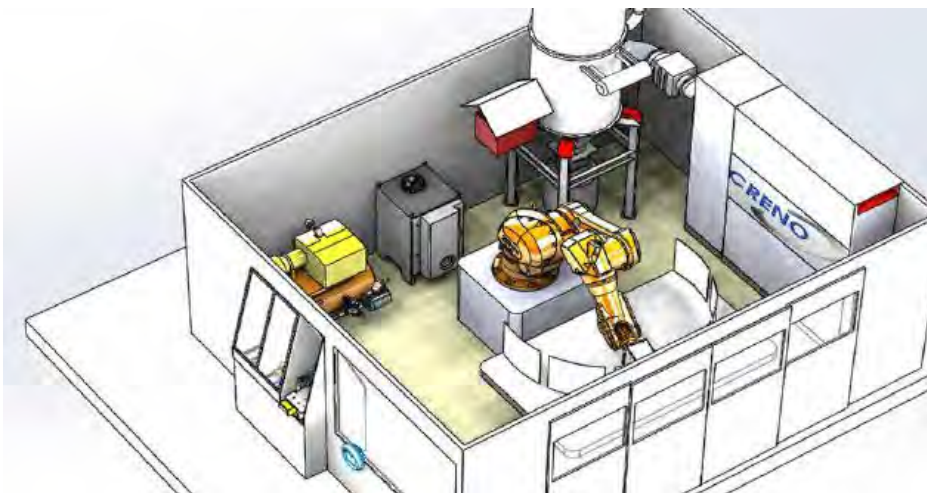
plus de flexibilité qu'un centre d'usinage classique, une réduction de moitié de la surface au sol avec une implantation facilitée et un génie civil allégé, ou encore un accès optimisé aux zones à usiner



### Perçage acoustique

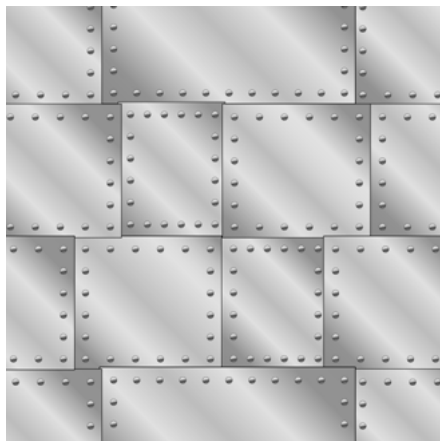
Les réacteurs d'avions sont soumis à des normes draconiennes de réduction progressive de leur niveau sonore. Dans ce but, ils contiennent des pièces en composites ayant des centaines de milliers de trous de petit diamètre (en général 1 à 1,8mm) qui font office de « piège à son ».

Le robot possède une grande enveloppe de travail, ce qui permet d'atteindre différentes zones. Combiné à des têtes multi-broches, il offre une grande flexibilité et une grande plage de diamètre de perçage.



### Rivetage robotisé

Les fixations ou rivetages sont extrêmement nombreux. Pour exemple, un avion A380 représente la mise en place de 23 000 rivets. La durée de travail nécessaire pour fixer les sous-ensembles est donc très importante. Robotiser ce type d'opération prend tout son sens. Le robot peut travailler sans interruption tout en assurant une répétabilité.





**Peinture**

Tout comme dans le secteur automobile ou ferroviaire, les applications de peinture sont très communément réalisées par des systèmes robotiques. La surface à peindre étant très importante, des robots montés sur un axe linéaire ou encore des robots AGV (Automated Guidage Vehicles) sont souvent à la charge de cette tâche.

## J. Le photovoltaïque

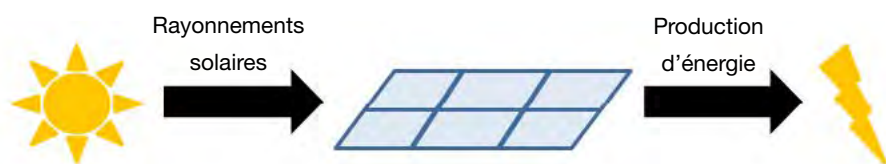


Le marché mondial du photovoltaïque connaît actuellement une baisse drastique des coûts de production. Ce marché longtemps dominé par la Chine connaît depuis peu un développement important en Europe.

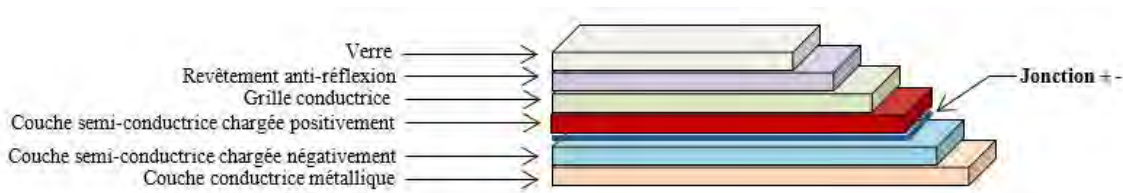
Au vu de la fragilité des matières premières, la robotique est partie prenante dans l'évolution de ce marché. Elle opère sur des opérations en lien avec les semi-conducteurs.

Afin de mieux comprendre ce marché, il est important de rappeler le fonctionnement d'un panneau photovoltaïque et la constitution d'une cellule solaire :

### Rappel du fonctionnement d'un panneau photovoltaïque :



**Rappel de la constitution d'une cellule solaire :**



**1. Les acteurs du photovoltaïque**

Plusieurs acteurs sont présents :

- Le fabricant de panneaux solaires : il conçoit, via des sous-traitants, des panneaux photovoltaïques et les commercialise principalement aux fournisseurs d'énergie.
- Le fournisseur d'électricité : il représente le client final utilisateur de ce secteur. Il utilise cette technologie dans le but de produire l'électricité qu'il distribuera par la suite aux entreprises et aux particuliers.

**2. Les applications robotisables**

**Nettoyage et inspection de wafers**

Avant la conversion en cellules solaires, les wafers sont testés pour s'assurer qu'ils ont les bonnes dimensions et le bon poids, et pour vérifier l'absence de dommages ou de fissures sur les bords et les surfaces (voir image ci-contre).



**Test de cellules par simulateur solaire**

En production, les modules doivent passer une série appropriée d'essais de simulation solaire pour être certifiés.

Le module photovoltaïque doit être présenté devant le simulateur (voir image ci-contre).



**Rognage / Laminage des bords de cellules solaires**

Après avoir positionné des cellules solaires en série, l'étape suivante est celle de l'encapsulation avec feuille de couverture et feuille de fond EVA (voir image ci-contre).





### 3. Success Story « Des robots salles blanches responsables de précieuses cargaisons » - Exemple de l'entreprise SÜSS MicroTec



#### Challenge

##### Manipulation automatisée de wafers (tranches de silicium)

Des robots déplaçant des composants d'un point A vers un point B : voilà ce qui peut sembler être une procédure de routine. Néanmoins, il en va tout autrement lorsqu'ils manipulent des wafers de silicium dans la zone « back-end » car, à ce stade, une seule tranche peut valoir plusieurs milliers d'euros. SÜSS MicroTec a opté pour le robot haute précision TX60L CR de chez Staubli pour assurer une manipulation ultra-sécurisée de cette précieuse cargaison. (« CR » signifie « salle blanche » en anglais)

L'Asie a effectivement la mainmise sur le marché des semi-conducteurs ; toutefois, le groupe SÜSS MicroTec est en mesure de rivaliser sur le même plan en ce qui concerne le traitement des wafers. L'une des sociétés du groupe est SÜSS MicroTec

Lithography GmbH qui, comme son nom l'indique, se spécialise dans l'utilisation de la microlithographie pour le traitement des wafers dans le back-end et offre une gamme complète de produits de revêtement et de développement.

Sa maîtrise parfaite des processus ainsi que la rapidité, la précision et la fiabilité de la manipulation des wafers avec des taux de casse négligeables au ppm près sont des arguments qui ont convaincu ses clients dans le monde entier. La flexibilité est également une autre raison de sa compétitivité sur le marché asiatique. L'équipementier spécialisé allemand jouit d'un niveau d'expertise exceptionnellement élevé en ce qui concerne l'adaptation des installations en fonction des besoins des clients, tandis que ses concurrents asiatiques se concentrent principalement sur la construction de systèmes prêts à l'emploi.

##### Avantages pour le client :

- Très faible taux de casse des wafers
- Manipulation précise du robot au  $\mu\text{m}$  près
- Conception de système flexible
- Temps de cycle courts
- Productivité élevée



## Solution

### Des systèmes innovants de revêtement et de développement par manipulation robotisée

Même dans une configuration standard, les systèmes sont conçus pour être très flexibles, comme l'illustrent le revêtement et le cluster de développement modulaires ACS 300 Gen2. Le système peut être utilisé sans modification mécanique pour le traitement de wafers de 200 mm et 300 mm. Ses principaux domaines d'application sont les procédés de revêtement sophistiqués, dans les applications de conditionnement des wafers et l'intégration 3D. Toutes les opérations de manipulation au sein de l'usine sont effectuées par le robot Stäubli salle blanche TX60L CR. Dans le back-end, les spécifications salle blanche vont de ISO 3 à ISO 4 et sont facilement honorées par la version salle blanche du TX60L.

Les systèmes de SÜSS MicroTec sont soumis à des exigences très élevées en matière de fiabilité, de répétabilité, de temps de fonctionnement et de manipulation sécurisée, car environ 90 % des étapes de production ont déjà été réalisées à ce stade. Il serait donc catastrophique que l'un de ces wafers très onéreux se brise.

Par rapport aux robots à trois bras répandus dans le secteur et ayant une liberté de mouvement dans seulement trois plans, le robot Stäubli six axes est beaucoup plus flexible. Le TX60L l'est particulièrement grâce à son long bras au rayon d'action considérablement plus étendu. L'espace de travail plus grand permet une disposition beaucoup plus flexible des modules dans le système. En outre, le TX60L offre une précision de positionnement et une répétabilité supérieures par rapport aux systèmes à trois bras, ce qui est un critère décisif dans le retrait des cordons sur les bords du wafer.

### Utilisation du client

#### Précision et fiabilité maximales

Le robot se doit d'être ultra précis lorsqu'il place des wafers dans les modules de process. Grâce au Stäubli TX60L haute précision, l'objectif déclaré d'atteindre une précision de placement absolue de  $\pm 50$  microns dans les modules a été atteint. Cela est dû en grande partie à la technologie d'entraînement brevetée des robots Stäubli.

La précision de trajectoire élevée du robot représente également un avantage majeur lors du prélèvement et de l'insertion des wafers. Sans le moindre tremblement, le

robot manipule les onéreux wafers avec une fiabilité exemplaire. Aucune casse de wafer n'est encore à déplorer. Les temps de cycle du système varient considérablement selon la tâche en cours. Pour certaines séquences, les temps de process des modules sont les éléments limitatifs, tandis que pour d'autres tâches, c'est le temps de cycle du robot lui-même qui est le facteur déterminant. Dans les deux cas, l'usine bénéficie des temps de cycle ultra-rapides du robot industriel Stäubli qui travaille avec la plus grande précision malgré des forces d'accélération élevées, évitant en toute sécurité des dommages sur le wafer.

Le fait que seuls les robots à six axes produits par Stäubli soient désormais utilisés dans les clusters innovants ACS300 Gen2 construits par SÜSS n'est pas une coïncidence. La procédure de sélection impliquait un examen minutieux des alternatives du marché. Mais dans la recherche d'une combinaison optimale de rayon d'action, de vitesse, de précision et de fiabilité de manipulation, seul le meilleur robot pour cette application pouvait être approuvé.



## K. Le médical et le pharmaceutique



Le marché des sciences de la vie englobe plusieurs segments où les robots sont indispensables, à savoir :

- La recherche en laboratoire : utilisation des robots pour manipuler des échantillons afin de découvrir de nouveaux médicaments, automatisation des tâches dans des laboratoires pour protéger les Hommes d'environnements dangereux pour leur santé...
- La production pharmaceutique et culture cellulaire : fabrication et conditionnement de médicaments, distribution aseptique...
- La fabrication de matériel médical et d'implants orthopédiques : utilisation de la précision d'un robot pour réaliser l'ébavurage et le polissage d'implants, automatisation du moulage de composants médicaux par injection...
- L'automatisation de la préparation médicamenteuse dans les hôpitaux afin de répondre à des cadences pour réaliser le remplissage de seringues et poches de perfusion pour les patients.
- La chirurgie robotisée : utilisation des nouvelles technologies pour améliorer et optimiser certaines interventions complexes au niveau du cerveau (tumeurs, origine d'une crise d'épilepsie), de la colonne vertébrale, du genou, etc...

### 1. Les acteurs du marché du médical et du pharmaceutique

Les acteurs de ce marché sont les suivants:

#### **Pharmaceutique et médical :**

- Les industriels, laboratoires pharmaceutiques et centres de recherches : recherches par exemple sur de nouveaux dispositifs médicaux, création et fabrication de médicaments, de traitements pour la santé humaine et/ou vétérinaire,
- Les centres de distribution pharmaceutique : logistique et conditionnement des médicaments
- Les centres hospitaliers qui automatisent de plus en plus la préparation médicamenteuse
- Le contrôle des process et distribution chez les différents répartiteurs

#### **Chirurgie robotisée :**

- Les start-up qui, accompagnées par des laboratoires, médecins ou industriels, développent de nouvelles solutions sur ce marché en pleine croissance.

## 2. Les applications robotisables

### Fabrication d'appareils médicaux

#### Ébavurage et polissage des surfaces d'implants orthopédiques

Le polissage des implants orthopédiques est l'une des nombreuses applications de haute précision en robotique.

Les fournisseurs s'appuient sur des robots 6 axes pour réaliser de l'usinage haute précision avec des tolérances de trois centièmes de millimètre.



#### Fabrication de tubes en spirales automatisée

Jusqu'à présent, la fabrication de tubes endotrachéaux était considérée comme tellement complexe qu'elle dépassait le champ d'application de l'automatisation.

Le tube en spirale est une sonde creuse spéciale, utilisée pour les anesthésies et pour les soins intensifs.

Dans cette application, un fin ressort hélicoïdal en acier est enroulé autour d'un tube en PVC et une gaine adhésive est ensuite appliquée.



#### Assemblage et manipulation d'instruments médicaux et optiques

Dans une cellule robotisée compacte, un robot 6 axes est chargé de tester différents composants d'inhalateurs-doseurs. Lorsque la production se compte en million d'unités, les normes de sécurité et de qualité les plus strictes s'appliquent.

Les tests de traction et de haute pression fonctionnent parallèlement à la production dans des conditions de salles blanches.

Les robots garantissent des temps de cycles courts. Utilisé conjointement avec des solutions ingénieuses, le bras compact et fiable offre une qualité d'inspection et une sécurité du produit dans un espace confiné.

Outre une augmentation significative de la productivité, le système facilite le respect des normes qualité les plus élevées dans des conditions reproductibles fiables.





**Production pharmaceutique et biotechnologie**



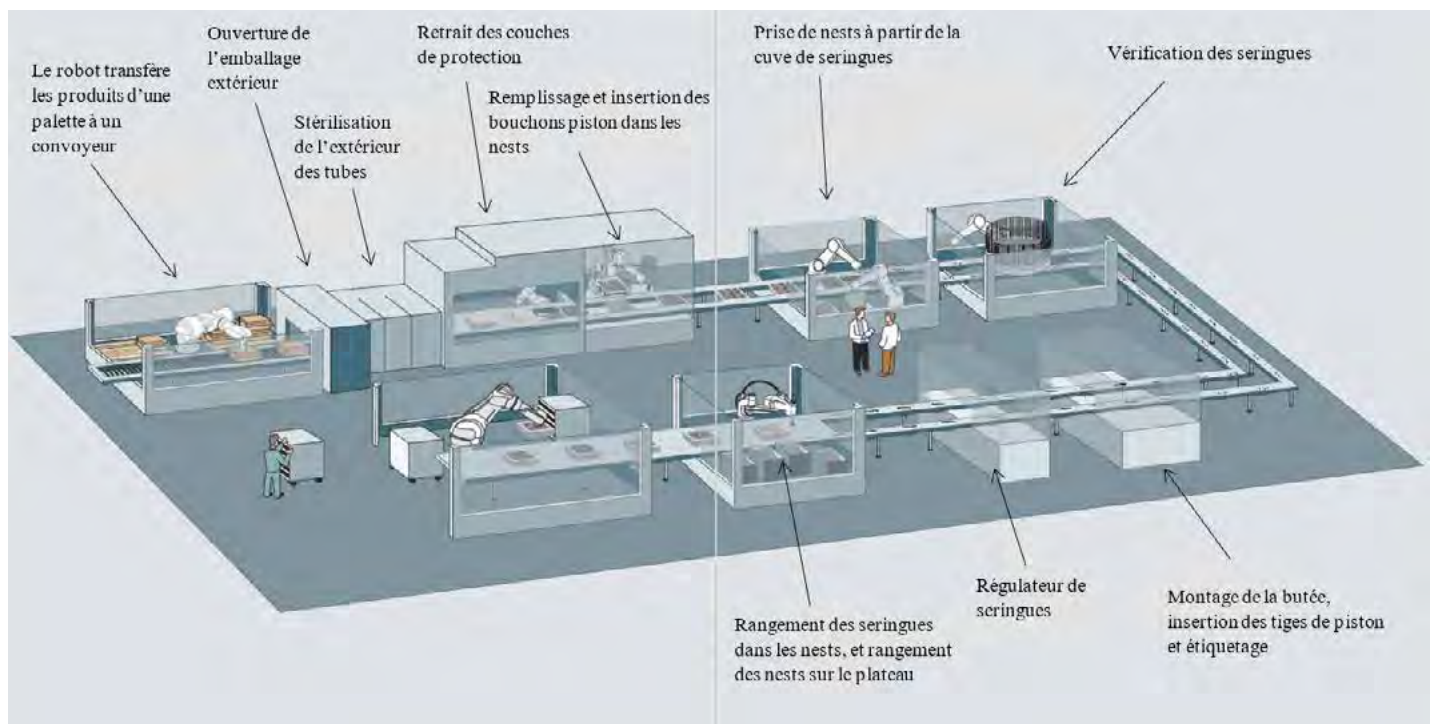
La fabrication de médicaments pose des défis particuliers. Afin de répondre à des normes de sécurité élevées, l'industrie s'appuie sur un système de traitement aseptique avancé. Il s'agit d'un ensemble complet de mesures visant à éviter systématiquement la contamination.

**Manipulation et conditionnement de poches de perfusion, de seringues, d'ampoules et de flacons**

Un bras 6 axes assure une production constante de 7 200 unités par heure.



**Ligne complète de remplissage de seringues**



## Recherche en laboratoires

### Utilisation de robots sur des chaînes de remplissage liquide pour flacons

Trois robots polyarticulés sont intégrés dans ce système. Ils effectuent toutes les opérations de manipulation.

Le premier robot saisit les flacons sur la table d'alimentation et les transfère à la station de remplissage.

Le second bras robotisé 6 axes saisit ensuite les flacons remplis et les déplace vers la station de bouchage, d'où ils sont transportés par le troisième robot jusqu'à la station de fermeture finale.

La caractéristique la plus remarquable de cette configuration est que les robots sont montés au mur en dessous du niveau de travail réel afin de ne pas nuire au flux d'air.

L'utilisation d'un bras robotisé Stericlean pour les procédures de manipulation s'accompagne de toute une série d'avantages.

Tout d'abord, les robots apportent de la flexibilité, puisque leurs pinces de préhensions peuvent facilement manipuler différents types de flacons. Cela rend le réoutillage des machines beaucoup plus rapide et plus simple.

Deuxièmement, la flexibilité de ces robots signifie que les machines de remplissage ont désormais besoin de beaucoup moins de pièces de mise au format, ce qui a des répercussions positives sur le nettoyage et la désinfection des machines en raison des composants.



Grâce à l'utilisation de bras robotisés, il faut beaucoup moins de pièces de mise au format, ce qui a des répercussions positives sur le nettoyage et la désinfection des machines.

Les robots apportent une flexibilité supplémentaire, puisque leur pince de préhension peut facilement manipuler différents types de flacons.



### Conditionnement secondaire

La machine conditionne soigneusement et de façon fiable les ampoules, seringues, flacons, petites bouteilles, cartouches ou stylos avec un rendement allant jusqu'à 400 plaquettes par minute. Un bras robotisé SCARA assure la manipulation en douceur de ces produits sensibles et un remplissage de plaquettes. Le robot peut être équipé de pinces de préhension à vide.



**Robot SCARA chargé de l'alimentation pour les produits de seringues. Ce système d'alimentation remplit avec précision les plaquettes quelle que soit la taille des seringues à un taux maximum de 350 par minute.**

### Automatisation en laboratoire

Le facteur temps joue un rôle crucial dans la recherche. Les processus modernes assistés par robot fournissent des résultats rapides et fiables.

De plus en plus de laboratoires se lancent dans l'automatisation complète pour gérer le nombre toujours croissant d'échantillons. Dans ce laboratoire particulier, des milliers

d'échantillons sont pipetés chaque jour. Les systèmes robotisés utilisés facilitent l'analyse d'environ 10 000 échantillons en 1h30.

Les robots 6 axes sont chargés de la manipulation des plaques de microtitration (plaque avec de multiples « puits » utilisés comme de petites éprouvettes) entre les

différentes stations du système. Pour assurer un pipetage sans erreur, les plaques de microtitration (MTP) doivent être positionnées avec précision. Les robots doivent être rapides tout en travaillant méticuleusement.





Ces robots ont désormais un rôle établi dans de nombreuses applications englobant le développement de nouveaux médicaments, le génotypage et la manipulation d'échantillons ainsi que le criblage à haut débit (étudier et identifier des molécules aux propriétés nouvelles, biologiquement actives).



**Bras robotisé parfaitement adapté aux travaux complexes dans les analyses de laboratoire où l'espace est limité.**

### Remplissage sécurisé de seringues et poches de perfusion

En matière de santé des patients, il n'y a pas de place pour l'erreur. Les solutions robotisées allient sécurité du patient et haute performance.

Dans les dispensaires hospitaliers, de nombreux dosages différents de médicaments doivent être préparés chaque jour individuellement pour être administrés aux patients par injection (à l'aide de seringues)

et poches de perfusion. Les systèmes automatisés basés sur les robots sont de plus en plus utilisés dans le but d'élever les normes de qualité et d'exclure les risques pour le personnel hospitalier, de contact cutané avec des substances partiellement toxiques. Dans une telle cellule de manipulation, le robot haute précision cleanroom se charge de remplir les se-

ringues et les poches de perfusion avec la dose adéquate de médicament. Le robot 6 axes saisit la seringue ou la poche depuis les magasins dans la cellule, prélève la dose désirée au niveau de la station de remplissage et éjecte l'article étiqueté via un tube.

**Bras robotisé Cleanroom : la sécurité et la précision sont primordiales dans la préparation individuelle des médicaments.**



### Manipulation sécurisée des cytostatiques

Le robot se charge ici de mélanger des préparations toxiques pour la chimiothérapie. Il mesure les composants de la solution cytostatique, puis remplit l'ampoule, la seringue ou le sac de perfusion. Les patients

peuvent compter sur un dosage exact qui est en outre surveillé via un système d'AQ intégré. Le personnel hospitalier n'entre pas en contact avec ces substances dangereuses au stade de la préparation.

## Les applications robotisables dans le secteur chirurgical



La révolution chirurgicale fait son chemin depuis plusieurs années. Les médecins et chirurgiens utilisaient déjà un robot en 1985 pour placer une aiguille à l'aide d'un scanner afin de réaliser une biopsie cérébrale pour diagnostiquer un patient.

En France, comme dans de nombreux autres pays industrialisés, on compte de plus en plus de robots installés dans les hôpitaux. Malgré la crainte envers ces nouvelles technologies, elles offrent de larges et prometteuses perspectives pour notre santé : aux États-Unis, plus de 80% des opérations de la prostate sont réalisées en chirurgie robotique (source : Les Échos 2016).

Sans la main du professionnel de santé, le robot n'est rien. Il est utilisé pour effectuer une tâche précise pour laquelle il a été conçu. Si le robot a une certaine autonomie dans la réalisation d'un geste, c'est parce qu'un professionnel de la santé l'a programmé. La robotique a souvent pour rôle principal de guider les instruments classiquement utilisés par le chirurgien, et améliorer son geste.



Exemples d'interventions pour lesquelles les médecins utilisent la robotique et les nouvelles technologies

Interventions dans le but d'identifier ou soigner l'épilepsie, les tumeurs au cerveau, des troubles du comportement, la maladie de Parkinson...



Greffes de cheveux et implants capillaires



Opérations au niveau des yeux, de la cataracte...



Chirurgie ORL

Opérations et chirurgie dentaires, implants



Réalisation de diagnostics



Opérations du foie



Opérations de la colonne vertébrale



Opérations de la hanche



Opérations du genou pour l'arthroplastie

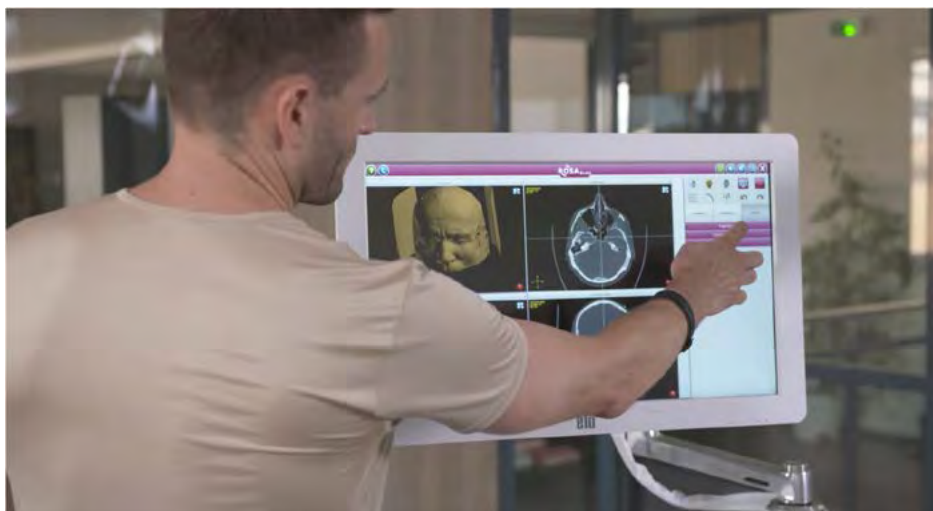




La robotique facilite et sécurise l'exécution de gestes précis et de déplacements plus stables, avec la possibilité de faire des opérations chirurgicales moins invasives qu'auparavant. Afin d'optimiser la chirurgie mini invasive, les nouvelles technologies permettent d'avoir accès à des organes situés en profondeur, difficiles d'accès à la base pour un chirurgien.



Pour le chirurgien, la robotique supprime la pénibilité physique d'une opération longue, durant laquelle il se fatiguait à tenir des positions contraignantes. La position du chirurgien est ainsi nettement améliorée sur le plan ergonomique.



**Pour le patient, la robotique va réduire la taille de l'ouverture réalisée sur son corps (moins visible et moins difficile à porter esthétiquement), avec un temps de récupération plus rapide.**



**CHU d'Amiens : en 2017, à l'aide du robot, l'équipe chirurgicale a pu implanter plusieurs vis par approche mini invasive pour le patient, tout en permettant un niveau de radiation réduit pour l'ensemble des personnes présentes dans le bloc opératoire. La robotique a aidé le chirurgien dans le positionnement des implants dans les vertèbres.**

Stäubli dans le secteur chirurgical

1985



**Utilisation d'un robot PUMA 560** : le robot place une aiguille à l'aide d'un scanner pour réaliser une autopsie cérébrale



1998



**Ortho Maquet**  
Robot Caspar : chirurgie de la hanche avec une cellule robotisée



2007



**Artas**  
Implantation de cheveux robotisée



2009



**MedTech**  
Chirurgie du cerveau



2016



**MedTech**  
Chirurgie de la colonne vertébrale

**Sylorus**  
Chirurgie de la colonne vertébrale

2018



**Keranova**  
Intervention robotisée des yeux



2019



**Quantum**  
Intervention robotisée du foie



3. Success Story « Manipulation de précision en cycles courts » - Exemple de l'entreprise Ciseo



**Challenge**

**Inspection et remplissage de seringues entièrement automatisés**

L'entreprise belge Ciseo, dont l'usine se situe à Naninne près de Namur, est spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes automatisés, adaptés à l'industrie pharmaceutique pour le contrôle de fioles, le remplissage de seringues et d'ampoules, ou l'analyse de cultures cellulaires.

Tout récemment, Ciseo a lancé un projet de système automatisé de manipulation et de remplissage de seringues à très grande vitesse (600 unités par minute).

**Solution**

**Quatre robots pour salles blanches atteignent la cadence de 600 unités/minute**

Le système automatisé de Ciseo se compose de deux cellules. La première reçoit des bacs en plastique. Dans chacun de ces bacs se trouve un plateau contenant 100 seringues vides.

L'un des deux robots Stäubli TX60L saisit le plateau avec son outil de préhension et le place sur le point d'alimentation. Le deuxième robot TX60L s'approche et soulève d'un coup les 100 seringues avant de les déposer par lots de dix sur un convoyeur qui les achemine à la station de remplissage.

**Avantages pour le client :**

- Fonctionnement fiable et économique
- Manipulation sûre
- Temps de cycle très courts : 600 seringues/minute
- Changement de format rapide



TX60L avec outil de préhension



Deux robots six axes Staubli séparent les seringues vides et regroupent les seringues remplies au rythme de 600 unités par minute.

Après avoir été remplies de vaccin, les seringues sont déposées dans l'ordre inverse sur un convoyeur qui les achemine vers la deuxième cellule. Les deux robots agissent ici en parallèle, prenant chacun dix seringues pleines à la fois pour les déposer dans le plateau. L'intégrité de chaque seringue est vérifiée par traitement d'image.

Les robots Staubli sont en version standard compatibles salle blanche allant jusqu'à la classe 5, suivant la norme ISO 14644-1. Ils atteignent des temps de cycle très courts avec une répétabilité de  $\pm 0,03$  mm.



Système de préhension du robot TX60L

### Bénéfices client

Les robots Staubli sont parfaitement adaptés aux applications pharmaceutiques grâce à leur conception hygiénique. Leur design fait la différence avec son capot étanche, l'absence de câbles et de tubulures externes et le regroupement de tous les connecteurs sous le pied du robot. Ces robots ultracompacts et très rapides se révèlent particulièrement efficaces pour ce type d'application. Leurs caractéristiques exceptionnelles et la volonté des industriels de traiter avec un fournisseur de robots unique expliquent le succès de Staubli auprès de la filière pharmaceutique. Ces robots présentent d'autres atouts, comme des zones tampons qui ajoutent à la souplesse de configuration, le changement de format en dix minutes ou moins et la manipulation sans bris de seringues. Le personnel de Ciseo a effectué la programmation des robots et fabriqué de nombreux composants. Une démarche qui lui permet d'assurer le traitement mécanique et qui a fait gagner un temps précieux à l'entreprise.



Le préhenseur retire 100 seringues du plateau et les dépose par lots de dix sur un convoyeur.



[Visualiser la vidéo d'illustration](#)

# X. Les applications en robotique industrielle







Le choix de l'intégrateur, dans le processus de développement d'un projet de robotisation, est une étape importante. Autrement dit, les fabricants de robots industriels travaillent en étroite collaboration avec des in-

tégrateurs spécialistes de certains secteurs (agroalimentaire, automobile, électronique, ect...). Cela permet à ces différents acteurs d'adapter des cellules dédiées pour chaque domaine.

## A. Les applications de Pick and Place

### 1. Manutention

La notion de manutention en robotique industrielle se caractérise par la manipulation de matériel : il s'agit de la capacité d'un robot à transporter une pièce de dimensions ou de poids importants d'un point A à un point B, tout en répondant à des cadences de production données.

Pour ce type d'application, l'installation de matériel péri-robotique est nécessaire, une

pince de préhension ou une ventouse fixée à l'extrémité du bras permettant de déplacer efficacement un produit.

Grâce à sa flexibilité, le robot a la capacité, durant des temps masqués, de réaliser d'autre opérations complémentaires ou de finition à forte valeur ajoutée comme une opération de palettisation.

Autre point important, la communication

Robot-Machine-Équipement permet de garantir un suivi constant de la production et d'assurer la traçabilité des pièces.

La robotique collaborative entre également en jeu dans ce type de procédés, permettant de gagner en souplesse à l'installation, et de réduire les coûts de production en améliorant le confort de l'opérateur par la suppression des barrières de sécurité.



Palettisation de caisses



Manipulation de tôles pour mise en autoclaves

### 2. Alimentation de lignes de fabrication

Qu'il s'agisse de lignes de fabrication agro-alimentaires, cosmétiques, automobiles, d'un secteur à un autre, les opérations d'alimentation de lignes de production sont très contraignantes pour la santé physique des opérateurs, qui peuvent notamment souffrir de TMS (Troubles Musculo-Squelettiques). Ces tâches requièrent, en général, l'utilisation de systèmes flexibles comme des robots industriels, ainsi que l'intégration de systèmes péri-robotiques pour la saisie, le déplacement et la dépose des pièces : feeder, bol vibrant, convoyeur, etc...

#### Alimentation d'une ligne de production cosmétique





### 3. Packaging / conditionnement

Les industries agroalimentaires, demandeuses principales de robots pour des applications de packaging et/ou de conditionnement, sont sujettes à des contraintes liées à l'exécution de mouvements répétitifs par les salariés, pouvant souffrir avec le temps de TMS. Ces sociétés ont pour volonté de se démarquer de leurs concurrents. C'est pourquoi elles innovent dans leurs méthodes d'emballage ce qui leur impose l'utilisation d'outils techniques extrêmement performants, en matière de souplesse.

Pour répondre aux demandes de ce secteur, la solution robotisée est fortement recommandée.

Les applications de packaging sont généra-

lement des lignes composées de systèmes péri-robotiques (convoyeur, caméra, codeur ou encore scrutateur laser). Le packaging regroupe un ensemble d'opérations variées, des tâches d'encaissage, d'emballage, d'emboilage, de palettisation, de dépalettisation etc...

Lorsque le robot est en contact direct avec le produit agro-alimentaire, on parle de conditionnement primaire. Dans le cas où le robot serait en contact avec un produit déjà emballé, on parlera de conditionnement secondaire. Comme dans le domaine pharmaceutique, les notions d'hygiène et de sécurité sont prioritaires pour les industriels, surtout pour le conditionnement primaire.



**Encaissage sur une ligne de production cosmétique**



**Décaissage de flacons de vernis**

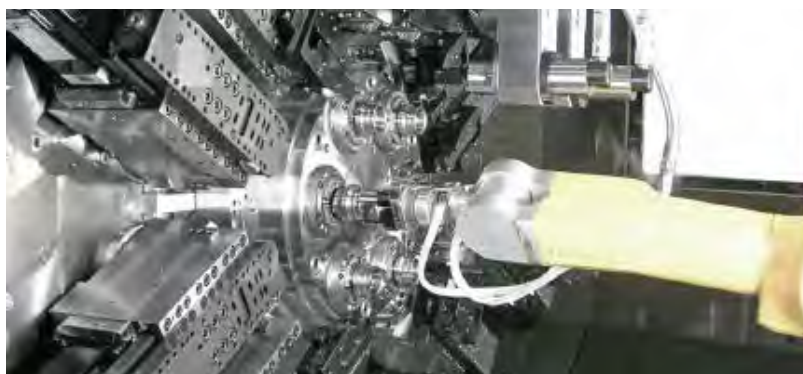
### 4. Chargement / déchargement

Les robots s'adaptent à la machine et à son environnement, à l'évolution des pièces et à l'augmentation des cadences. Ils s'interfacent sur les différentes commandes numériques.

Les opérations de chargement/déchargement de machines sont l'une des opérations les plus robotisées dans le monde de l'industrie.

Plusieurs solutions existent pour ce type d'opération :

#### Chargement / déchargement d'un tour d'usinage



**Robot intégré dans un tour multibroche**



**Robot intégré dans une machine à transfert rotatif pour des opérations de chargement / déchargement**



**Chargement / déchargement d'un centre d'usinage**

## B. Les applications de Process

### 1. Assemblage

Les opérations d'assemblage impliquent le plus souvent de pouvoir effectuer des mouvements très complexes. C'est pourquoi on utilise en grande majorité des robots 6 axes afin de reproduire les mouvements d'un bras humain. Cela permet aussi d'envisager de faire évoluer l'application sans limite.

Les applications d'assemblage font partie des plus courantes en robotique industrielle. Le fonctionnement du robot dans ce type de tâche se fait en interaction avec des systèmes de détection et de guidage via des systèmes de vision 3D et 2D. Cela permet notamment d'identifier la pièce à

laquelle le robot est confronté, afin d'assembler le produit avec la plus grande précision. Pour les tâches d'assemblage de plus grande ampleur, la collaboration et la communication entre tous les robots sont indispensables pour un rendement optimal.



**Assemblage de vials sous flux laminaire**



**Assemblage de générateur de gaz pour air bag**

## 2. Usinage

Les opérations d'usinage sont traditionnellement réalisées par des machines-outils. Ces machines très perfectionnées représentent un investissement important, particulièrement pour des pièces de grandes dimensions.

Lorsque les cadences sont moins élevées et que la flexibilité prime, une alternative consiste à monter en bout de robot ou d'intégrer dans le bras une électrobroche. Cette

solution apporte une grande rigidité et permet d'obtenir une très bonne précision pour la réalisation des opérations de parachèvement, détournage, perçage, taraudage, ébavurage ou fraisage.

Le robot est capable d'usiner de nombreux matériaux tels l'aluminium, l'inox, les composites, le bois, le verre ou la pierre. Les applications sont très variées et s'appliquent parfaitement aux besoins de l'aéronautique,

l'automobile, le ferroviaire, le nucléaire ou le prototypage.

De plus, des outils logiciels dédiés pour ce type d'application sont sollicités. En effet, ces outils permettent d'obtenir une similitude avec une commande numérique. Il s'agit de la combinaison de trois éléments: un module robotique, un outil CAO et un outil CFAO.



**Robot d'usinage avec électrobroche montée sur le poignet**



Fraisage



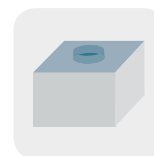
Surfaçage



Chanfreinage



Cassage d'angle



Lamage



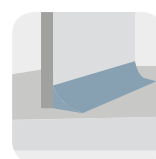
Perçage



Taraudage



Ebavurage



Meulage



Arrasage



### 3. Contrôle et mesure

Les opérations de contrôle qualité sont le plus souvent utilisées dans des secteurs tels que la métallurgie, la plasturgie, l'électronique ou l'automobile dans le but de tester des pièces fraîchement sorties de leur

ligne de production. Il s'agit de contrôle électrique, électronique ou encore de cotation, réalisé avant la phase d'assemblage du produit afin d'éviter un maximum de défauts de fabrication. L'intégration d'un robot

industriel dans ces applications représente un intérêt notamment en matière de flexibilité et de rapidité du système. La répétitivité de l'application n'est donc plus assurée par l'homme.



**Application de contrôle dimensionnel optique à grande vitesse**

### 4. Peinture et pulvérisation

Avec toutes les contraintes imposées pour la protection de l'environnement ou la sécurité des salariés, la robotique apporte de multiples solutions appropriées.

Dans l'industrie de la robotique, les constructeurs proposent de manière générale une gamme de robots dédiée entièrement aux applications de pulvérisation de peinture.

En plus du robot, un logiciel métier ou d'utilisateur spécialement conçu pour ces procédés est fourni, offrant ainsi un contrôle précis du process (largeur de jet, air d'atomisation, pression ...).

Le robot de peinture dispose de caractéris-

tiques particulières lui permettant de fonctionner dans des environnements explosifs. Le robot en lui-même est équipé d'un système de pulvérisation dédié : un pistolet de peinture pneumatique.

Pour les utilisateurs, de nombreux avantages sont à prendre en compte :

- Économie de peinture ou de dissolvants, limitant donc l'impact généré sur l'environnement
- Qualité supérieure de trajectoire combinée avec le contrôle du processus d'application amélioré et régularité de la première à la dernière pièce

- Optimisation de la souplesse du processus grâce notamment à la capacité pour le robot d'enchaîner sur une même ligne des pièces aux caractéristiques différentes (dimensions, couleurs).

Le secteur automobile fait très souvent appel à l'utilisation de robots industriels pour des opérations de peinture, en particulier pour la carrosserie et les pare-chocs des véhicules.

Cependant les robots peuvent peindre tous types de pièces, quelle que soit leur matière.



**Traitement de surface pour phares automobiles  
Application de liquide invisible spécial « anti-brouillard » sur des phares automobiles**



## 5. Soudage

L'une des applications les plus courantes en robotique industrielle est le soudage à l'arc.

Considéré comme une tâche pénible et répétitive, le soudage manuel est dangereux pour l'opérateur, notamment à cause de la nocivité des fumées dégagées ou de la difficile manipulation de pièces de dimensions importantes. Ce marché est confronté à d'importantes difficultés en termes de recrutement.

Les opérations de soudage robotisé sont majoritairement sollicitées dans l'industrie

automobile (en grande partie chez les équipementiers), dans le secteur de la métallurgie, du bâtiment ou encore de la chaudronnerie.

Les équipements robotisés vont des cellules simples et compactes destinées à des pièces de petits volumes, jusqu'aux applications dédiées dans lesquelles le robot pilote également plusieurs axes supplémentaires de déplacement ou de rotation des pièces à souder.

Les configurations comptent au minimum deux postes de travail permettant à l'opéra-

teur de réaliser en temps masqué les opérations de manutention des pièces à souder.

De la même manière que l'Homme, le robot va utiliser un équipement complet de soudage (générateur, dévidoir, torche).

La robotique, combinée à une machine spéciale, peut s'associer avec d'autres technologies de soudage comme le laser, le soudage au plasma ou encore le soudage par résistance.



Soudage laser



Soudage ultrason

## 6. Découpe et parachèvement

Les opérations de découpe et de parachèvement sont considérées comme complexes et dangereuses quand elles sont effectuées par l'être humain. Les robots industriels sont de ce fait très souvent utilisés pour ce genre d'applications. La précision de leurs trajectoires permet de réaliser de nombreuses tâches de process telles que la découpe, la finition, etc...

Dans les cas les plus généraux, les opérations de découpe sont réalisées avec différents outils adaptés, tels qu'une fraise ou un jet d'eau sous haute pression. S'agissant d'opérations dangereuses pour l'ouïe humaine, les robots sont placés dans une cabine fermée pour une sécurité maximale. Les opérations de finition consistent à

rendre à une pièce un meilleur aspect physique et lui donner ses dimensions définitives. Généralement réalisées sur des pièces de valeur (pièces d'horlogerie ou prothèses médicales par exemple), ces opérations sont très semblables à du meulage, du polissage, de l'ébavurage ou encore du satinage.

Découpe laser de carrosserie de bus avec robot monté au plafond



Polissage robotisé de prothèses médicales





## 7. Lavage / Ébavurage haute-pression

Automatiser les solutions de lavage permet aux industriels d'accroître leur production et d'améliorer la qualité de leurs produits tout en réduisant leurs coûts opérationnels. Souvent utilisés dans des milieux agroalimentaires salins, les robots dédiés nettoyage « HE » (Humid Environment) ont été spécialement conçus pour résister aux bactéries afin de maintenir la capacité des produits et les cadences de production. Le tout en optimisant leur processus selon le type de produit à nettoyer ou ébavurer.

Avantages d'une solution robotisée pour ce type de de process :

- Flexibilité du robot permettant des positions de nettoyage presque illimitées
- Suppression des copeaux ou particules, réduisant le risque de défauts sur la pièce
- Optimisation des coûts de production (eau, électricité, air et produit de nettoyage)
- Réduction des interventions d'opérateurs dans des milieux hostiles

Les opérations de nettoyage en robotique sont multiples : ébavurage haute pression, ébavurage par brossage, dégraissage à la vapeur, nettoyage (rinçage au jet d'eau, rinçage en bain) et séchage.



**Robot monté au plafond chargeant les composants dans un réservoir de nettoyage**



**Robot manipulant et orientant des composants automobiles dans la buse d'ébavurage à haute pression**



# XI. Les équipements péri-robotiques







## A. Équipements de préhension

Dans une solution robotisée, le préhenseur correspond à l'organe terminal du robot. Il s'agit de l'outil installé sur le poignet du robot. Il représente l'interface entre le produit à manipuler et le robot.

Le choix du préhenseur se fait en fonction de l'application à réaliser ainsi que de l'environnement dans lequel le robot va évoluer. Il doit aussi permettre de garantir la fiabilité de la prise en main et de la dépose du produit. Le préhenseur impacte directement la performance de la cellule robotisée.

### 1. Préhenseurs pneumatiques

Les préhenseurs pneumatiques sont alimentés via de l'air comprimé et réalisent des mouvements linéaires ou rotatifs. Il s'agit, la plupart du temps, de pinces qui fonctionnent en mode ouvert/fermé. L'ajus-

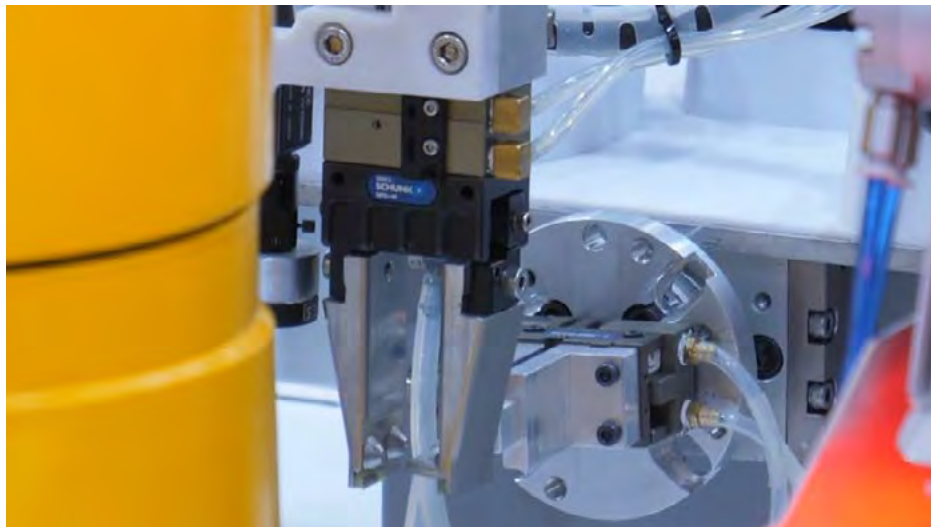
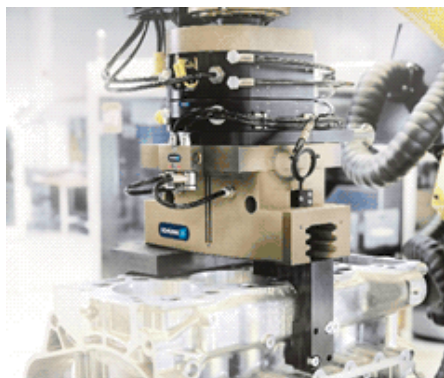
Dans la majorité des cas, le préhenseur est dédié à une application et à un produit. Dans le cas où l'on souhaite bénéficier d'une certaine flexibilité de la cellule ou intégrer différentes fonctions, le poignet du robot est parfois équipé d'un changeur d'outil automatique, ce qui lui permet d'utiliser différents outils.

Il existe à ce jour plusieurs méthodes de préhension pour s'adapter aux besoins et aux produits à manipuler. Ces produits doivent cependant avoir des caractéris-

tiques physiques similaires ou très proches (dureté, état de surface), correspondant au préhenseur. En robotique, les projets sont tous différents. L'application à réaliser, les pièces avec lesquelles interagir, les conditions exigées par le milieu, et d'autres conditions encore, sont des éléments à prendre en compte lors du choix du préhenseur. Dans les cas les plus complexes, l'équipementier péri-robotique est capable de fournir des préhenseurs adaptés, qu'il s'agisse de produits standards ou dédiés.

tement de la force de serrage s'effectue au niveau de la pression d'air comprimé. Les principaux avantages de l'utilisation de ce type d'équipement sont la simplicité, la ra-

pidité de conception, et le fait qu'ils soient moins onéreux. Il est impératif, dans tous les cas, de bien maintenir la pièce lors de la fermeture de la pince.



### 2. Préhenseurs électriques

Le principe de fonctionnement d'un préhenseur électrique réside dans l'actionnement d'un ou plusieurs moteurs électriques. Ils réalisent également des mouvements linéaires ou rotatifs, l'amplitude de l'ouverture ou de la fermeture étant programmable. Ce type de préhenseur se montre avantageux lorsqu'il est nécessaire d'adapt-

ter l'ouverture ou la fermeture aux dimensions de la pièce. La détection de la prise est intégrée et ne nécessite pas d'alimentation en air comprimé. En revanche, ce type de préhenseur peut dans certains cas être plus lent qu'un préhenseur pneumatique, et peut également s'avérer plutôt onéreux.



### 3. Préhenseurs par aspiration (dépression)

Très courant dans les applications de pick and place (packaging, manutention), ce type de préhenseur fonctionne en utilisant un vide industriel (effet venturi), pour aspirer carton, papier, barquette, produit frais, etc... Il peut être composé de blocs poreux et/ou d'une ou plusieurs ventouses souples pour répartir la charge et éviter de marquer le produit. La forme et la matière des ventouses sont adaptées aux produits à manipuler (état de surface, surface abrasive, etc...). Ce type d'équipement est simple de conception et d'installation. La ventouse

améliore la flexibilité de l'installation selon la forme, la taille, la matière, le nombre de produits à manipuler, et peut, selon le type d'application, saisir plusieurs éléments à la fois. Les inconvénients envisageables de ce type d'équipement peuvent être d'éventuelles traces laissées sur les produits après la pose. Les surfaces perforées ou sales sont à éviter.

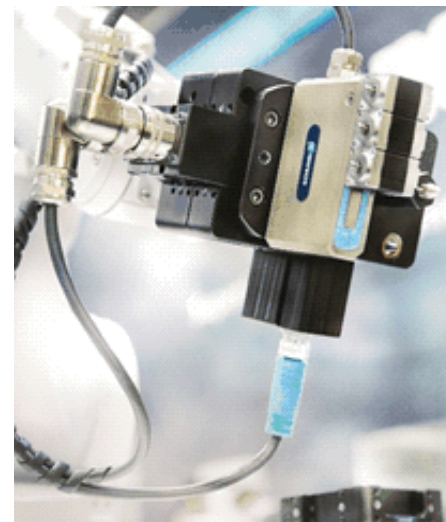


### 4. Préhenseurs magnétiques

Même s'ils sont peu utilisés, il existe deux types de préhenseurs magnétiques :

- Les préhenseurs de type électromagnétique qui sont alimentés en tension continue (On/Off).
  - Les préhenseurs à aimants permanents qui disposent d'un dispositif de séparation (actionneur mécanique, aiguilles...).
- Les avantages de ce type de système de préhension sont sa simplicité de conception et le fait qu'il ne nécessite pas d'air

comprimé pour fonctionner. Un préhenseur magnétique est adapté aux surfaces perforées, en revanche, il est très important que la surface prise soit plane et propre. Il faut de plus être attentif au maintien de la pièce pendant le mouvement. Il existe également une possible adhérence de copeaux ou de matière sur le préhenseur, ainsi qu'une éventuelle magnétisation de la pièce portée.



### 5. Mains / doigts de préhension

Les robots industriels sont d'une manière générale conçus avec les mêmes capacités qu'un bras humain : une épaule, un coude, un avant-bras et un poignet. Il n'est donc pas inenvisageable de continuer sur le même principe en intégrant un préhenseur

ayant globalement les mêmes caractéristiques que celle d'une main humaine. Ce type d'équipement péri-robotique permet notamment d'accroître la flexibilité du robot car elle a la capacité de s'adapter à la forme de l'objet pour garantir une prise

ferme. Ce type de préhenseur est très souvent intégré dans des applications nécessitant des mouvements de prise extrêmement précis où la production est très fragile, ou pour des applications de test.



## 6. Comment choisir le bon préhenseur ?

Le choix du préhenseur s'effectue à partir de critères liés aux procédés, aux pièces à manipuler et aux objectifs économiques.

### Les critères liés aux procédés :

- Quelle est la tâche à réaliser (palettisation, picking, maintien ...) ?
- Quel est le type de support pour la prise et la dépose (stable, mobile) ?
- Quel est le temps de cycle désiré (temps d'ouverture, de fermeture, accélération) ?
- Quelle est la précision de positionnement désirée ?
- Quel est l'environnement dans lequel l'installation se trouve (corrosif, toxique, humide, poussiéreux, salle blanche) ?

### Les critères au niveau de la cellule :

- Le temps de cycle
- Le taux de service
- La productivité moyenne de la cellule robotisée
- Le nombre de pièces géométriques différentes en production
- Le nombre de pièces géométriques à manipuler dans un cycle
- Le nombre de pièces ou de produits introduits à l'année
- Le nombre de cellules robotisées identiques

Réaliser une étude économique sur la globalité des coûts permettra également d'évaluer la meilleure solution technique. Elle intégrera les coûts de conception, fabrication,

### Les critères liés à l'objet à manipuler :

- La taille de la pièce permet de dimensionner la taille des pinces, la zone à libérer autour de la pièce, le couple sur le préhenseur et le robot.
- La forme de la pièce ajoute des contraintes sur la prise et l'adaptabilité du préhenseur (présence de courbes, angles, surfaces planes, position du centre de gravité).
- Le poids de la pièce et du préhenseur doit être intégré à la charge totale du le-

### Les critères au niveau du préhenseur :

- Le type de préhenseur possible (vide, pneumatique, électrique, magnétique)
- La flexibilité requise nécessitant un changeur d'outils ou un préhenseur adaptatif.
- La possibilité d'un préhenseur existant (sur étagère ou à adapter)
- La nécessité de concevoir un nouveau préhenseur (temps de conception et de mise au point).
- La séquence de manipulation des différentes pièces dans le cycle.
- Le mode opératoire pour changer de pièce ou de produit.

intégration et maintenance (consommables et pièces de rechange), les coûts opérationnels (temps de changement d'outils, de changement de production, consommation

et maintenance de l'air comprimé) et le coût d'un nouveau préhenseur pour un nouveau produit.

- L'état de surface de la pièce peut éliminer rapidement certaines techniques de préhension (salissure, fragilité, pièces esthétiques).

## B. Équipements transitiques

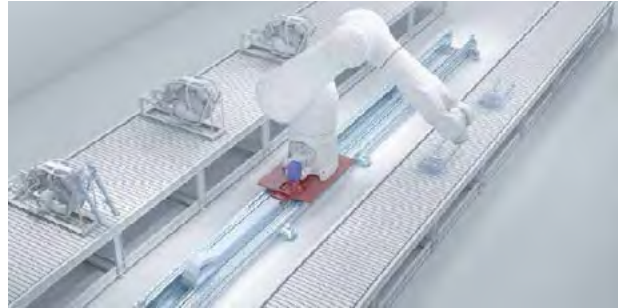
### 1. Axe linéaire externe

Pourquoi associer un robot et un axe linéaire ?

L'association des deux technologies permet une grande flexibilité :

- Augmentation de la zone de travail du robot
- Grande vitesse de déplacement
- Forte capacité de charge
- Fixation au sol, plafond ou mur
- Pour tous types de marchés

Les avantages d'un 7ème axe : possibilité de déplacer des robots sur de longues distances avec une dynamique élevée.



### 2. Convoyeur

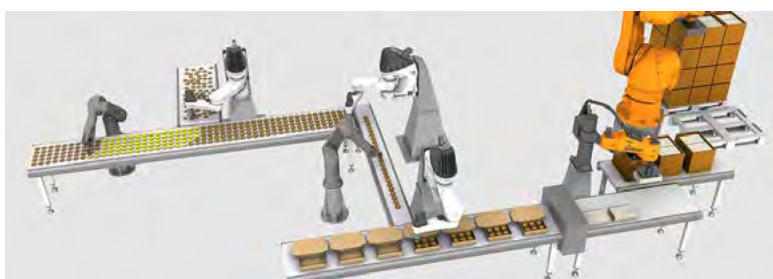
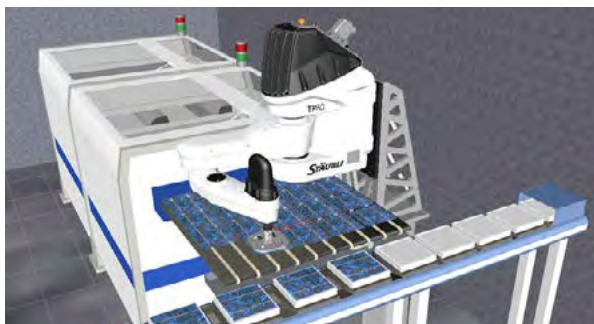
Un convoyeur est un système transitique permettant le transport d'une ou plusieurs pièces d'un point A à un point B.

Dans une ligne de production, le convoyeur est un acteur clé car il influence fortement la performance de la chaîne de fabrication.

L'objectif est de transférer les pièces dans le champ de vision du robot afin que celui-ci puisse les identifier et les saisir.

L'installation d'un convoyeur se fait en particulier lorsqu'il s'agit d'effectuer des applications de pick and place. Les opérations

nécessitant la mise en place d'un convoyeur sont appelées opérations de « tracking ». Il s'agit de l'association d'un convoyeur, d'un codeur, d'une caméra et d'un robot.





## C. Équipements de distribution

### 1. Bol vibrant

Le bol vibrant est un équipement permettant l'alimentation de pièces initialement positionnées en vrac, vers un poste de travail.

Il impacte directement l'efficacité de la ligne de fabrication, en influençant la vitesse d'amenage des pièces.

Les bols vibrants sont très sollicités dans une multitude de secteurs de production industrielle car ils permettent le transport d'importantes quantités de pièces.



Un bol vibrant est composé de quatre éléments principaux : la base, la cuve, un ensemble de ressorts et une ou plusieurs bobines (selon le modèle de bol.)

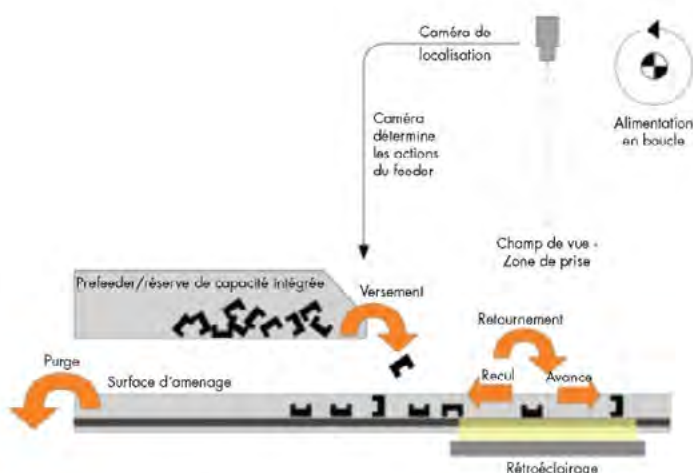
La base	La base est l'élément de soutien de la structure du bol. Elle est équipée de pieds en caoutchouc permettant l'absorption des vibrations évitant ainsi leur propagation sur les équipements liés au bol.
La cuve	La cuve assure le stockage, la distribution et l'orientation des pièces.
Les ressorts	Les ressorts maintiennent la cuve à distance de la base.
Les bobines électromagnétiques	Les bobines électromagnétiques sont liées à la base et génèrent les vibrations.

### 2. Feeder

Les pièces en vrac sont distribuées à partir du bac contenance dans la zone de prise robot situées à l'avant du feeder, l'action combinée des servomoteurs permet de verser des pièces depuis le bac, les avancer, les retourner, les reculer, selon ce que voit la caméra. Seuls deux paramètres – la vitesse

et la durée du mouvement – sont à ajuster pour personnaliser l'action d'alimentation selon le produit à alimenter. Un système de vision installé au-dessus de la fenêtre de sélection rétroéclairée analyse l'orientation et la position des pièces distribuées de manière aléatoire et indique au feeder les

actions à prendre en cas rupture de disponibilité. Une connexion Ethernet est utilisée pour transmettre au robot les positions des pièces prenables. Le robot, après avoir pris et déposé ces pièces, redonne la main au feeder pour en emmener des nouvelles.





### 3. Tables d'indexage

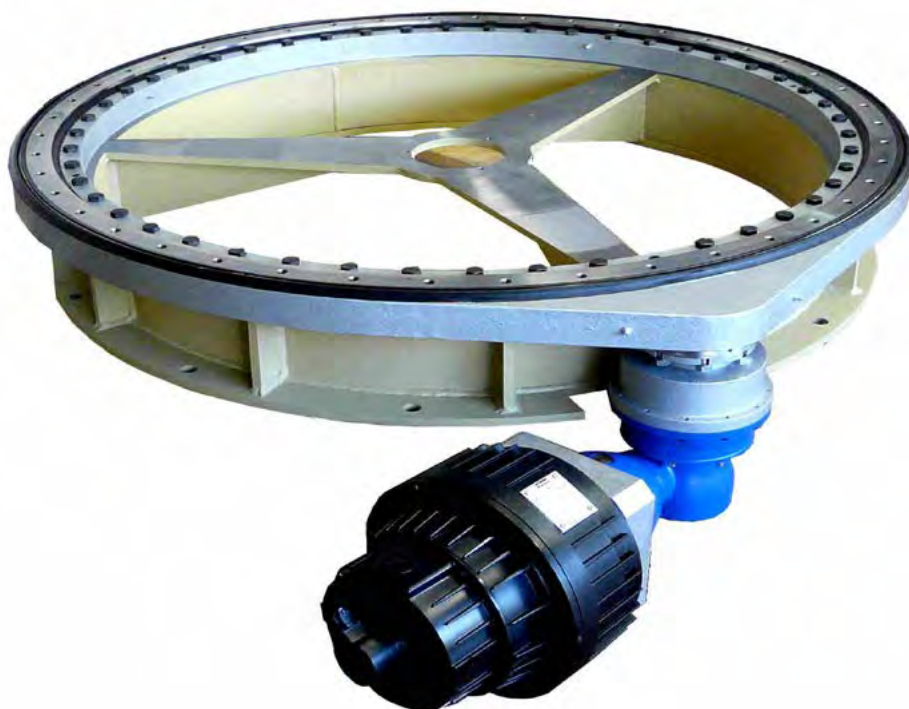
Les tables d'indexage à cames sont au cœur de nombreuses machines industrielles. Elles ont pour rôle d'assurer la précision du positionnement et la cadence de production. Elles permettent d'effectuer des tâches sur plusieurs postes, en faisant tourner un ensemble selon un angle

précis. Ces solutions électromécaniques proposent une alternative compacte, automatique et compétitive au travail en chaîne. Intégrer une table d'indexage au sein d'une machine spéciale possède de nombreux avantages.



### 4. Anneaux électromécaniques

Les anneaux électromécaniques permettent de mettre en rotation un ensemble au sein d'une application industrielle. Leur grand diamètre ainsi que leur résistance mécanique offrent une assise de qualité et la possibilité d'embarquer des charges lourdes. Ces anneaux motorisés peuvent à la fois répondre à un besoin d'indexage, et à celui d'une mise en rotation continue. Les applications où ils sont utilisés sont nombreuses : assemblage, manutention, transfert rotatif, contrôle ou traitement de pièces. L'entraînement en rotation se fait soit par moteur synchrone, en particulier pour les applications nécessitant de la précision dans le positionnement, soit par moteur asynchrone, dont la robustesse et la simplicité d'utilisation se marient parfaitement avec les applications moins précises. Ce moteur vient mettre en rotation un pignon qui entraîne une couronne dentée. La bague extérieure de l'anneau se met en mouvement, la liaison avec la bague intérieure fixe se faisant par un roulement à billes. Les avantages des anneaux électromécaniques sont nombreux. Le trou central peut être utilisé pour intégrer différents éléments au centre, tels que des câbles, une colonne, voire un bras robotique. La simplicité de la transmission mécanique interne permet la réalisation d'une solution d'indexage, évolutive en termes de nombre de divisions, ou d'une machine à rotation continue. Cette polyvalence et cette souplesse savent répondre à bon nombre d'applications industrielles.



## D. Équipements de sécurité

### 1. Interrupteurs de sécurité

Les interrupteurs de sécurité assurent la sécurité des personnes ou des machines. Ils verrouillent l'accès aux zones de sécurité lorsqu'un risque pour l'Homme ou l'installation est détecté.

Il existe une multitude d'interrupteurs de sécurité :

- Interrupteur de sécurité électromécanique
- Interrupteur de sécurité inter-verrouillage
- Interrupteur de sécurité sans contact
- Appareils de commande de sécurité
- Pour tous types de marchés



**Interrupteur de sécurité électromécanique**



**Interrupteur de sécurité inter-verrouillage**



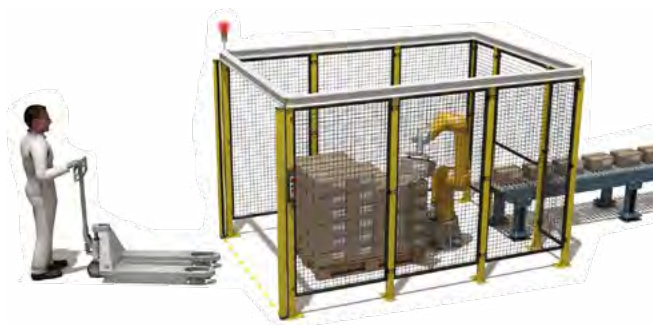
**Interrupteur de sécurité sans contact**

### 2. Barrière immatérielle

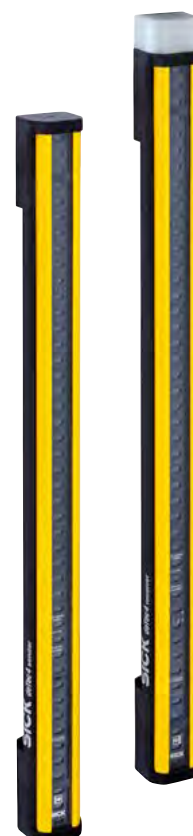
La mise en place de barrières immatérielles consiste à sécuriser l'accès à une cellule robotique. L'intégration de barrières immatérielles offre l'avantage d'un faible encombrement, contrairement aux barrières grillagées traditionnelles. Comme toutes les solutions industrielles de sécurité, les barrières immatérielles sont soumises à de nombreuses normes.

Le principe de fonctionnement est de mettre hors tension tous les équipements de la zone pouvant menacer la sécurité de l'opérateur.

Les barrières immatérielles se composent de deux éléments distincts : un émetteur et un récepteur. Chacun est équipé de Leds qui émettent ou détectent un faisceau infra-rouge.



**Barrières immatérielles**



### 3. Scrutateur de sécurité

Un scrutateur laser est un système de sécurité très souvent utilisé en cas de collaboration. Le principe d'utilisation est en premier lieu de sécuriser une installation robotisée en protégeant le personnel opérant à proximité ou directement avec le robot.

Relié à la baie de commande du robot, il dé-

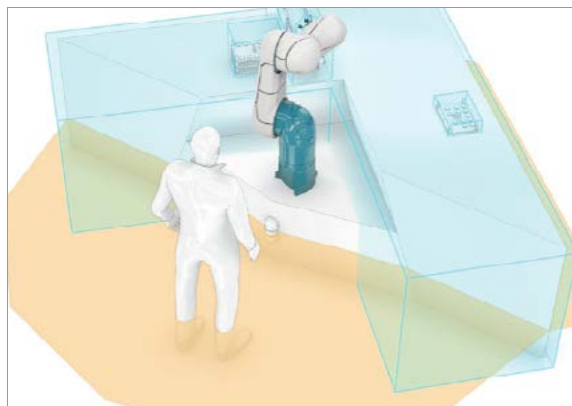
tecte la présence d'un être humain autour de la cellule.

En fonction des zones de sécurité définies, il adapte la vitesse du robot ou l'arrête.

Il scrute son environnement via l'utilisation d'un faisceau infrarouge.



Scrutateur de sécurité



### 4. Tapis sensible de sécurité

Un tapis sensible de sécurité est un système composé de fonctions de commutations intégrées.

Ce dispositif permet la protection des opérateurs. La fonction de commutation dont

il est équipé déclenche des actions prédéfinies.

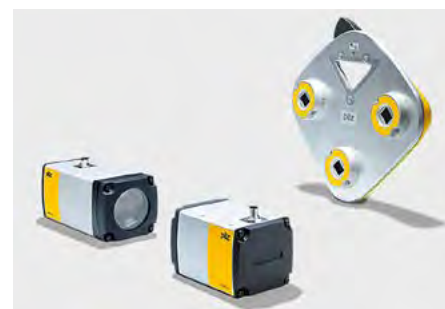
Lorsque la personne pénètre dans la zone de sécurité, le tapis sensible ralentit ou arrête le robot.



### 5. Caméra de sécurité

Les systèmes de caméra de sécurité sont sollicités pour la surveillance 2D et 3D d'un environnement robotisé. Contrairement à de simples capteurs, ils collectent et analysent des données sur l'ensemble de l'espace à surveiller.

Ces systèmes offrent la possibilité de pouvoir remplacer une grande partie des équipements de sécurité car, fixée au plafond, ils permettent d'identifier tous les risques potentiels présents dans l'espace de travail.



## E. Systèmes de vision

On définit la vision industrielle comme une application assistée par ordinateur aux domaines industriels de production.

L'intégration d'une caméra peut aussi être utilisée pour gérer des flux d'objets importants.

Exemples: lecture optique d'un code barre ou d'une adresse postale sur un colis pour l'orienter vers un centre de tri, ou tri de pommes par couleurs différentes avant emballage.

Elle peut être un moyen de guidage pour un robot industriel lorsque ses mouvements ne peuvent pas être déterminés par avance. Une caméra est alors embarquée sur le bras du robot ou fixée dans la cellule robotisée.



En robotique industrielle, on compte alors deux différents types de vision :

**1. Vision industrielle par caméra déportée**

La caméra est fixe et observe l'outil porté par le robot ainsi que la pièce avec laquelle il va interagir. Ce mode d'intégration est utilisé lorsque le robot travaille dans un environnement confiné.

Le robot positionne les pièces suite aux informations transmises par la caméra que l'on peut alors assimiler à des yeux.



**2. Vision industrielle par caméra embarquée**

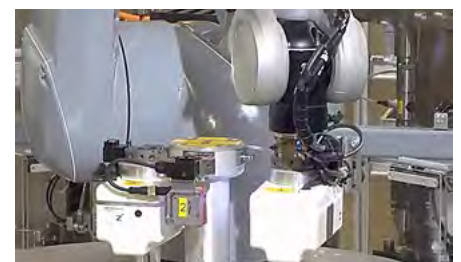
La vision industrielle avec caméra embarquée consiste à fixer la caméra directement sur la structure du robot (communément sur le poignet ou le préhenseur). On trouve régulièrement cette configuration lors d'applications de tracking (traitement de surface pour la peinture, soudure, dépose d'un joint de colle, etc...), de pick and place (saisie d'un objet de convoyeur) ou d'assemblage.



**F. Changeurs d'outils**

En fonction du poids et des dimensions des outils, il existe plusieurs tailles et plusieurs types de changeurs d'outils. Composés de deux parties qui se connectent, ils assurent un changement rapide des équipements en bout de bras ainsi que la transmission

des énergies nécessaires: fluides hydrauliques, air comprimé, données électriques... Présents dans des secteurs très variés (construction automobile, aéronautique, plasturgique, médical), ces systèmes sont modulaires.



**Exemples de changeurs d'outils développés par Stäubli**



## G. Équipements de process

### 1. Couteau ultrasons

La découpe par ultrasons repose sur la transmission à une lame de vibrations à haute fréquence.

Les ultrasons sont utilisés pour optimiser les performances d'une lame actionnée par un mouvement de guillotine.

Couplé à un robot, ce procédé a comme avantages :

- D'accroître la rapidité de découpe
- De réduire les temps d'arrêt en préservant la propreté de la lame (pas de nettoyage nécessaire)
- De réaliser une coupe précise et nette

Le couteau à ultrasons oscille à des fréquences allant de 20 à 40 kHz.



### 2. Électrobroche

L'intégration d'une électrobroche sur un robot industriel permet de réaliser des opérations d'usinage avec une importante précision.

La stratégie d'usinage impose souvent une configuration particulière de la broche pour atteindre la totalité des faces de la pièce. Les outils de simulation permettent d'an-

ticiper la configuration de l'interface robot-électrobroche pour garantir la meilleure accessibilité et éviter ainsi les reprises d'usinage.



Le choix de l'électrobroche se fait en fonction de plusieurs critères déterminés par le matériau à usiner, le type d'outil (matériau, forme, diamètre, nombre de dents) et les conditions de coupe (principalement vitesse de rotation, vitesse d'avance, profondeur de passe). Les paramètres obtenus vont déterminer :

- La puissance nécessaire
- Le couple maximum nécessaire
- La plage de vitesse de rotation de l'outil coupant (de 200 à 42000 tours/min)
- Le type de refroidissement (par air ou refroidissement liquide)
- Le type de lubrification de la coupe
- Le type d'attachement de l'outil coupant (par pince ou cône de bridage) en fonction du diamètre et de la forme des outils coupants. Exemples :



Enfin, la solution retenue devra rester en adéquation avec les capacités du robot en termes d'encombrement et de poids.

Broches							
	HSD MT 1073	SYCOTEC 4061 DC-T	PRECISE SD 5084	FISCHER MFM 1224/42	HSD ES 929	FISCHER MFW 1406	FISCHER MFW 1906
Vitesse de rotation (tr/min)	2 000 à 24 000	2 000 à 25 000	500 à 25 000	2 000 à 42 000	2 000 à 24 000	200 à 24 000	200 à 24 000
Puissance - couple en condition S1	3,8 kW / 1,6 Nm	2,8 kW / 1,3 Nm	8 kW / 5 Nm	9 kW / 5 Nm	15 kW / 10 Nm	15 kW / 23,1 Nm	42 kW / 67 Nm
Attachement	Pince Ø 16 max1	Pince Ø 6 max1	HSK - E32	HSK A/C 40	HSK-E50 HSK-F63	HSK -E50 HSK-F63	HSK-A63
Refroidissement	Air	Liquide	Liquide	Liquide	Air	Liquide	Liquide
Lubrification	Graisse	Graisse	Graisse	Air / Huile	Graisse	Graisse	Air / Huile
Changeur d'outils automatique	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Lubrification de la coupe		Micro lubrification extérieure			Haute pression centre outil		

## H. Automate programmable industriel

En programmation robotique, l'utilisation d'un automate industriel n'est pas une obligation. Le contrôleur du robot possède déjà toutes les fonctions nécessaires à la programmation du robot.

Un automate programmable est un dispositif équipé d'un microprocesseur, d'entrées et de sorties reliés électriquement aux divers équipements constituant la machine industrielle.

Ces équipements sont des équipements d'action (vérins, moteurs,...) ou de percep-

tion (capteurs, systèmes de vision...).

L'automate héberge un logiciel qui contient une logique décisionnelle programmable.

Cette logique est programmée par l'utilisateur (automaticien), et a pour objectif de réaliser le pilotage des équipements d'action tout en prenant en compte l'état des équipements de perception.

L'intégration d'un automate programmable industriel dans un système robotisé permet de programmer les actions du robot

avec des langages généralistes (LADDER, GRAFCET). Pour cela, un logiciel dédié est requis (uniVAL plc : voir Chapitre «La programmation en robotique industrielle»).

Le principal intérêt de l'intégration d'un automate programmable dans une cellule pour l'entreprise est de ne pas nécessiter obligatoirement de savoir-faire en programmation dédiée robotique.



## XII. Le choix d'un robot industriel





									
		TS20	TS2-40	TS2-60	TS2-80	TS2-100	TP80	TX2-40	TX2-60
Robots standards	<b>Charge maximale</b>	1 kg	8,4 kg	8,4 kg	8,4 kg	8,4 kg	1 kg	2 kg - 2,3 kg sous conditions	4,5 kg - 9 kg sous conditions
	<b>Charge nominale</b>	0,5 kg	2,4 kg	2,4 kg	2,4 kg	2,4 kg	0,5 kg	1,7 kg	3,5 kg
	<b>Rayon d'action (entre axes 1 et 6)</b>	220 mm	460 mm	620 mm	800 mm	1000 mm	800 mm	515 mm	670 mm
	<b>Nombre de degré de liberté</b>	4	4	4	4	4	4	6	6
	<b>Répétabilité X-Y (ISO 9283)</b>	± 0,01 mm	± 0,01 mm	± 0,01 mm	± 0,015 mm	± 0,02 mm	± 0,05 mm	± 0,02 mm	± 0,02 mm
	<b>Course en Z</b>	100 mm	200 mm ou 400 mm (option)	200 mm ou 400 mm (option)	200 mm ou 400 mm (option)	200 mm ou 400 mm (option)	100 mm ou 200 mm (option)		
	<b>Classe de protection</b>	IP10	IP34 standard, IP65 avec soufflet et capot	IP34 standard, IP65 avec soufflet et capot	IP34 standard, IP65 avec soufflet et capot	IP34 standard, IP65 avec soufflet et capot	IP54 standard, IP65 avec soufflet et capot	IP65 / IP67	IP65 / IP67
	<b>Poids</b>	15 kg	38 kg	39 kg	40 kg	41 kg	68 kg	29 kg	52 kg
	<b>Différents modes de fixation</b>								
	<b>Huile alimentaire H1 NSF</b>		•	•	•	•	•	•	•
<b>Contrôleur Stäubli</b>	CS8C M (1,7 kVA)	CS9 (1,7 kVA)	CS9 (1,7 kVA)	CS9 (1,7 kVA)	CS9 (1,7 kVA)	CS8G (3 kVA)	CS9 (1,5 kVA)	CS9 (1,7 kVA)	
Options collaboratives	<b>Fonctionnalités de sécurité et modulaires SIL3-PLe (option)</b>								
	<b>Gamme TX2touch POWER cobot (peau sensible tactile)</b>								

Lors de l'élaboration d'un projet d'intégration d'un robot industriel, l'étape principale est d'adapter le bon robot à l'application, en tenant compte des facteurs de faisabilité.

L'objectif principal du client est en tout premier lieu d'obtenir, avec une application qui

répondra pleinement à ses besoins, un retour sur investissement le plus faible possible. C'est la raison pour laquelle choisir le bon robot est une étape cruciale dans le projet.

Une erreur dans la sélection du modèle de robot peut empêcher le client d'atteindre

ses objectifs de rentabilité.

Plusieurs critères sont à identifier avant l'intégration. Actuellement, il existe différentes gammes de robots spécifiquement développées pour des environnements donnés.

## A. La gamme standard

Les robots industriels ont, d'une manière générale, été conçus pour évoluer dans différents milieux. Les gammes standards

sont déjà dotées de nombreux éléments les rendant compatibles avec le milieu industriel en général.



TX2-60L	TX2-90	TX2-90L	TX2-90XL	RX160	RX160 HD	RX160L	TX200	TX200L
3,7 kg - 5 kg sous conditions	14 kg - 20 kg sous conditions	12 kg - 15 kg sous conditions	7 kg - 9 kg sous conditions	30 kg - 34 kg sous conditions	30 kg - 34 kg under conditions	20 kg - 28 kg under conditions	130 kg - 150 kg <sup>1)</sup> sous conditions	80 kg - 100 kg <sup>2)</sup> sous conditions
2 kg	6 kg	5 kg	4 kg	20 kg	20 kg	14 kg	100 kg <sup>1)</sup>	60 kg <sup>1)</sup>
920 mm	1000 mm	1200 mm	1450 mm	1710 mm	1710 mm	2010 mm	2194 mm	2594 mm
6	6	6	6	6	6	6	6	6
± 0,03 mm	± 0,03 mm	± 0,035 mm	± 0,04 mm	± 0,05 mm	± 0,05 mm	± 0,05 mm	± 0,06 mm	± 0,1 mm
IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67	IP65 / IP67
53 kg	114 kg	117 kg	119 kg	248 kg	250 kg	250 kg	980 kg	1000 kg
								
CS9 (1,7 kVA)	CS9 (2 kVA)	CS9 (2 kVA)	CS9 (2 kVA)	CS8C (3kVA)	CS8C (3kVA)	CS8C (3kVA)	CS8C HP (4,6 kVA)	
								
								

## B. Critères environnementaux

Les robots peuvent travailler dans des environnements industriels plus ou moins agressifs (poussières abrasives, copeaux, lubrifiants).

Ils sont également installés dans des lignes de process alimentaires, pharmaceutiques, médicaux ou encore dans des salles blanches.

Ces environnements requièrent des robots conçus pour ne pas émettre de particules (poussières engendrées lors des mouvements), pour être nettoyés selon les protocoles validés par chaque corps de métier et pour empêcher aux insalubrités (copeaux, poussières...) de rentrer à l'intérieur du bras. Ces capacités supplémentaires sont pro-

posées par des gammes de robots spécifiques ayant des conditions d'intégration différentes des robots standards. Il est donc important de qualifier les exigences liées à l'environnement de travail dès la rédaction du cahier des charges.



Environnements sensibles	<b>Harsh</b> : automobile, métal							
	<b>HE</b> : agroalimentaire, machines-outils							
	<b>Stericlean</b> : médical, pharma							
	<b>Supercleanroom, Cleanroom</b> : sciences de la vie, semi-conducteur, photovoltaïque							
	<b>ESD</b> : automobile, électronique							





## 1. Les environnements humides : gamme HE

Les environnements dits « humides » sont sujets à de nombreuses normes d'hygiène. Les gammes de robots industriels adaptées à cet environnement répondent parfaitement à de nombreuses applications telles que le lavage, l'ébavurage et le découpage. Les conditions d'intégration d'un robot in-

dustriel sont scrupuleusement étudiées pour répondre au mieux à ces réglementations de plus en plus exigeantes au fil des années.

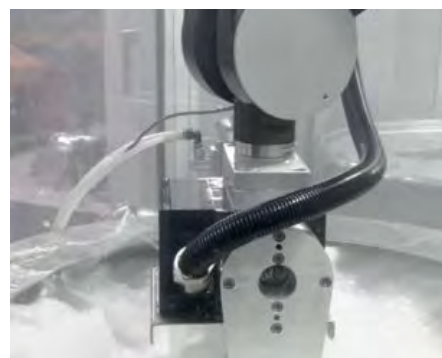
Une gamme de robot est donc dédiée à cet environnement.



- **Aucune zone de rétention ni de corrosion :** la conception du bras respecte les recommandations de l'EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group), la connectique est donc intégrée dans le corps du robot, tous les équipements sont nettoyables, les surfaces sont lisses et arrondies permettant à l'eau de s'écouler facilement.

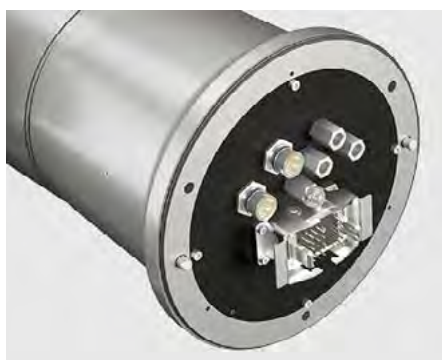
- **Résistance à des conditions extrêmes :** le robot est conçu pour résister à des conditions extrêmes notamment grâce aux fonderies spécifiques et aux visseries en inox.

- **Compatible avec les solutions de lavage les plus courantes :** résistant aux environnements de pH entre 2 et 12, le robot peut évoluer dans un environnement à forte hygrométrie.



- **Travail en environnement sensible :** le robot dispose généralement d'une sortie de câble sous le pied permettant une protection optimale des connexions.

- **Pressurisation :** au même titre qu'un avion, un robot industriel doit être pressurisé. L'objectif est de maintenir une certaine surpression dans le bras afin d'éviter l'introduction d'eau, de poussière, voire de gaz, pouvant gravement endommager les composants internes du robot.



## 2. Les environnements Stericlean : gamme Stericlean

Les robots Stericlean sont utilisés pour répondre aux exigences de décontamination des milieux à haut risque bactériologique. Ils sont conçus pour résister à un traitement électrochimique au Peroxyde d'hydrogène

(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Les opérations effectuées dans ces milieux sont très dangereuses et risquées pour l'homme. Les robots manipulent des virus et des éléments bactériologiques représentant un risque important pour l'être

humain. Ils évoluent dans ces environnements pour diverses applications de test en laboratoire, de culture cellulaire ou de production pharmaceutique.

- Conçus pour des milieux stériles à haut risque - GMP (Good Manufacturing Practice) Classe A
- Entièrement résistants au Peroxyde d'hydrogène grâce à des joints spécifiques et une structure fermée IP65, les robots sont conçus pour résister au processus de décontamination.



### 3. Les environnements salle blanche : gamme Cleanroom

Dans l'industrie, un environnement sensible correspond à une salle blanche. Plus qu'une salle propre, une salle blanche est une salle dans laquelle la concentration de particules dans l'air est maîtrisée et utilisée pour minimiser la pénétration, la production

et la rétention des particules à l'intérieur de la pièce, et dans laquelle d'autres paramètres pertinents, tels que la température, l'humidité et la pression, sont maîtrisés.

Les salles blanches sont utiles dans les secteurs suivants :

- L'électronique, le semi-conducteur
- La nanotechnologie
- La biotechnologie



Les robots Cleanroom ont été spécifiquement développés pour répondre aux exigences des environnements salle blanche. Les robots sont certifiés ISO classe 2/3 ou classe 4 et sont dédiés à une utilisation par les industries du semi-conducteur, des biotechnologies, de la pharmacie ou du médical.



#### Adaptés aux exigences de l'environnement Salle Blanche

ISO 14644-1 : Classe 2 (version SCR) ou classe 4 (version CR)  
 FS 209E : Subclass 1 (version SCR) ou classe 10 (version CR)

### 4. Les environnements sensibles (ESD)

Les robots ESD sont des robots conçus pour prévenir des décharges électrostatiques afin de manipuler en toute sécurité des composants électroniques. Ils peuvent fonctionner dans un environnement électronique sensible pour diverses applications telles que l'emballage de PCB, le contrôle vision, les tests et l'emballage de produits électroniques.

Quelques précautions sont donc à mettre en œuvre ?

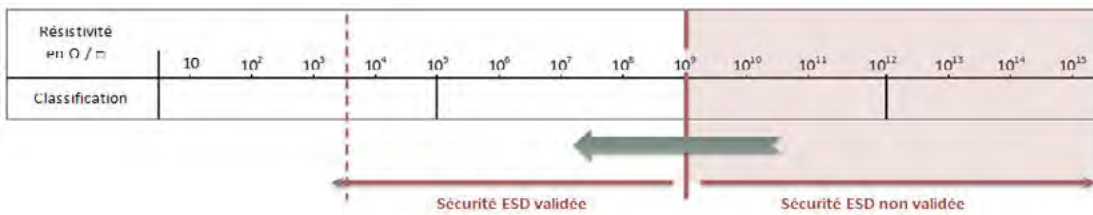
- Une peinture spécifique compatible ESD pour tous les éléments accessibles
- Conformité ESD garantie par des tests spécifiques
- Résistivité de surface
- Dissipation des charges résiduelles
- Conductivité transversale

En fonction de leurs caractéristiques électrostatiques mesurées en  $\Omega$  / (résistivité de surface), les matériaux peuvent être classés comme suit :

- **Isolant** : matériau empêchant la transmission de l'électricité
- **Dissipateur** : matériau atténuant et dissipant l'électricité.
- **Conducteur** : matériau conduisant l'électricité.

Il est recommandé d'éviter les matériaux conducteurs d'une très faible résistivité.

Pour être conforme aux ESD, il est généralement admis qu'un équipement doit avoir des surfaces dissipatives avec une résistivité de  $<109 \Omega / \square$ .



**Adapté aux exigences de l'environnement Salle blanche**



**5. Les robots Paint**

Les robots Paint sont des robots conçus spécifiquement pour des applications de peinture. Ils couvrent l'ensemble des besoins de finition dans les secteurs industriels les plus variés :

- Composant plastique ou métal pour l'automobile
- Industrie du cycle
- Industrie ferroviaire
- Industrie aéronautique
- Industrie du bois
- Machine agricole
- Électroménager

La rentabilité de l'intégration de robot dans ce type de tâche se justifie par :

- La remise en conformité des lignes existantes avec les normes en vigueur
- La réduction des émissions de COV (Composés Organiques Volatiles)
- La prévention des risques de maladies professionnelles



**C. Critères de charge / inertie**

Trois données sont à prendre en considération :

- La masse de l'objet : il s'agit d'une propriété physique fondamentale d'un corps. Elle rend compte de la quantité de matière obtenue dans ce corps indépendamment de l'endroit où il se trouve. Dans les logiciels dédiés, il est possible d'intégrer ces coordonnées telles qu'elles sont utilisées sur le robot.
- L'inertie de l'objet : principe selon lequel un corps ne peut pas de lui-même modifier son apparence. Il s'agit concrètement d'une certaine résistance à une variation de vitesse.
- Le couple moteur : c'est un effort en rotation appliqué à un axe qui dépend de la position de son centre de gravité.

## D. Critères géométriques

Deux critères principaux sont à prendre en compte :

- Le nombre de degrés de liberté du robot par la tâche à réaliser
- Le rayon d'action nécessaire à l'exécution de cette tâche.

### 1. Le nombre de degrés de liberté

Il s'agit ici de caractériser le nombre de degrés de liberté dans l'espace dont le robot a besoin pour réaliser convenablement sa ou ses tâches.

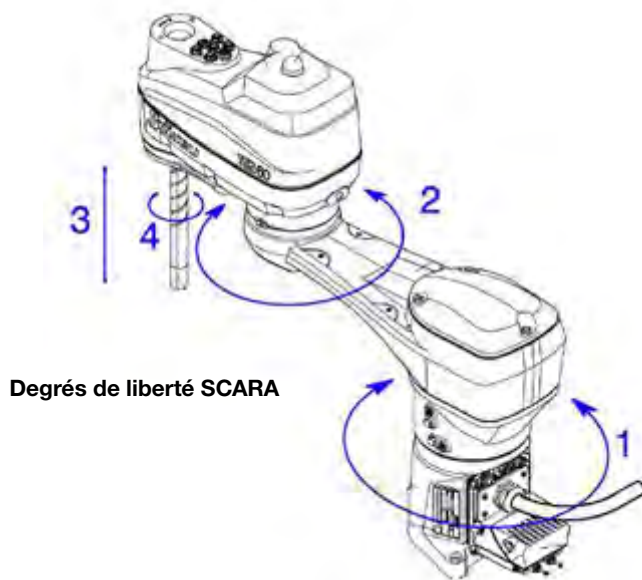
Par exemple, un robot réalisant des opérations de pick and place en prenant des

D'une manière générale, des théories et des mécanismes existent pour obtenir une cinématique de robot permettant de générer les degrés de liberté nécessaire et le domaine atteignable requis d'une manière optimisée. Mais ces théories sont souvent très com-

biscuits sur un tapis roulant n'aura en général besoin que de travailler dans un plan cylindrique. Dans ce cas, il n'y aura besoin que de 4 degrés de liberté pour permettre la prise et la dépose des produits.

plexes et l'on se tournera en général plutôt vers l'offre des constructeurs.

Il est important de bien déterminer le nombre de degrés de liberté nécessaire à la réalisation de la tâche, pour adapter le nombre d'axe du robot au besoin (attention à ne pas le négliger).



Degrés de liberté SCARA



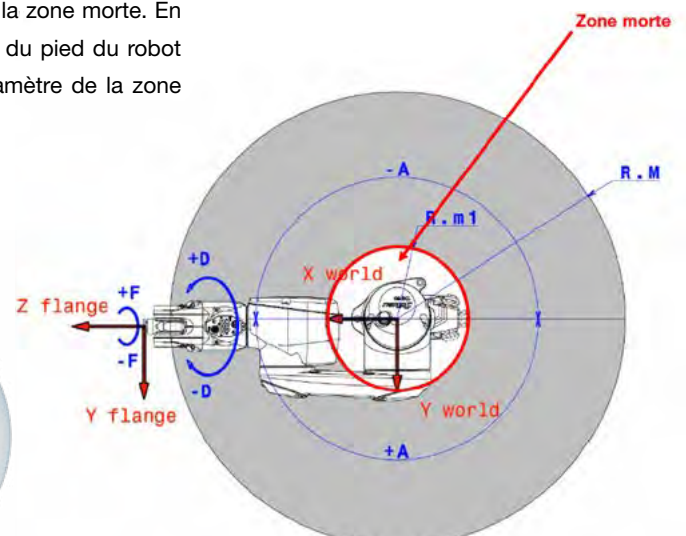
Degrés de liberté 6 axes

### 2. Le rayon d'action

En robotique, le rayon d'action est défini par sa forme géométrique et son volume. Il faut donc vérifier que l'ensemble des points à atteindre et/ou des trajectoires à effectuer soit inclus dans le domaine atteignable. Les documentations des fabricants de robots industriels donnent le domaine atteignable en position, mais en général pour une orientation quelconque. Il ne faut pas oublier que ce domaine se réduit lorsque l'on souhaite par exemple travailler à orientation fixe. On peut donc être amené à représenter soi-même le domaine atteignable. Ceci se réalise, en général, via des logiciels dédiés.

De plus, dans le cas d'un robot 6 axes, l'environnement d'interaction du robot est sphérique. Dans cette sphère, une zone n'est pas atteignable par le robot : il s'agit

de la zone morte, qui se situe autour du pied du robot, où celui-ci ne peut pas interagir. Les dimensions du pied du robot influencent fortement le diamètre de la zone morte. En résumé, plus le diamètre du pied du robot est important, plus le diamètre de la zone morte l'est aussi.





## E. Critères de cadence et temps de cycle

La cadence représente le nombre de produit à traiter ou à déplacer. Elle est spécifiée dans le cahier des charges et exprimée par nombre de produit par unité de temps (minute ou heure).

Chaque modèle de robot dispose d'une valeur dite « étalon » d'un cycle U permettant de déterminer grossièrement ses caractéristiques de vitesse.

### Exemple gamme de robot SCARA TS2

Stäubli :

Standard U cycle 25-300-25 mm



	TS2-40	TS2-60	TS2-80	TS2-100
<b>Cycles par minute</b>	240 (0,25sec)	220 (0,27 sec)	200 (0,30sec)	170 (0,35sec)

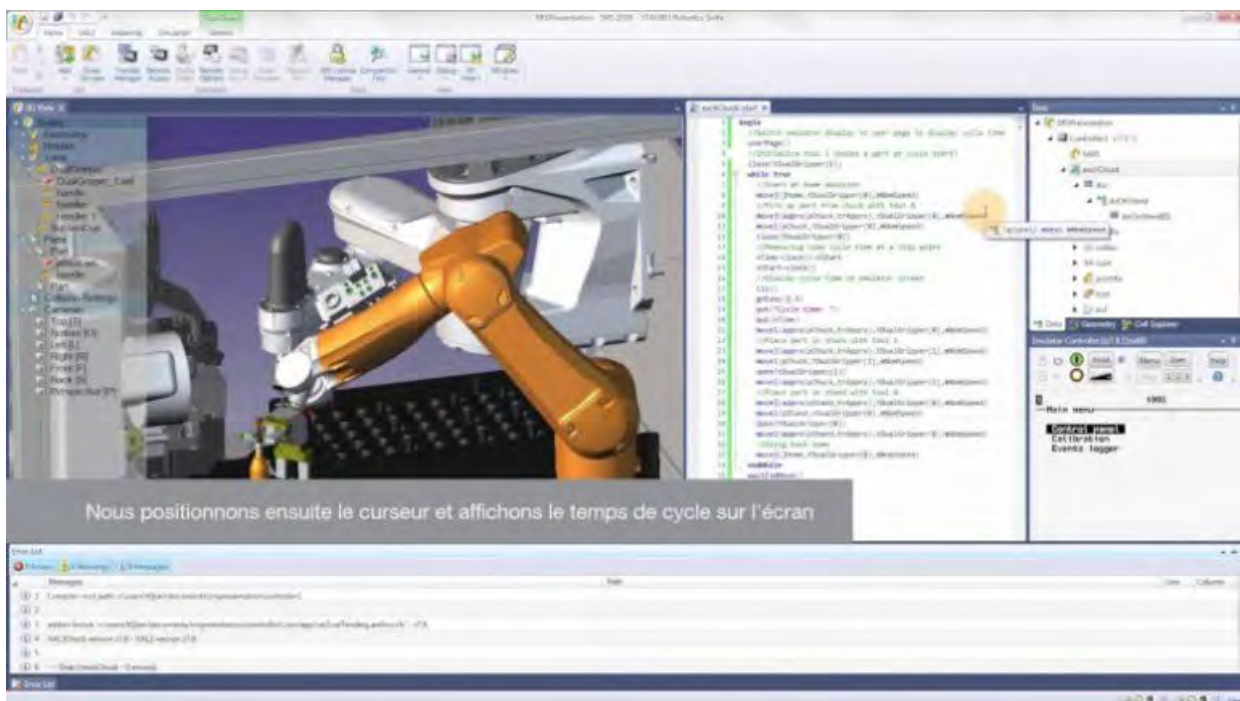
Il est possible de valider la cadence pour une application donnée en simulant la totalité des mouvements robot via le logiciel de simulation Stäubli Robotics Suite sur PC.

Le simulateur donne une valeur exacte de ce que sera la cadence du robot réel.

Les applications à forte cadence peuvent nécessiter plusieurs robots pour absorber le flux. C'est ce que l'on retrouve typique-

ment dans les applications de picking de produits agro-alimentaires ou cosmétiques par exemple.

*Le non-respect de la cadence souhaitée aurait un impact direct sur le flux de production et donc sur la rentabilité de l'ensemble de la ligne.*



## F. Critères liés au contrôleur du robot

Le contrôleur robot est un élément standard commun à l'ensemble de la gamme des bras. En revanche, il existe des possibilités de configuration très étendues.

### 1. La programmation

Il existe différents modes de programmation proposés en fonction du profil de l'utilisateur.

Du spécialiste métier à l'utilisateur ponctuel, chacun pourra interagir avec le robot selon ses connaissances et ses besoins.

**Ce point est traité dans le chapitre «La programmation en robotique industrielle».**

### 2. Les fonctions

Généralement proposés sous forme d'options, des outils de programmation complémentaires sont disponibles pour répondre aux applications spécifiques.

Par exemple, la prise de pièce à la volée sur un convoyeur ou le suivi de trajectoire (usinage, découpe laser ou jet d'eau, dépose de cordon de colle) mettent en œuvre des fonctions de calcul spécifiques.

### 3. La communication

Toute application robotique implique de communiquer avec les éléments constitutifs de la machine. Cela peut se faire de différentes manières :

- Liaisons Entrées / Sorties TOR (Tout Ou Rien) avec les matériels péri-robotiques ou les machines environnantes.
- Communication avec l'automate via bus de terrain

### 4. La remontée d'informations

L'industrie 4.0 implique le partage d'informations entre l'ilot robotisé et l'ERP de l'usine. L'objectif est double. D'une part, il est de permettre une plus grande flexibilité

de l'atelier en transmettant les modifications juste à temps, et d'autre part connaître le niveau de production de l'ilot en direct et l'état du robot en temps réel pour prédire sa

maintenance. Pour se faire, l'ensemble doit pouvoir être compatible avec un protocole d'échange standardisé et reconnu dans l'industrie tel qu'OPC UA.

### 5. La sécurité

Dans le cas d'une application collaborative, le choix du modèle du robot doit être dicté par le type et la fréquence d'interaction entre l'opérateur et le robot.

Le niveau des fonctions de sécurité proposé par le constructeur de robot doit impérativement être au moins égal au risque identifié par l'opérateur.

(Voir chapitres «La sécurité en robotique» et «La robotique collaborative»)

### 6. La maintenance

Le contrôleur doit être intégré dans une armoire industrielle tout en restant accessible en cas d'intervention de maintenance.



# XIII. L'élaboration d'un projet de robotique industrielle







La robotisation est l'un des facteurs de l'optimisation de la production dans la mesure où la fonction à robotiser est correctement identifiée.

Il est nécessaire de mesurer les améliorations envisagées et de les confronter au coût d'investissement et à l'éventuelle complexité de mise en oeuvre.

Outre l'optimisation de production, la robotique répond également à des questions de maintien de la qualité, de sécurité, de pénibilité voire de déficit de main d'oeuvre.

La robotisation s'apparente à un projet d'automatisation d'une ligne de production.

En effet le robot est assimilé à un manipulateur qui, associé à d'autres matériels, doit interagir avec son environnement pour répondre au besoin client. On parle alors de cellule ou d'îlot robotique, généralement réalisé avec les compétences d'un intégrateur ou d'un constructeur de machine.

Le plus souvent, il s'agit d'une solution dédiée au besoin spécifique du client, ce qui constitue une « machine spéciale ».

Les différentes étapes du projet vont de la formalisation du besoin à la mise en production de la cellule robotique. Elles peuvent s'échelonner en moyenne sur une durée de 3 à 12 mois.

Les 4 principales étapes d'un projet de robotisation sont les suivantes :

- L'avant-projet
- Le projet
- La formation
- Le bilan

## A. L'avant-projet

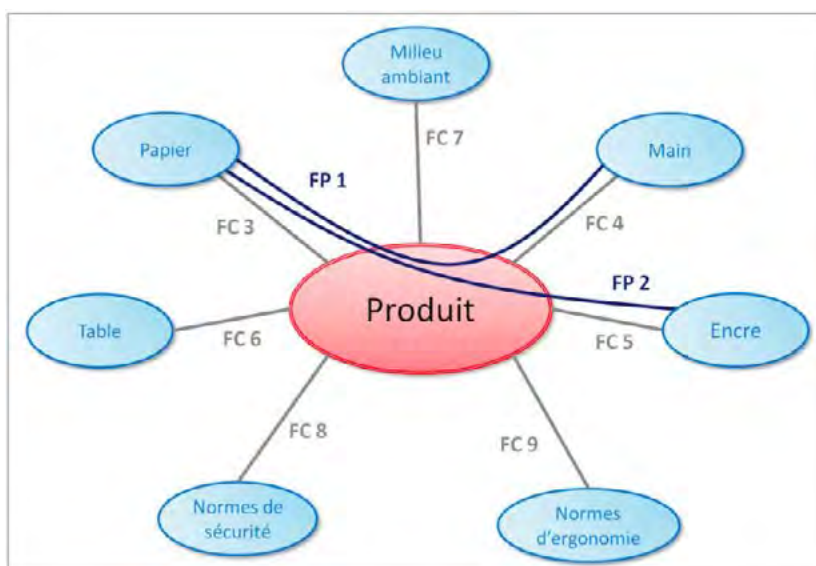
L'avant-projet consiste à faire un état des lieux et analyser les attentes de manière à ce que la réponse du prestataire remplisse pleinement les objectifs fixés.

Cet exercice consiste à répondre aux questions du fonctionnement actuel et du fonctionnement souhaité du poste de travail à robotiser. Les réponses se décomposent en plusieurs éléments sur lesquels l'industriel s'appuiera pour l'écriture de son cahier des charges :

- Schéma fonctionnel de l'existant (le cas échéant)
- Analyse fonctionnelle du besoin
- Analyse des interactions avec les opérateurs (le cas échéant)
- Budget alloué au projet : quel doit être le Retour sur Investissement ?

Ces étapes constituent les bases pour un premier niveau de consultation. L'objectif est de déterminer si le projet est viable économiquement.

Une fois l'investissement validé par la Direction, les équipes peuvent passer à l'étape du projet, en commençant par la rédaction du cahier des charges.



Quelques énoncés possibles (le verbe est en rouge, les EME sont en bleu)

**FP1 : Reproduire** les mouvements de la **main** sur le **papier**

**FP2 : Transférer** l'**encre** sur le **papier**

**FC3 : S'adapter** au **papier**

**FC4 : S'adapter** à la **main**

## B. Le projet

L'élaboration d'un projet se décompose en plusieurs étapes :

**1. Mise en place des équipes de suivi de projet** (techniques, achats)

**2. Établissement du Cahier des Charges:** le but est de transmettre le contexte et l'objectif du projet aux prestataires et/ou fournisseurs.

**3. Identification des sociétés prestataires ou fournisseurs** (intégrateurs et matériels) selon les critères de taille d'entreprise, savoir-faire, localisation géographique...

**4. Consultation des fournisseurs** sur la base du Cahier des Charges.

**5. Réception des offres**

**6. Analyse des offres techniques et financières**

**7. Sélection de l'offre retenue** en fonction:

- du respect du Cahier des Charges
- des caractéristiques techniques des matériels proposés

- de l'impact sur l'organisation de l'entreprise, les flux...

- du prix et de l'adéquation avec l'objectif du ROI (matériel, formation, coût de maintenance par rapport à l'amortissement, augmentation de la productivité et de la qualité)

**8. Passage de commande** (dans certains cas, une phase de pré-étude peut faire l'objet d'une commande)

**9. Réception des études** pour la validation du respect des objectifs

**10. Revues de projet** selon les jalons d'avancement convenus entre le client et le fournisseur

**11. Assemblage de la machine** chez l'intégrateur

**12. Pré-réception machine** chez l'intégrateur en vue de la validation technique de la machine par le client

**13. Installation** chez l'utilisateur final

**14. Mise en service** chez l'utilisateur

**15. Réception définitive** (ou recette) par l'utilisateur

**16. Mise en production**

**17. Formation** des équipes utilisateurs

## C. La formation

La formation est un élément clé pour permettre à l'utilisateur un bon niveau d'autonomie sur l'exploitation et la maintenance de la cellule robotique, et par conséquent garantir un haut niveau de productivité de l'équipement.

Différentes formations sont proposées en fonction des profils :

- **La formation des programmeurs robot** se déroule si possible en amont de la mise en service de la machine. Elle est dispensée par le constructeur robot et permet d'appréhender le langage de programmation du robot pour effectuer des modifications en toute autonomie.

- **La formation des conducteurs de ligne** est réalisée par l'intégrateur lors de la mise en service chez le client.

- Enfin, **les formations des équipes de maintenance** sont généralement dispensées au cours de la première année d'exploitation. Elles sont proposées par le constructeur de chacun des équipements nécessitant de la maintenance.

## D. Le bilan

Le bilan permet de mesurer l'atteinte des objectifs fixés, les difficultés rencontrées dans chaque domaine (technique, organisationnel, humain, financier, etc...) et de les justifier de manière objective.

Le but à terme est de capitaliser le savoir-faire acquis pour une meilleure mise en œuvre des futurs projets.

## E. L'élaboration du cahier des charges

Voici les différentes parties qui composent un Cahier des Charges :

**1. Présentation de l'entreprise** : domaine d'activité, historique, effectif, etc...

**2. Présentation du contexte** : informations sur les raisons qui motivent la mise en place d'un robot

**3. Présentation de l'objectif** :

- Descriptif succinct des besoins qui seront repris dans les paragraphes suivants
- Périmètre de la prestation à réaliser par l'intégrateur (Fourniture / Installation / Démarrage / Formation / SAV)

**4. Produit** :

- Description du produit à l'aide de plans ou de photos en situation
- Si le poste est multi-références : nombre de références différentes à traiter
- Cadence machine : volume de produits à traiter pour chaque référence
- Qualité : critères d'acceptation liés au produit, caractérisés selon une norme, un plan, un aspect, etc...

**5. Environnement machine** :

- Lieu de l'installation
- Descriptif de l'existant et des contraintes liées à l'environnement de production ou de l'atelier

**6. Fonctionnement machine** :

- Description des fonctions attendues
- Interface Homme Machine : quel moyen et quel niveau de flexibilité de paramétrage ou reprogrammation pour de nouvelles références ?
- Respect de la sécurité opérateur
- Fiabilité de la solution définie par le Taux de Rendement Synthétique (TRS)
- Maintenabilité
- Respect des contraintes environnementales, consommation énergétique
- Définition des documentations de la machine à transmettre à l'utilisateur

**7. Formation** : liste des formations requises en fonction des besoins client (maintenance, programmation...)

**8. Service Après-Vente** : définition des exigences en termes de maintenabilité en fonctionnement de la cellule robotique

**9. Planning et délai de livraison** : planning prévisionnel de réalisation identifiés par des jalons :

- Passage de commande
- Réception Etude
- Réalisation
- Réception provisoire
- Réception définitive
- Formations

**10. Aspect normatif** : exigences de certifications (CE)

**11. Garantie** : durée de la période de garantie et conditions d'application souhaitées

**12. Règlement** : termes et conditions de paiement

## F. Exemple de Cahier des Charges : Projet de panachage de chocolats et mise en barquettes - Chocolats Maxence

**1. Présentation de l'entreprise** : la société Chocolats Maxence, créée en 1905, est une société familiale spécialisée dans l'élaboration de recettes et la fabrication de produits à base de chocolat.

**2. Présentation du contexte** : forte de sa renommée, la société Chocolats Maxence a vu croître son marché de manière significative. Elle a donc pour projet de s'équiper d'une nouvelle ligne de fabrication pour augmenter sa capacité de production. Les volumes produits imposeront d'automatiser le poste de mise en barquette des chocolats.

L'activité de Chocolats Maxence étant saisonnière, la solution automatisée devra permettre de répondre aux exigences du

marché en termes de variation de cadence et de diversité des produits à conditionner, ceci en fonction des pays destinataires et des offres promotionnelles.

**3. Présentation de l'objectif** : l'équipement consiste en une cellule robotisée incluant une solution d'acheminement des produits nus en sortie de production, d'identification des produits, de conditionnement dans les barquettes et d'évacuation des barquettes constituées vers l'étuyeuse.

Expression du besoin : étude, réalisation, mise en service et formation (utilisateur et maintenance) de la cellule robotisée de panachage et mise en barquette.

Le fournisseur devra prendre en compte les contraintes liées à un environnement agro-

alimentaire : la cellule devra être compatible avec le protocole de nettoyage des équipements de production (se référer aux normes de nettoyage en vigueur).

**4. Produit** :

- Produits nus de taille identique.
- Dimension produits longueur x largeur x hauteur (mm) : 20 x 20 x 15
- Nombre de références produits total : 12
- Nombre de références produits en simultané à identifier et panacher : 8

Chocolats Maxence met des échantillons à disposition du fournisseur pour validation des choix techniques, en particulier pour le maintien des chocolats sans détérioration.



## 5. Environnement machine :

Dimensions machines :

- La cellule devra s'intégrer dans une surface de 1500 / 25000 mm.
- Largeur du convoyeur d'entrée : 600mm
- Largeur du convoyeur de sortie : 125mm
- Les positions, longueurs et hauteurs des convoyeurs sont ajustables et restent à définir par le prestataire.

Équipement amont :

Poste de nappage et sortie en vrac (plan) sur convoyeur à bande. Possibilité de faire la prise des produits à la volée sur le convoyeur à bande (pas d'arrêt du tapis possible).

Flux amont :

- Cadence : 15 000 produits/heure
- Fonctionnement en 2 x 8h

Équipement aval : étuyeuse

## 6. Fonctionnement machine :

Poste de conditionnement :

- Barquettes en matière plastique
- Dimensions maximum longueur x largeur x hauteur (mm) : 125 x 125 x 30
- Nombre de logements maximum : 25 (5 x 5)
- Flux : les barquettes sont distribuées en continu, sans immobilisation du convoyeur de sortie.
- La solution proposée devra permettre de remplir des barquettes de taille inférieure.

Matériel :

- Le fournisseur est libre de proposer une solution d'identification des produits en amont de la prise (caméra, capteur...).
- Le ou les robots devront répondre aux

exigences en termes de cadence et de nettoyage.

- La préhension ne devra pas dégrader l'aspect visuel du produit.

Programmation :

Le prestataire fournira une solution de programmation permettant au conducteur de ligne de paramétrer le panachage (choix des produits et leur positionnement dans les barquettes) par une interface graphique couleur conviviale.

**7. Formation :** au moins 2 personnes de la société Chocolats Maxence seront formées à la conduite de ligne par le constructeur de la machine.

Le prestataire proposera et inclura dans son offre tout autre type de formation qu'il jugera nécessaire pour le maintien de la machine en fonctionnement et la modification de recettes.

**8. Service Après-Vente :** le prestataire s'engage à une disponibilité pièces et main d'œuvre pour garantir une intervention en moins de 24h après le signalement de la défaillance par Chocolats Maxence.

Il soumettra un plan de maintenance préventive dans son offre.

De manière générale, l'intégration devra être conçue de manière à garantir l'accessibilité aux éléments à maintenir.

**9. Planning et délai de livraison :**

- Envoi du cahier des charges : semaine 03
- Remise de l'offre budgétaire : semaine 06
- Offre définitive : semaine 10
- Commande : semaine 13
- Remise de la pré-étude : semaine 16
- Pré-réception : semaine 25

- Livraison du matériel : semaine 27
- Mise en route : semaine 28
- Réception définitive : semaine 29
- Formation : semaine 30

Des revues de projet mensuelles seront mises en place avec les équipes en charge du projet.

**10. Aspect normatif :** une certification, à la charge du fournisseur, sera effectuée par un organisme de contrôle.

La cellule devra avoir un certificat d'incorporation CE.

**11. Garantie :** l'ensemble de la machine, incluant ses composants, sera garanti 24 mois. La période de garantie débutera à partir de la date de signature du PV de réception définitive.

**12. Règlement :** les factures devront être adressées en 2 exemplaires, par courrier, à Chocolats Maxence, Service Comptabilité Fournisseurs.

Échéances :

- 10% à la commande avec caution bancaire
- 20% à la validation des études avec caution bancaire
- 20% à la réception usine chez le fournisseur avec caution bancaire
- 20% à la réception provisoire
- 25% à la réception définitive
- 5% deux ans après la réception provisoire (période de garantie) ou retenue de garantie

Règlement : 30 jours fin de mois le 15

## XIV. L'utilisation d'un robot industriel



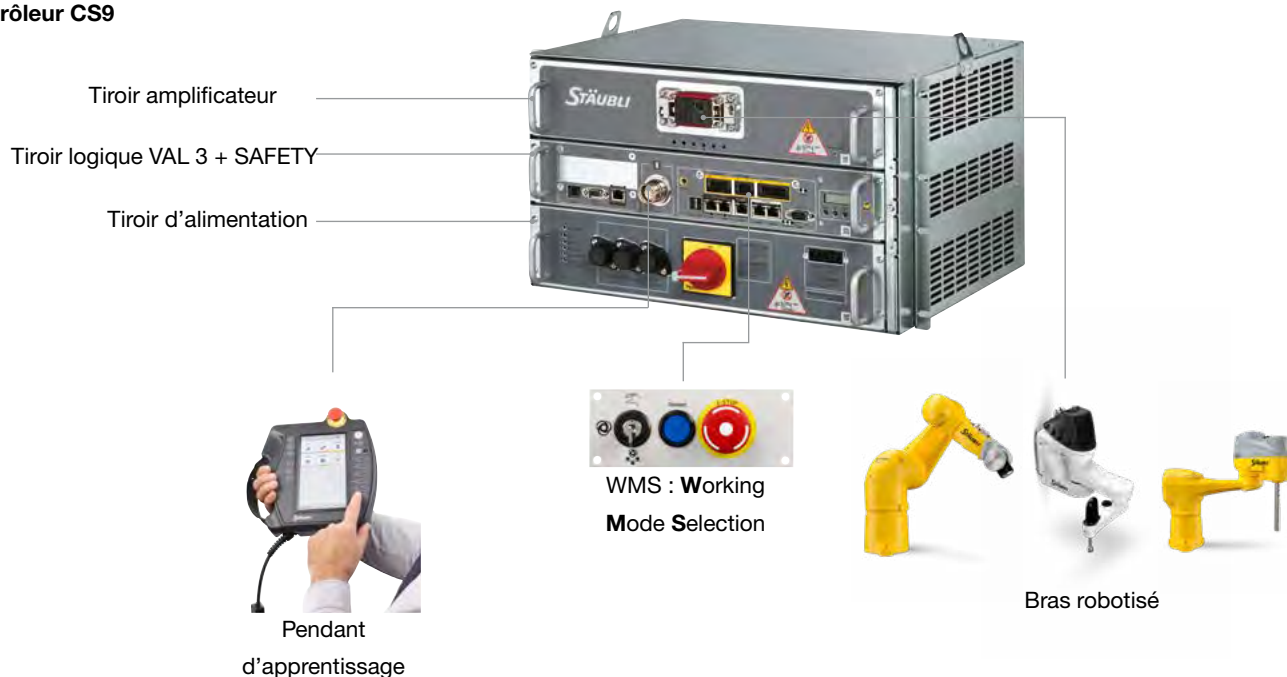


## A. Démarrage du système

Un robot industriel se compose de 4 éléments :

- Le contrôleur
- Le pendant d'apprentissage
- Le bras
- Le WMS (Working Mode Selection - Sélecteur de Mode de Marche)

### 1. Contrôleur CS9



### 2. Pendant d'apprentissage SP2

Le pendant d'apprentissage est l'interface de « pied de machine » du robot. Il permet la commande manuelle des mouvements, le réglage de paramètres divers ainsi que l'édition de programmes via une interface graphique tactile.



Léger, compact et robuste, il convient aux droitiers comme aux gauchers.



### 3. Les modes de marche

Un robot peut s'utiliser dans deux contextes distincts : le premier, la programmation et le réglage, nécessite que le robot puisse être piloté manuellement par un opérateur se tenant à proximité. Dans ce cas, la vitesse du robot sera limitée de manière sûre.

Le second, le contexte de production, doit permettre au robot de fonctionner de manière autonome. À chacun de ces contextes correspond un mode de marche.



#### Mode automatique :

La cellule est fermée, personne à l'intérieur :

- Le robot est contrôlé par un programme (testé au préalable).
- Les mouvements peuvent être effectués à très grande vitesse.
- Mode déporté : le robot est contrôlé par un système externe.

2 modes possibles :



Mode local

ou



Mode déporté

#### Mode manuel :

Le robot est contrôlé par l'opérateur qui a le boîtier de commande manuel en main, contact « Homme présent » activé :

- Un programme peut être exécuté avec la touche « MVT/Pause » maintenue.
- La vitesse est limitée à 250 mm/s maximum et l'opérateur peut se tenir à proximité du robot.
- Mode spécifique manuel de test : vitesse à 100% à valider à chaque mise sous puissance.

2 modes possibles :



Mode manuel

ou



Mode manuel test

#### 4. Après un arrêt d'urgence actionné

À la suite de l'enclenchement d'un arrêt d'urgence :

**Lancer le premier cycle à vitesse faible (10 %)**

- Touche de réglage de la vitesse moniteur

**Se tenir prêt à arrêter le mouvement du bras**

- Bouton "Arrêt d'urgence" = coupure immédiate de la puissance des moteurs et arrêt des mouvements, cas d'urgence idéalement
- Touche « Puissance bras » = coupure du robot uniquement
- Touche « MVT/Pause » = Arrêt soft et immédiat (pour mise au point), pas de coupure de puissance
- Si la cellule est collaborative, utiliser tout capteur/dispositif provoquant l'arrêt sécurisé des mouvements



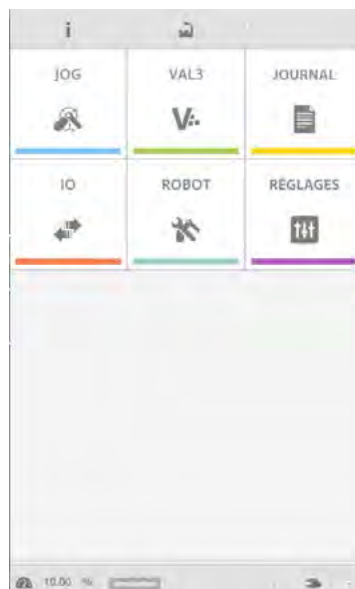
**Toujours suivre les consignes de sécurité**

#### 5. Mise en route du robot

- Commuter le sectionneur général



- Attendre l'apparition du menu principal sur le boîtier manuel



## 6. Mise sous puissance

Pour permettre les mouvements, les servomoteurs d'un robot doivent être activés. Lors de cette activation, les freins mécaniques vont se déverrouiller, et la position

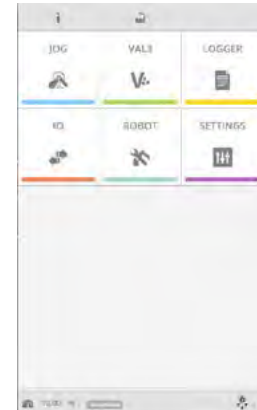
du bras sera gérée par ces moteurs. Cette activation est qualifiée de mise sous puissance du bras. La procédure exacte varie en fonction du mode de marche.

### Mise sous puissance en mode automatique

- Pas d'arrêt d'urgence enclenché
- Activer le mode automatique (local ou déporté)



- Presser le bouton bleu «Restart» (SAFETY) sur le WMS, sauf si le programme a été modifié au préalable par le fabricant



- Appuyer sur le bouton de mise sous puissance (mode local)
- Mise sous puissance par système externe (automate)



### Mise sous puissance en mode manuel

- Activer le mode manuel
- Presser le bouton bleu « Restart » (SAFETY), sauf si le programme a été modifié au préalable par le fabricant



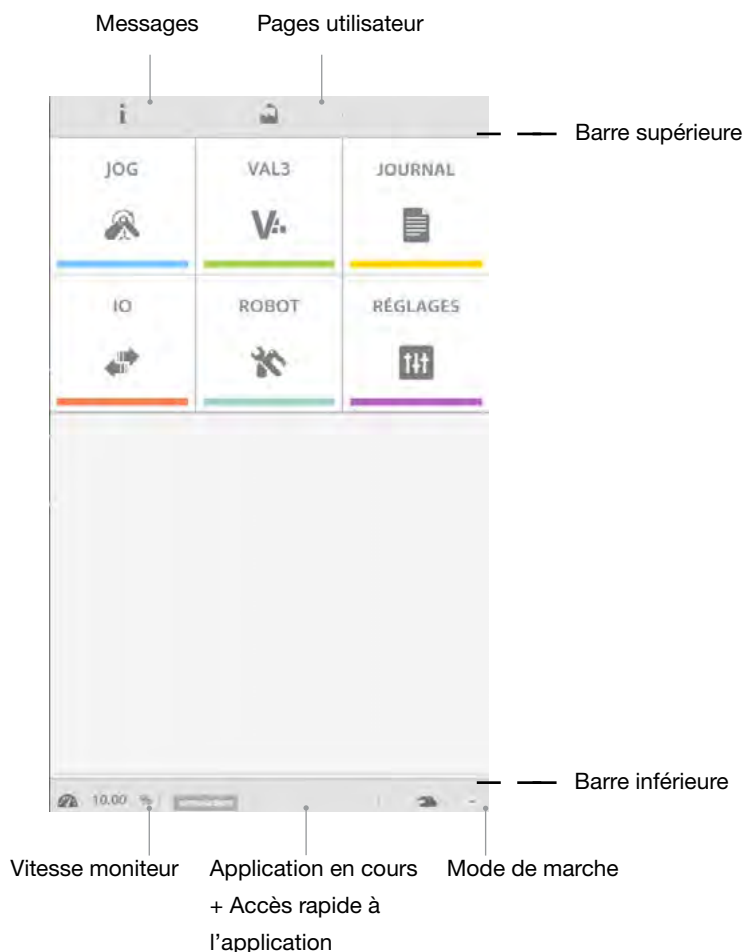
- Saisir le boîtier de commande manuel et appuyer sur le bouton «Homme présent»
- Appuyer sur le bouton de mise sous puissance
- La puissance du bras se coupera à chaque relâchement du bouton «Homme présent».



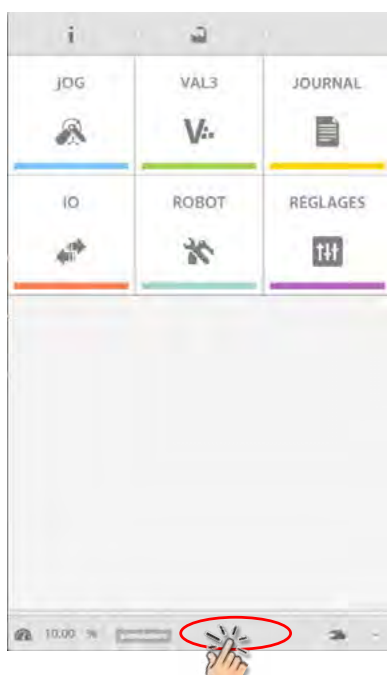
## 7. Navigation de l'interface du pendant d'apprentissage SP2

### Menu principal

- JOG : déplacements manuels  
Apprentissage, édition, mouvements des points
- VAL3 : gestionnaire de l'application VAL3  
Ouverture, lancement, modification et sauvegarde d'application VAL3
- JOURNAL : Journal d'événements
- IO : entrées/sorties/communication entre le robot et les périphériques (SAFETY y compris)
- Robot : calibrage, restauration, phasage, libération des freins  
Informations : versions du matériel, logiciels. Enregistreur, sécurité (SAFETY)
- Réglages : réseaux, langue, date/heure, profils.



### Navigation d'un écran à un autre



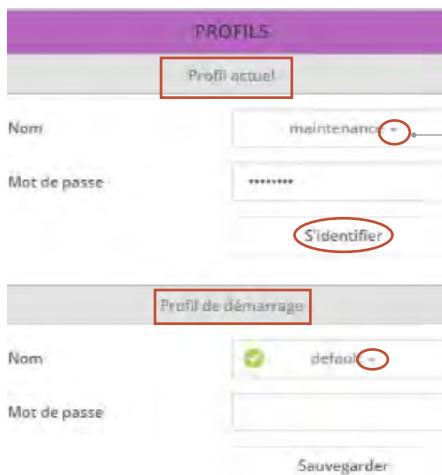
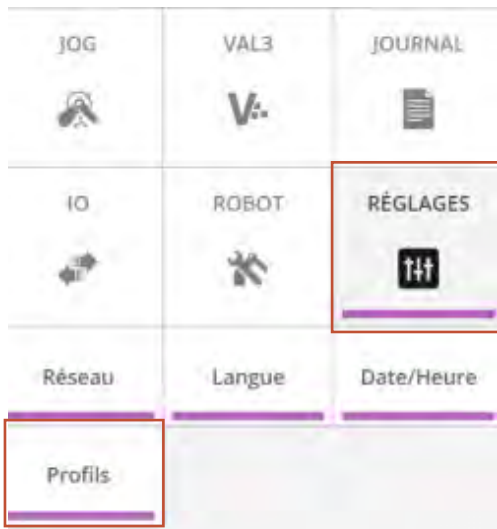
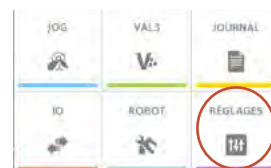
Barre d'accès rapide à n'importe quel écran :

- Accès au gestionnaire d'application
- Accès à la page de déplacements manuels
- Accès aux entrées/sorties

- Sélection rapide d'un mode de déplacement (Joint Repère ou Tool) sans changer d'écran
- Désélection d'un mode de déplacement pour le lancement d'une application en mode manuel

## Gestion des utilisateurs

- 2 zones : profil actuel et profil de démarrage
- Certains profils requièrent un mot de passe
- Profil de base « default », sans mot de passe



### Accès à la liste des profils

3 profils à la première livraison :

- Default (sans mot de passe)
- Maintenance (avec mot de passe)
- Stäubli (avec mot de passe)

## B. Déplacement du robot au pendant d'apprentissage SP2

### 1. Déplacer le bras au boîtier manuel (mode JOG)

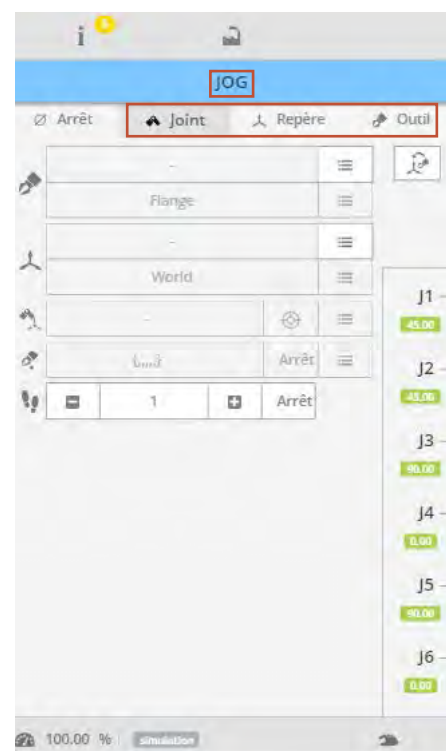
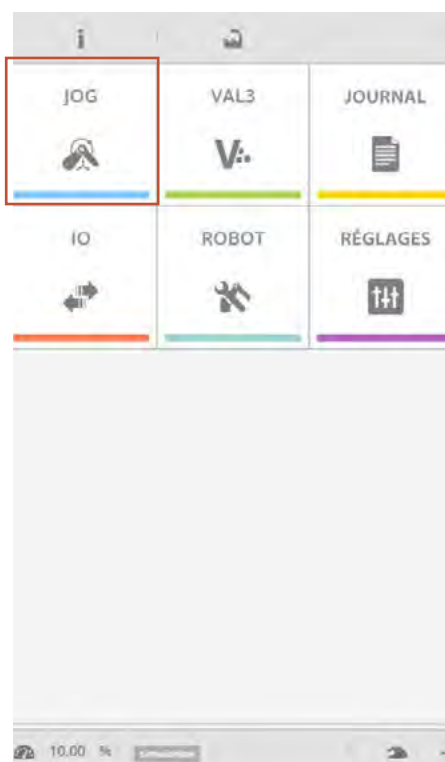
Sélectionner le mode de marche manuel



### 2 méthodes pour déplacer le robot en mode manuel

#### Méthode classique

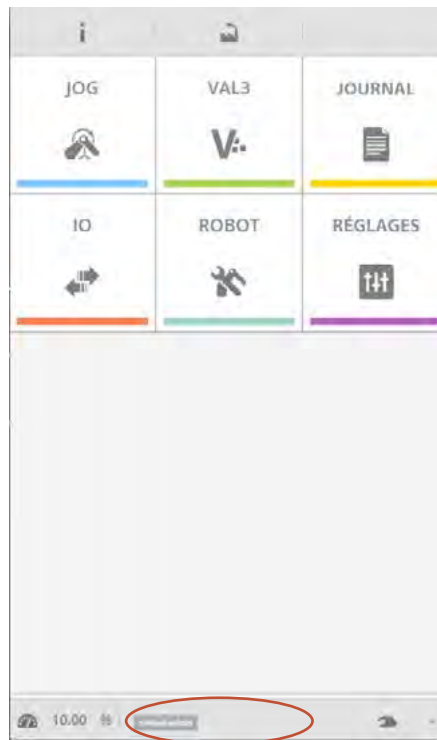
- Accès aux points, aux outils, repères, valeurs des capteurs de position
- Accès aux choix de types de mouvements (courbes, droits...)





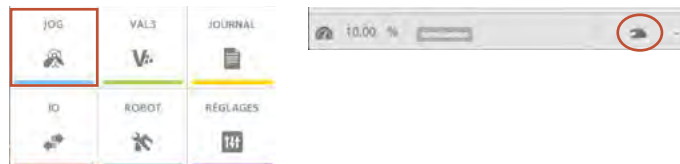
**Méthode rapide et dans n'importe quel menu**

- Barre en bas d'écran (partie centrale)
- Choix rapide d'un mode de déplacement sans changer de page

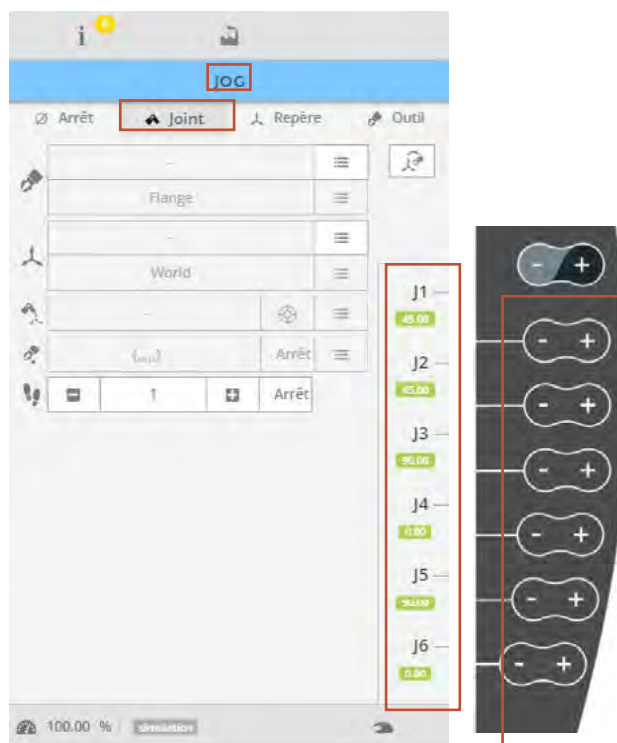


**2. Mode de déplacement articulaire**

L'accès au mode JOINT se fait par le menu principal (JOG) ou la barre d'accès rapide en bas d'écran. Le mode manuel est obligatoire.



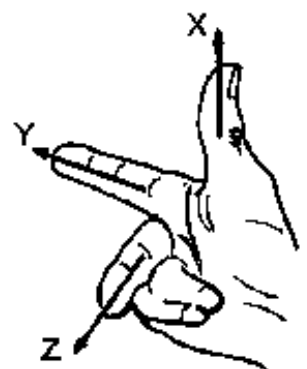
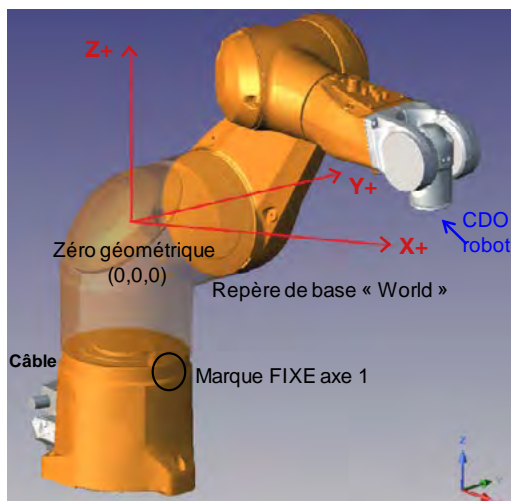
- Choisir le mode JOINT.
- Le mode JOINT est inscrit dans la barre d'accès rapide en bas de l'écran dès que le bras est sous puissance.
- La position courante du robot est indiquée en valeurs angulaires.
- Appuyer sur les touches du boîtier pour bouger les axes.



### 3. Mode de déplacement cartésien (REPERE)

- X, Y, Z : coordonnées du centre espace du centre outil du robot
- Repère au centre du robot appelé « World »
- Centre de l'outil CDO, de base du robot appelé « Flange » (centre de la bride JOINT 6)

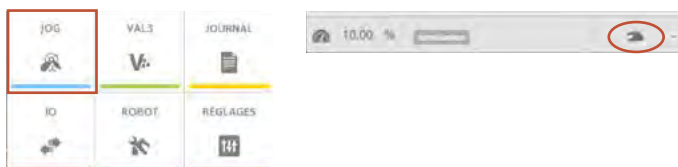
De base, le robot se déplace suivant un repère invisible partant de son centre. Repères cartésiens **FIXES** X, Y, Z, toujours les mêmes directions.



!! Main Droite !!

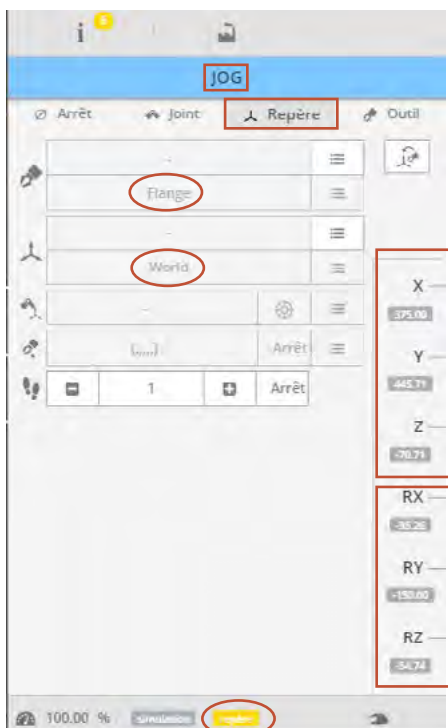
L'accès au mode repère FRAME se fait par le menu principal (JOG) ou la barre d'accès rapide en bas d'écran (mode manuel obligatoire).

Lorsque le bras est sous puissance, le mode repère est signalé dans la barre d'accès rapide



- L'outil courant est indiqué (ici « Flange » le centre de la bride axe 6).
- Le repère courant est aussi indiqué (ici « World », le zéro géométrique).
- X, Y, Z représentent une translation du centre outil dans le repère courant (unité mm).
- RX, RY, RZ, représentent les rotations du centre outil courant autour des axes X (RX), Y (RY), Z (RZ) du repère courant (unités degrés).

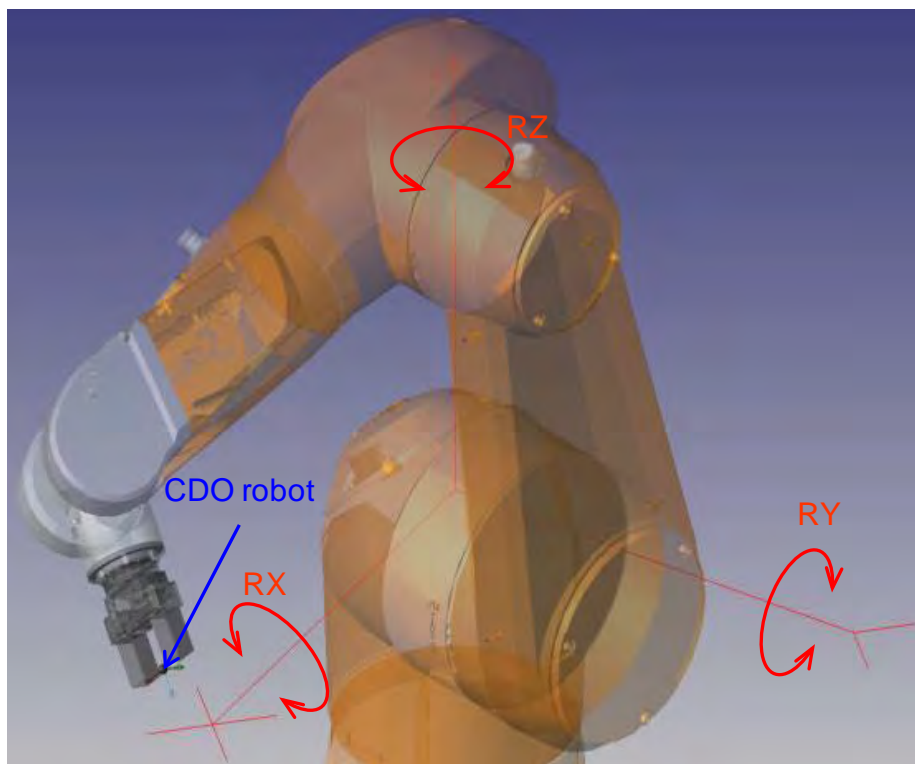
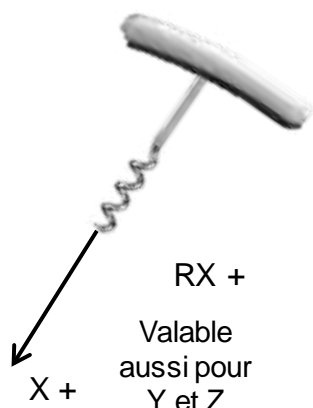
Un repère FRAME peut être sélectionné d'une application VAL3.



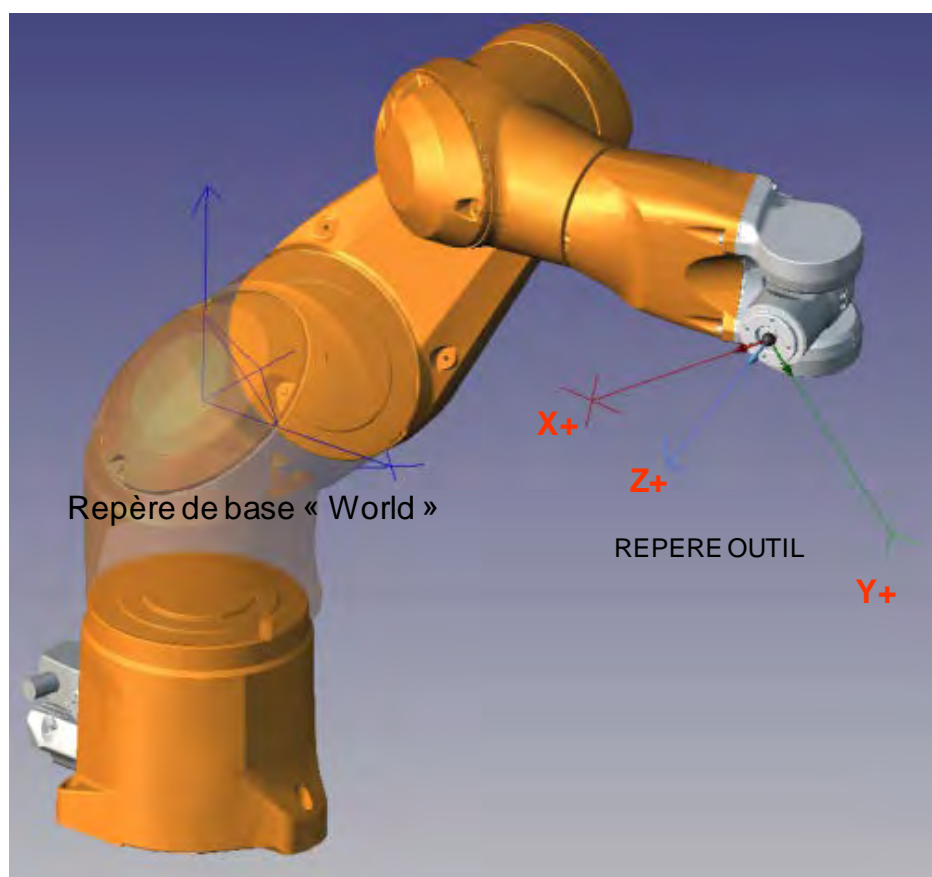
#### 4. Orientation des axes

Le sens de rotation positif autour d'un axe cartésien est le sens horaire. Dans le langage familier, cette règle est qualifiée de «règle du tire-bouchon».

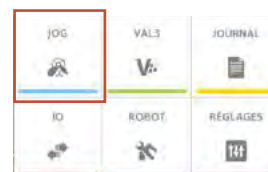
(RX, RY, RZ) : coordonnées de l'orientation du CDO du robot = rotation autour des 3 axes pour passer du 0, 0, 0, à l'orientation du CDO du robot.



#### 5. Mode de déplacement cartésien (OUTIL)



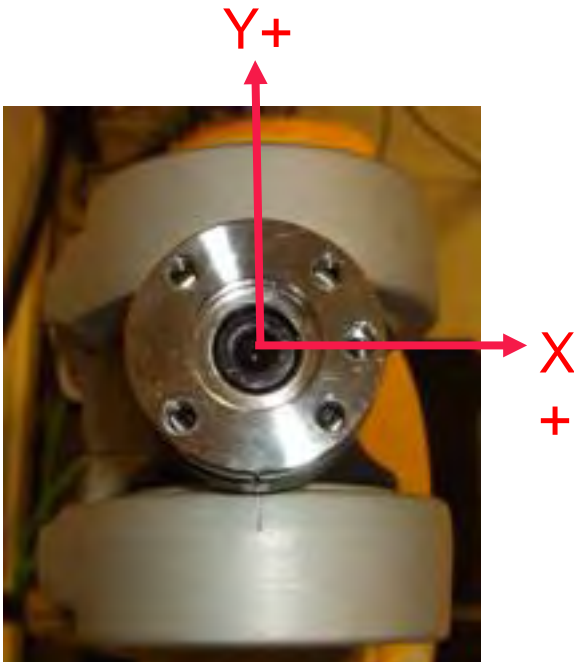
Le robot se déplace suivant un repère invisible partant de son **centre outil**.



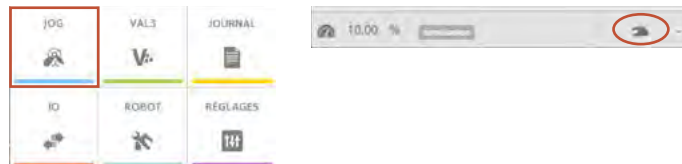
Repère outil de base « Flange », lié à la bride joint 6.

Repère MOBILE :

- Les directions X-Y évoluent quand l'axe 6 bouge.
- Z sortant de la bride.



Comme les autres modes, le mode outil se choisit depuis la page JOG ou depuis la barre d'accès rapide en bas d'écran (mode manuel obligatoire).

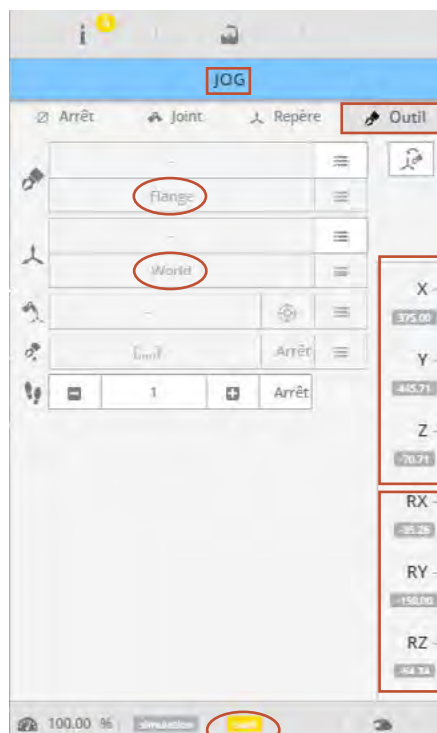


Lorsque le bras est sous puissance, le mode repère est signalé dans la barre d'accès rapide.

- L'outil courant est indiqué (ici « Flange », le centre de la bride axe 6).
- Le repère courant est aussi indiqué ici «World», le zéro géométrique.

Les valeurs indiquées sont identiques au mode Frame.

- X, Y, Z, représentent la position courante du centre outil sélectionné dans le repère courant (unités mm).
- RX, RY, RZ, représentent les rotations du centre outil autour des axes X (RX), Y (RY), Z (RZ), du repère courant (unités degrés).



Un repère outil peut être sélectionné d'une application VAL3.

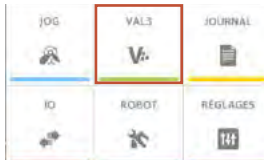
## C. Gestionnaire d'application

Le gestionnaire d'application est l'environnement de l'interface via lequel l'utilisateur pourra éditer et déboguer des programmes d'application.

Affichage écran d'accueil, mais accès par bouton du menu contextuel.

### 2 gestionnaires sont proposés :

- Application VAL3 pour la programmation
- Tâches, pour le débogage
- Des touches de fonctions de F1 à F8
- Des touches principales (SHIFT, ENTER, ESC)
- Un clavier alphanumérique (touche KBD activée)
- Des touches de navigations (Up, Left, Right et Down)
- Une touche aide HELP pour les touches de fonctions
- Des touches pour démarrer et arrêter une application VAL3, Run et Stop



### 1. Navigation dans le gestionnaire d'application

Une alternative aux boutons Up, Left, Right et Down : cliquer sur l'écran en haut, en bas, à droite ou à gauche pour déplacer le

curseur de ligne.

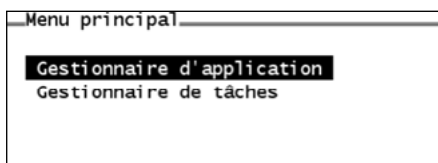
Un halo vert en forme de cercle indique la direction sélectionnée.



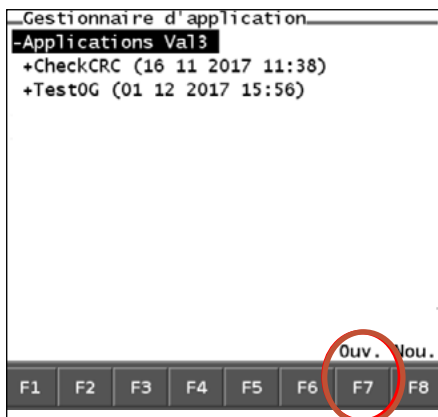


## 2. Chargement d'une application

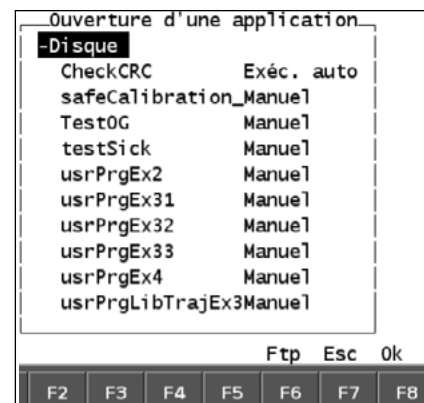
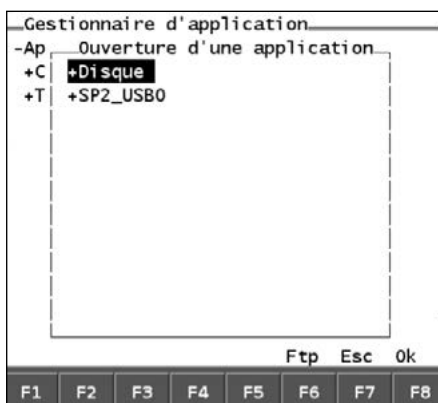
- Bouton du menu contextuel du boîtier



- Entrer dans le gestionnaire d'application (touche ENTER ou click à droite écran)
- Touche F7 pour ouvrir



- Touche RIGHT (ou click à droite de l'écran) sur la ligne Disque ou SP2\_USB0
- Aller sur la ligne de l'application
- Valider par la touche F8 ou ENTER



## 3. Structure d'une application

**Variables globales :** variables de différents types définies par le programmeur.

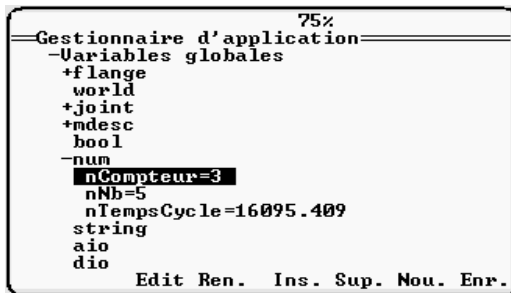
- Outils, repères, points cartésiens, position angulaire
- Booléens, numériques, chaîne de caractères

**Programme :** programmes exécuté comme tâche ou sous programme.

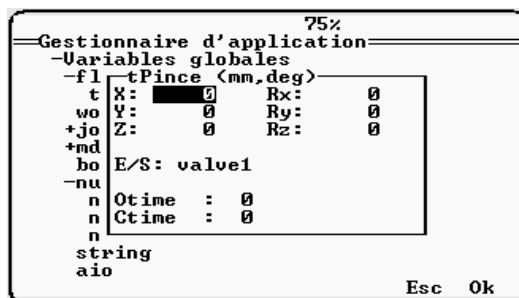


4. Édition des données

- ESC** Annulation des données
- ENTER** Pour éditer un champ (entrer la valeur ou la sélectionner dans une liste)
- ENTER** Validation

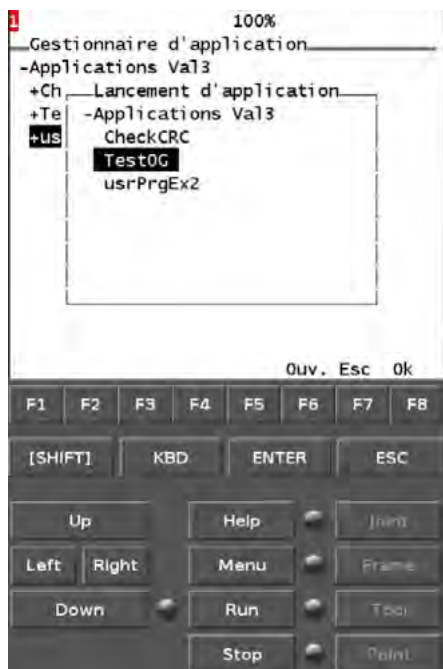


Pour les données à valeurs multiples :  
Validation par la touche OK (F8)

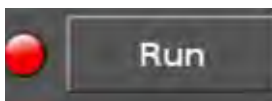


5. Lancement d'une application

- Toucher Run



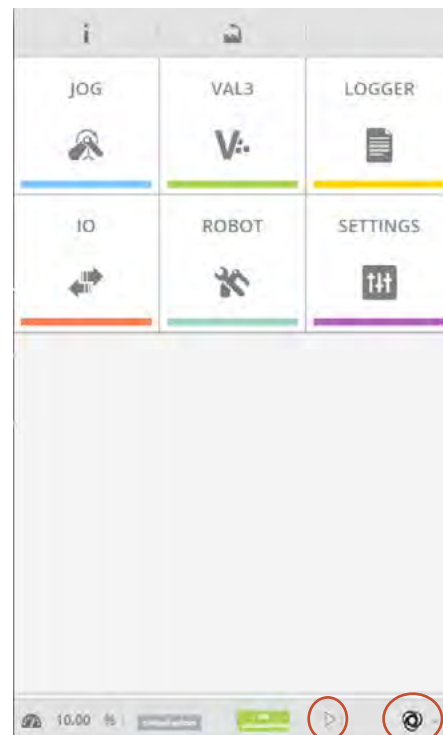
- Choisir l'application puis la touche F8 ou ENTER. Le voyant rouge à gauche de Run s'allume.



## 6. Autorisation des mouvements (mode automatique local)

### Application lancée, sélectionner le mode automatique local

- Vérifier les conditions du mode automatique (pas d'arrêt d'urgence, portes fermées, distances des scrutateurs...)
- À la mise sous puissance, l'état des mouvements est **«stoppé»**, le voyant du bouton Mouvement/Pause clignote.
- À l'appui du bouton Mouvement/Pause, le cycle s'exécute automatiquement, l'état des mouvements passe à **«En mouvement»**.
- Chaque appui sur le bouton Mouvement/Pause provoque un arrêt immédiat des mouvements **«stoppés»** (Clignotement voyant Mouvement/Pause).
- À chaque coupure, il y a une remise sous puissance, l'état des mouvements passe alors à «connexion».
- L'état **«connexion»** signifie qu'une connexion à la trajectoire connue va être exécutée.



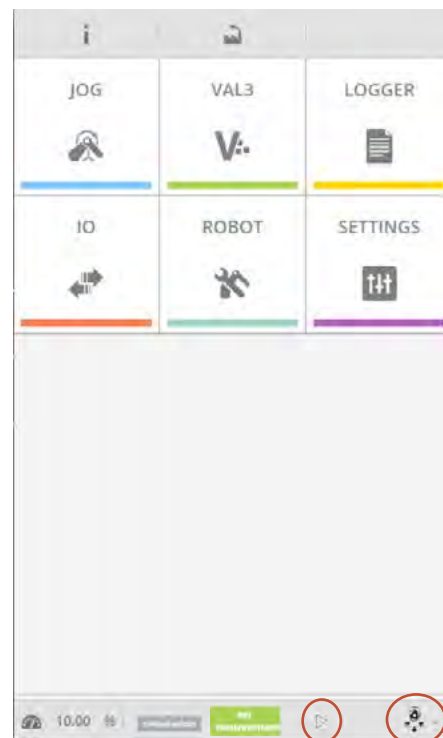
## 7. Autorisation des mouvements (mode automatique déporté)

### Application lancée, sélectionner le mode automatique

- Vérifier les conditions du mode automatique (pas d'arrêt d'urgence, portes fermées, distances des scrutateurs).
- La mise sous puissance n'est pas possible à partir du boîtier manuel. Les mouvements sont commandés par un contact externe, plusieurs cas possibles:
  - Robot piloté par un automate ou une machine
  - Le boîtier peut être facultatif (bouchon en place quand la puissance bras est activée), les mouvements peuvent être lancés par programme
- Si le boîtier manuel n'est pas présent, vérifier la possibilité de régler la vitesse et d'activer un arrêt immédiat, sinon seul un arrêt d'urgence stoppera le bras.



**Attention :** Sur certaines applications, dès que la mise sous puissance est activée, le robot peut se mettre à bouger.



### 8. Autorisation des mouvements (mode manuel)

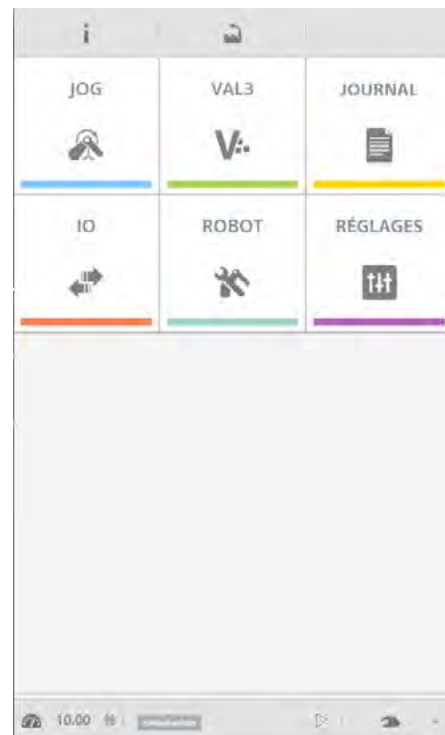
#### Application lancée, sélectionner le mode manuel

- À la mise sous puissance, l'état des mouvements est «**stoppé**», (le voyant du bouton Mouvement/Pause clignote).
- À l'appui du bouton Mouvement/Pause, le cycle s'exécute tant que le bouton est pressé.

L'état des mouvements passe à «**En mouvement**».

- Chaque relâchement du bouton provoquera un arrêt immédiat des mouvements «**stoppés**» (clignotement du voyant Mouvement/Pause).
- L'état «**connexion**» indique qu'une connexion à la trajectoire connue va être exécutée.

Si un mode de déplacement manuel est actif, le bouton Mouvement/Pause ne clignotera pas. Pour désactiver le mode, choisir «**Aucun**».

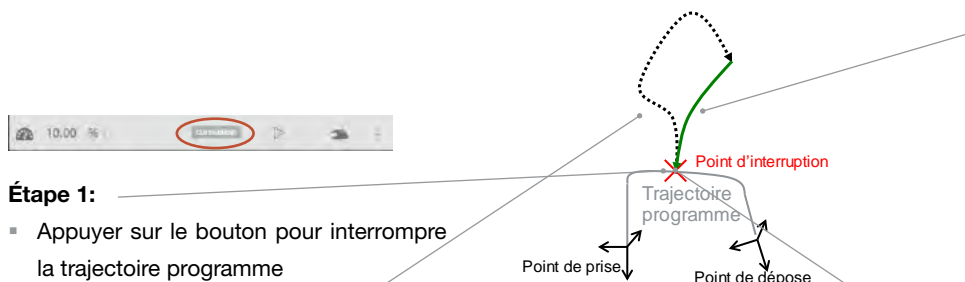


### 9. Mouvement de connexion

En cas d'interruption de ses mouvements, et ce quelle que soit la nature de cette interruption (arrêt d'urgence ou autre), le robot dispose de la capacité à reprendre à tout moment l'exécution de ses mouvements

sans que la trajectoire originale soit pour autant altérée. Pour que ce mécanisme puisse fonctionner dans tous les cas, il faut que le robot soit ramené sur le point d'interruption dans le cas où il en aurait été écarté

(via un pilotage manuel par exemple). Cette étape est qualifiée de « mouvement de connexion ».



#### Étape 1:

- Appuyer sur le bouton pour interrompre la trajectoire programme



#### Étape 2:

- Déplacement manuel du bras
- Exemple : au pendant d'apprentissage SP2.  
Peut aussi être : libération de freins...



#### Étape 3:

- Maintenir le bouton (quel que soit le mode de marche) : mouvement de connexion à vitesse lente jusqu'au point d'interruption



Pendant cette phase, le mode de marche peut être changé, le robot peut être de nouveau déplacé manuellement (contournement d'un obstacle)...

#### Étape 4:

- Maintenir le bouton (mode manuel) ou simple appui (mode automatique) : reprise du cycle à la vitesse initiale



Le robot reprend ses mouvements sur sa trajectoire programmée sans aucune altération sur cette dernière, comme s'il ne s'était pas arrêté.

## 10. Arrêt d'une application

- Appuyer sur le bouton du menu contextuel du boîtier



- Appuyer sur la touche STOP
- Répondre OK (touche F8)



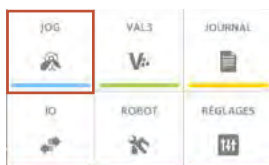
Note : l'affichage et le comportement du robot peuvent être programmés dans le programme STOP pour répondre aux besoins de l'application.

## D. Apprentissage de la cellule

Les mouvements d'un robot industriel sont généralement réalisés de la manière suivante : des instructions du langage de programmation sont utilisées pour interpoler des trajectoires entre des points préala-

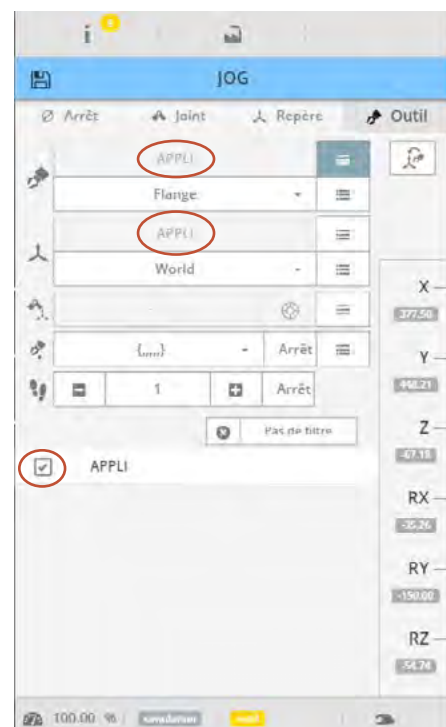
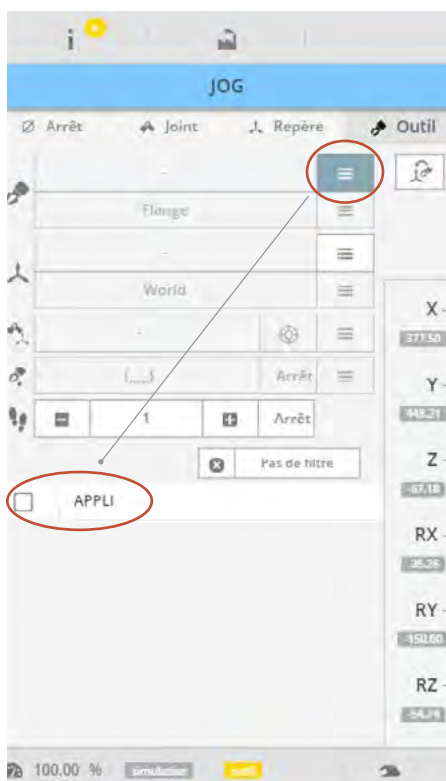
blement appris au robot. Cet apprentissage consiste à positionner manuellement le robot à l'aide du pendant d'apprentissage, et à enregistrer sa position dans des variables.

### 1. Accès à la liste des points

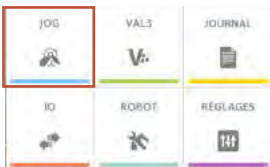


- Avant de bouger ou apprendre un point, choisir dans la liste l'application le contenant.
  - Choisir le nom de l'application si elle est déjà chargée en mémoire
- ou
- Ouvrir puis choisir l'application si la mémoire est vide.

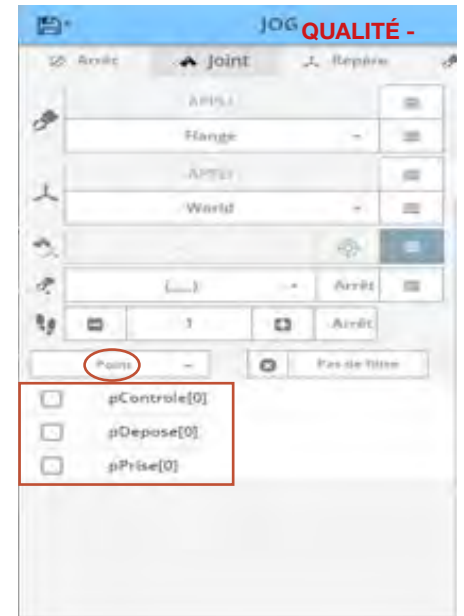
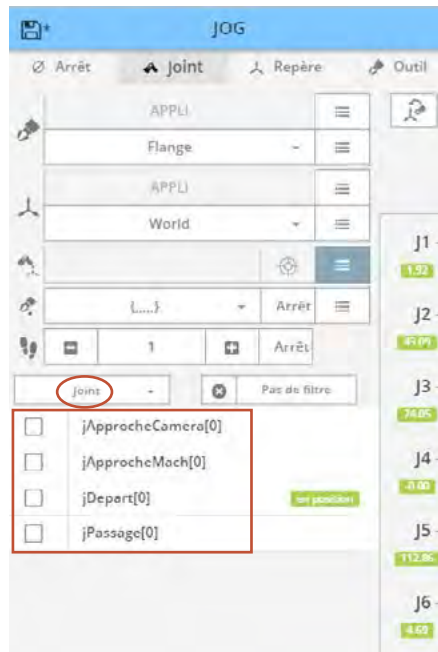
Dès l'application sélectionnée, son nom apparaît dans les champs de l'outil et du repère.







- À l'appui du bouton d'appel des points, ils apparaissent à la place de(s) nom(s) d'application(s)
- 2 catégories de points peuvent être choisies (angulaire ou cartésien)



## 2. Point articulaire : variable de type JOINT

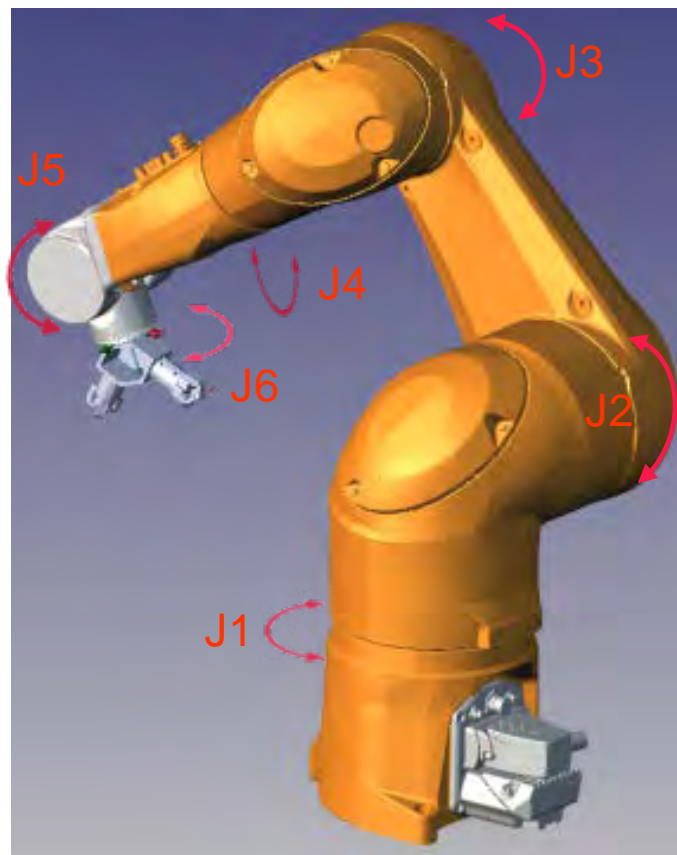
- Exemple de nom de point : jDepart, jRepli, jAppro
- Le système enregistre les valeurs angulaires des 6 axes J1 à J6.
- Convention Stäubli sur la définition du nom de la variable avec un préfixe j
- Pour chaque point articulaire, la configuration du bras est unique

### Exemple ici :

- Épaule droite
- Coude en haut (par rapport à l'axe X du « World »)
- Poignet « positif » (tuyau et connexion électrique au dessus de l'avant bras)

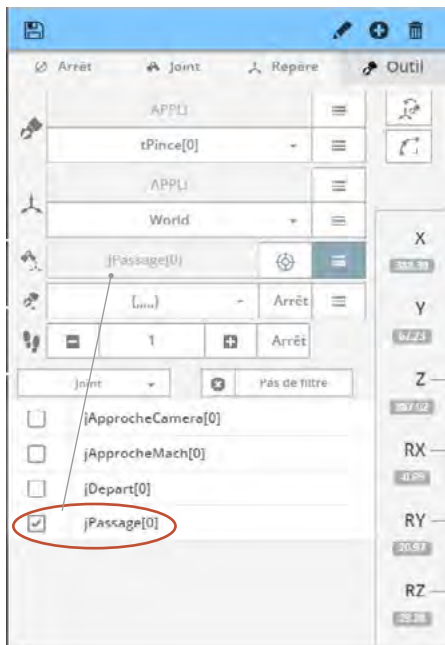
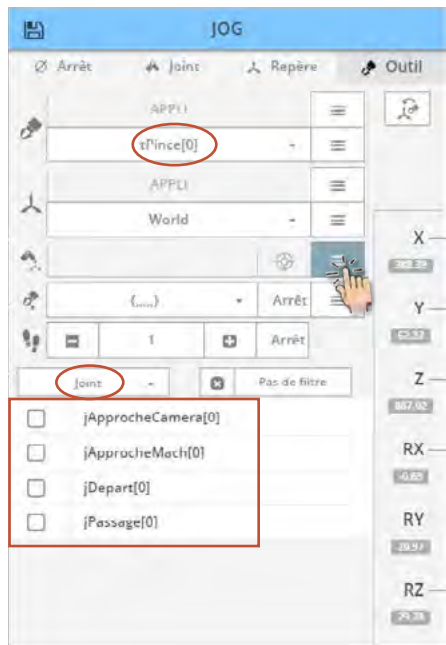
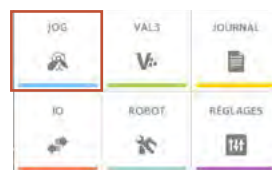
### Utile pour :

- Éviter les collisions entre la fonderie du bras et la périphérie
- Éviter le défaut de « singularité »

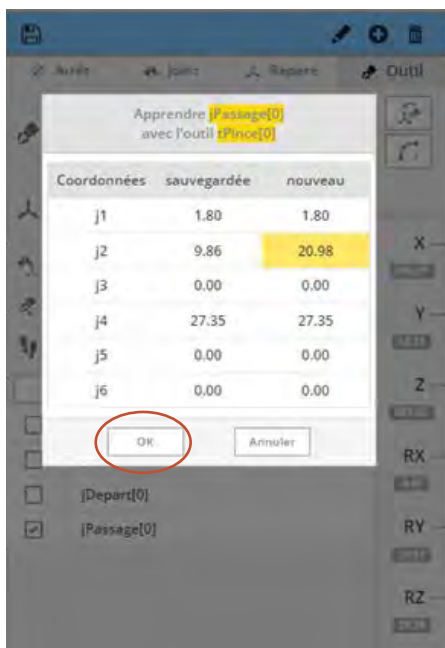
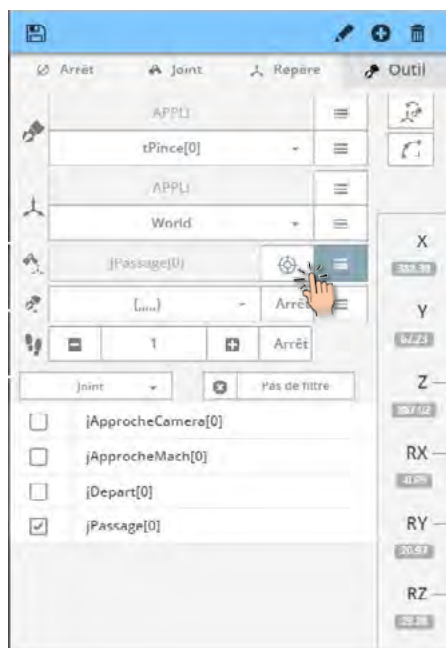
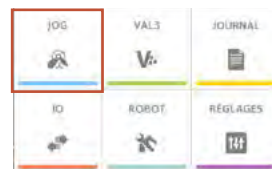


### 3. Apprentissage d'un JOINT

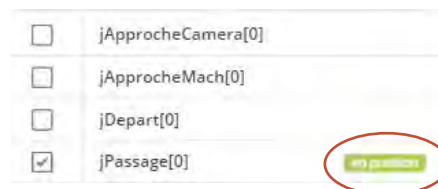
- Déplacer le bras à la position souhaitée (modes Joint, Frame ou Tool)
- Choisir le nom du point où l'outil est en position



- Apprendre la position du bras à l'aide du bouton et valider par OK.



- La bannière «En position» indique que la position est apprise au point sélectionné.



- Ne pas oublier d'enregistrer le point avec la touche Sauvegarde.

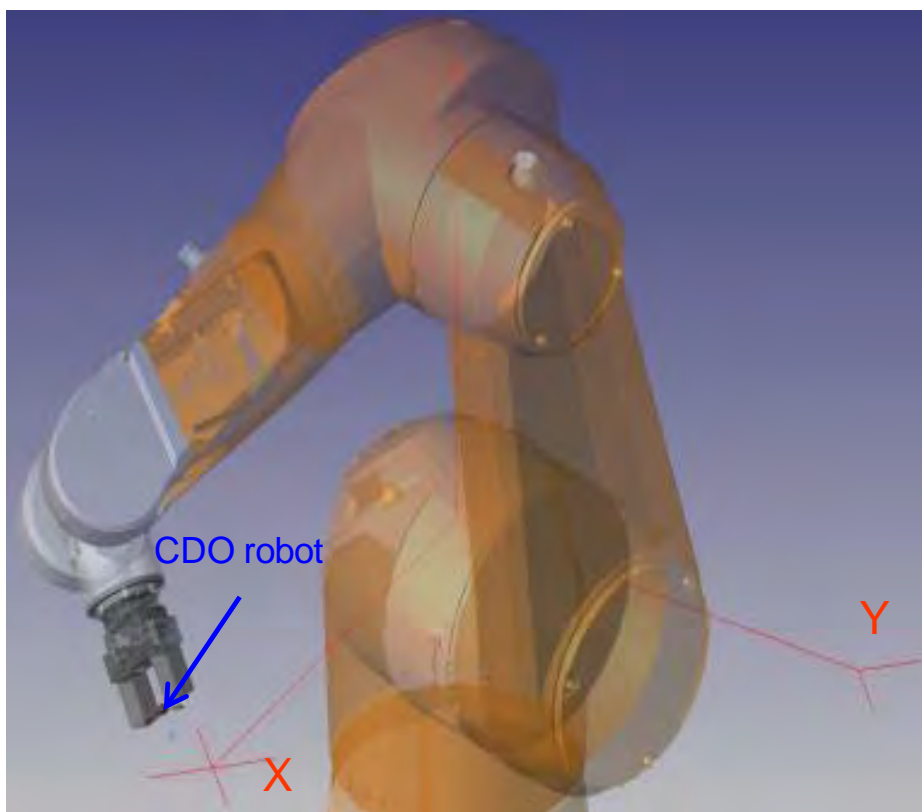


#### 4. Points cartésiens : variable de type POINT

- Exemple de noms de points : pPrise, pPose, pTraj
- Le système enregistre les translations et rotations du centre outil courant dans le repère courant (unité mm et degrés).
- Convention Stäubli sur la définition du nom de la variable avec un préfixe p
- Pour un même point cartésien, la configuration du bras peut être différente.

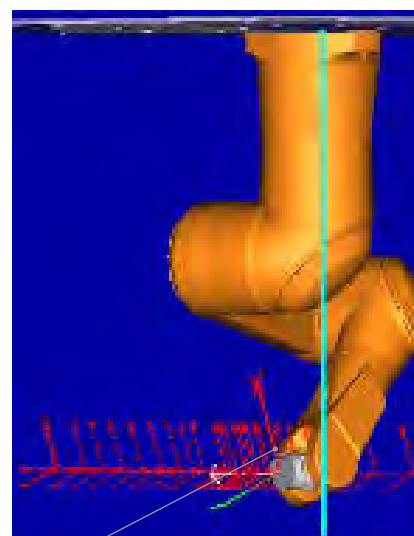
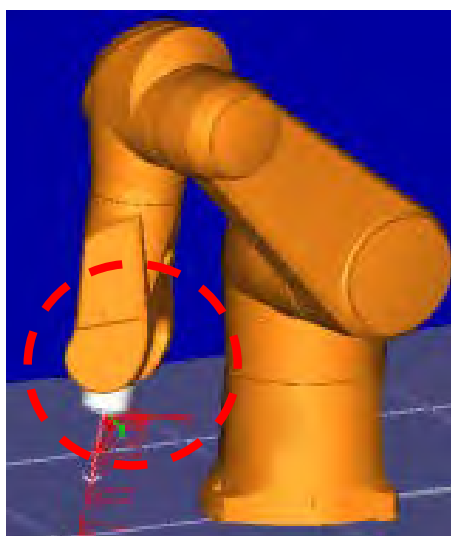
##### Exemple :

- Épaule gauche, coude en haut et poignet positif lors de l'apprentissage, mais un changement de configuration peut forcer le bras à être configuré différemment au retour du même point cartésien.

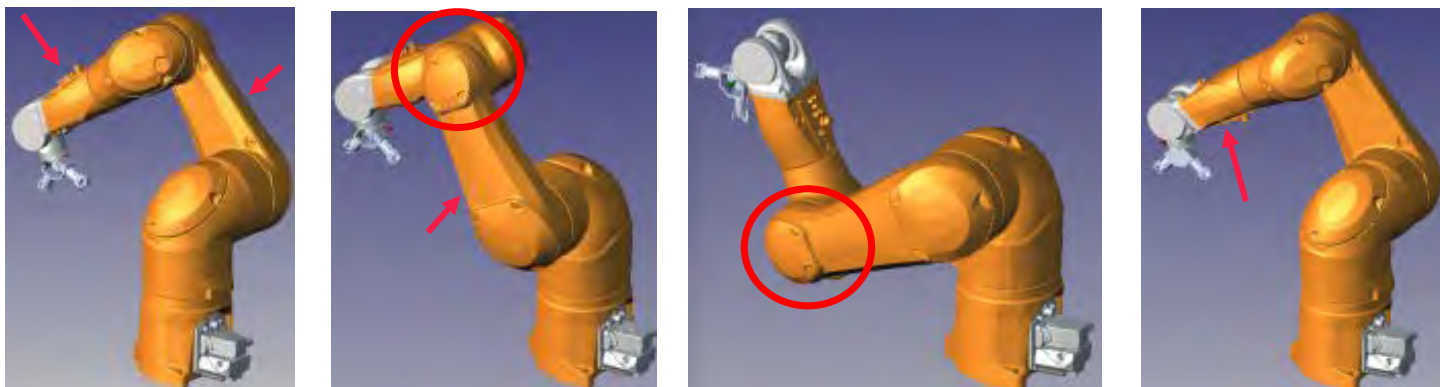


##### Utile pour :

- Lier des points au même repère (palettisation, trajectoire complexe, calcul de points d'approche)
- Attention aux « singularités » (joint 5 proche de 0 ou poignet dans le prolongement de l'épaule)



5. Configuration du bras



**On choisit de définir la configuration du bras avec un point type JOINT**

- Approche zone : type JOINT (passage par la position sans marquer l'arrêt)
- Action prise/pose (pièce, outil porté) sur

une position : Type POINT

Au minimum une position articulaire dans une application, exemple : jDépart.

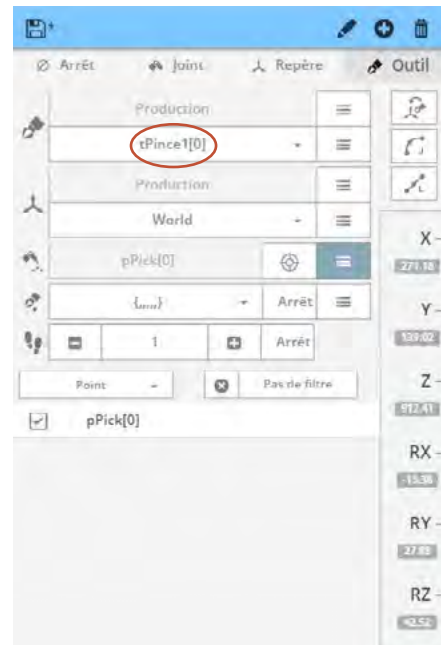
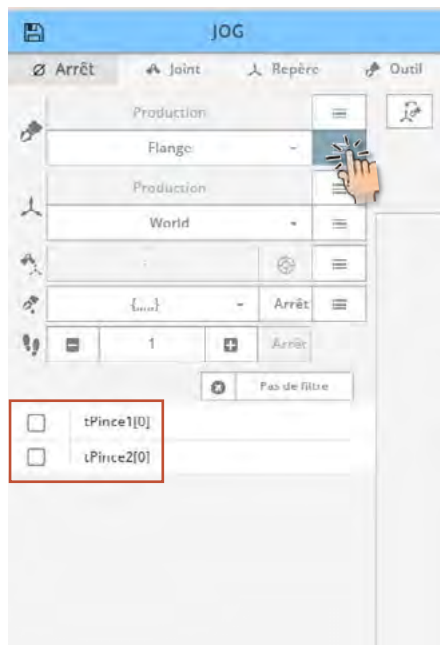
Une position de type JOINT pour chaque zone nécessite un changement de

configuration de bras.

Le programme devra faire passer le robot sur le joint d'une zone avant d'effectuer des trajectoires sur les points cartésiens de cette même zone.

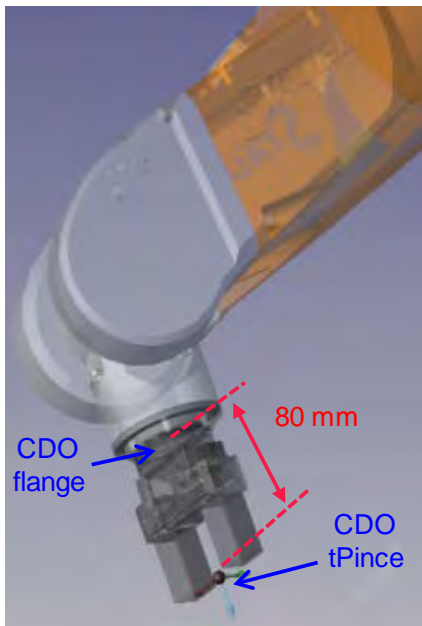
6. Sélection des outils

Lors de l'apprentissage ou du déplacement sur un point cartésien, il faut impérativement sélectionner le bon outil de travail.





## 7. Définition des outils



**Définir la géométrie et l'action d'un outil permet :**

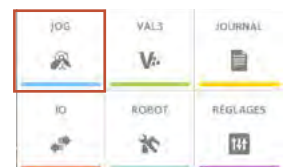
- d'atteindre les mêmes points avec différents outils
- de contrôler la vitesse et la trajectoire en bout d'outil
- de corriger la géométrie de l'outil au fil du temps (en cas d'usure d'un outil porté par le robot)
- de faciliter l'apprentissage des points

Les coordonnées d'un point correspondent à la position d'un centre outil à un moment donné (apprentissage)

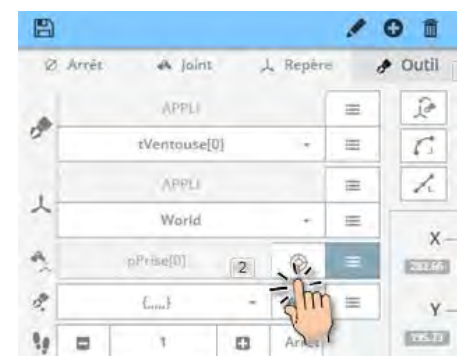
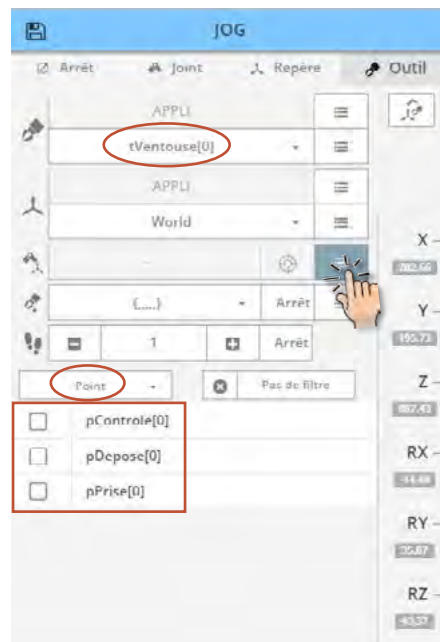
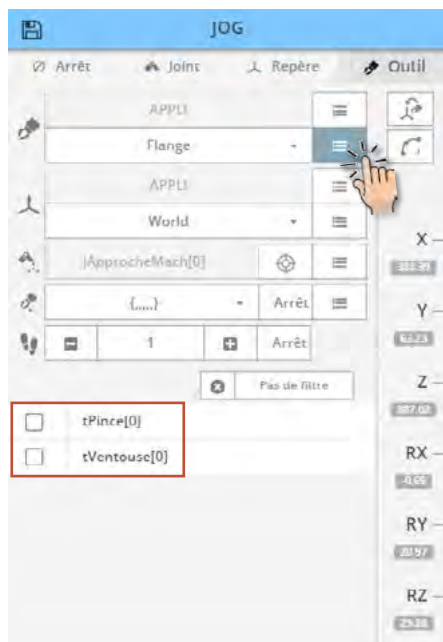
Index	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz	Gripper	OTime	CTime
0	0	0	80	0	0	0	DsiIO\Qvalve1-1	0	0

## 8. Apprentissage d'un POINT


- Déplacer le bras à la position souhaitée (mode JOINT, FRAME, TOOL).
- Choisir l'outil utilisé.
- Afficher la liste des points cartésiens et choisir le point à apprendre.

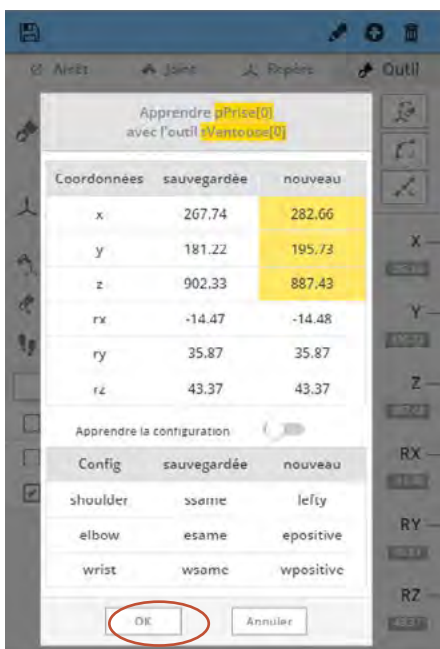


- Apprendre la position du bras à l'aide du bouton et valider en appuyant sur OK.





- Apprendre la position du bras à l'aide du bouton  et valider en appuyant sur OK.



- Apprendre la configuration du bras permet de forcer l'angle de l'épaule, le coude et le poignet.



- La bannière «**En position**» indique que la position est apprise au point sélectionné.



- Ne pas oublier d'enregistrer le point avec la touche sauvegarde.



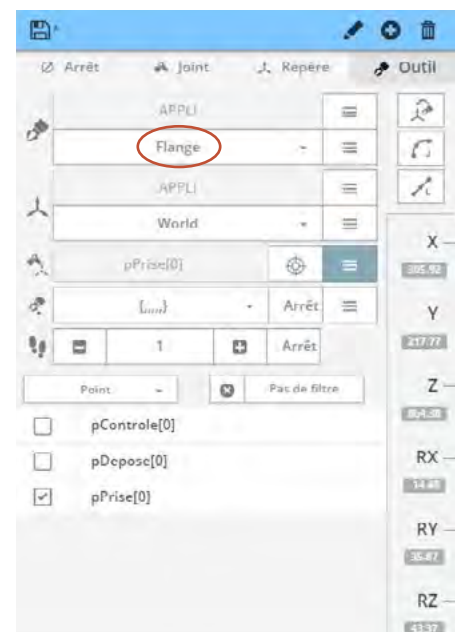
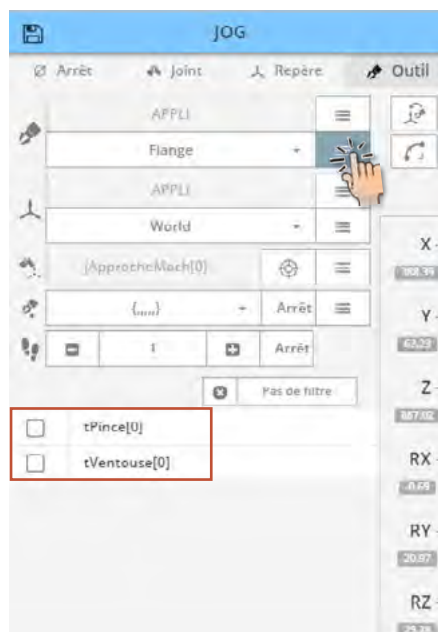
## 9. L'erreur à ne pas commettre

Il faut bien choisir l'outil à utiliser.

Généralement ce n'est pas «flange» (centre de la bride robot).

Si le mauvais outil est sélectionné, les déplacements aux points cartésiens suivants pourront provoquer un choc (mode manuel conseillé).

L'enregistrement des coordonnées des points cartésiens sera également erroné.



10. Sigles sur les positions

zéro

en position

proche position

non atteignable

- Point non appris, coordonnées = 0
- Robot en position avec l'outil courant (0.01 mm)
- Robot proche de la position avec l'outil courant (1 mm)
- Position non atteignable avec l'outil courant

<input type="checkbox"/>	pControle[0]	proche position
<input checked="" type="checkbox"/>	pDepose[0]	en position
<input type="checkbox"/>	pCI[0]	non
<input type="checkbox"/>	pPrise[0]	

11. Sauvegarde après apprentissage

Si les données ne sont pas sauvegardées sur la compact Flash, un astérisque apparaît à côté de l'icône disquette.

- Appuyer sur l'icône Disquette pour sauvegarder et l'astérisque disparaîtra.




## E. Vérification des points

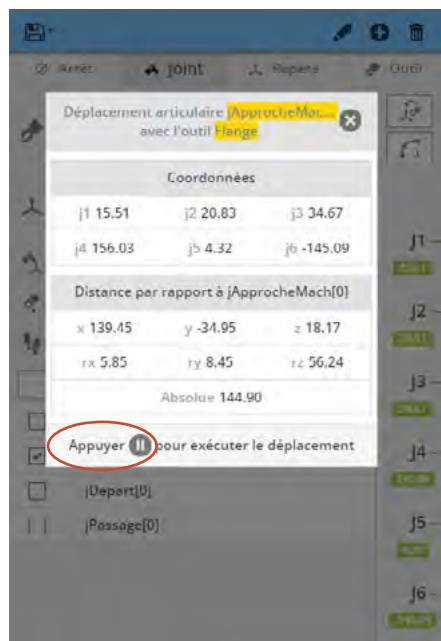
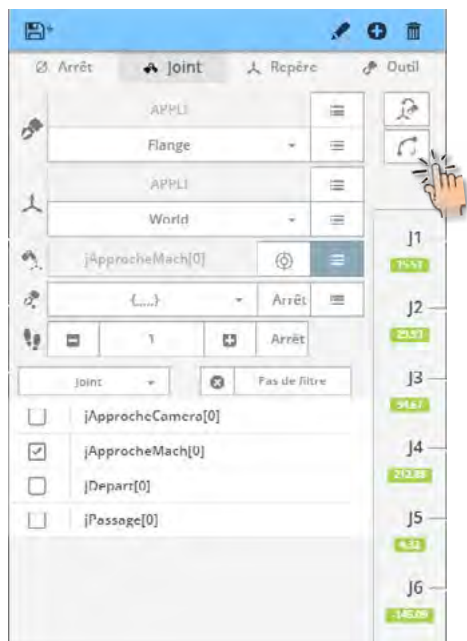
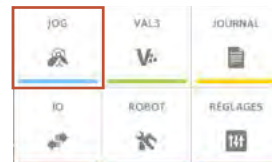
Il est parfois nécessaire de vérifier ou de régler les POINTS ou les JOINTS. Dans ce but,

il est possible de ramener manuellement le robot sur des positions déjà apprises.

### 1. Déplacement aux points



#### Points articulaires (JOINTS)

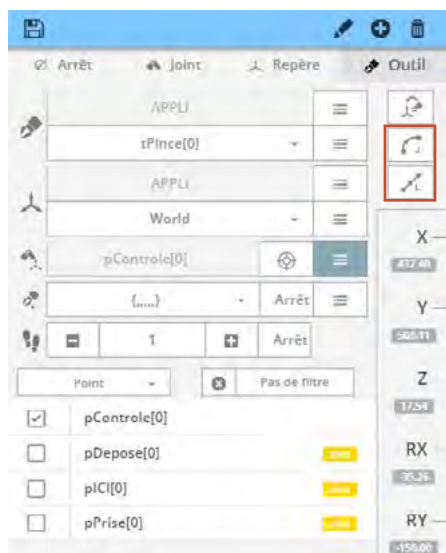
- La touche  permet de demander le déplacement autonome du bras au point sélectionné.
- C'est l'appui sur la touche MVT/Pause et son maintien qui exécuteront le mouvement.



**Attention :** le bras suivra une courbe qui le déplacera au point demandé par le plus court chemin. Bien regarder le bras et retirer le maintien sur la touche MVT/Pause en cas d'approche d'un obstacle.

#### Points cartésiens (POINTS)


- Les touches  et  permettent de demander le déplacement autonome du bras au point sélectionné, soit en courbe soit en ligne droite.
- C'est l'appui sur la touche MVT/Pause et son maintien qui exécuteront le mouvement.



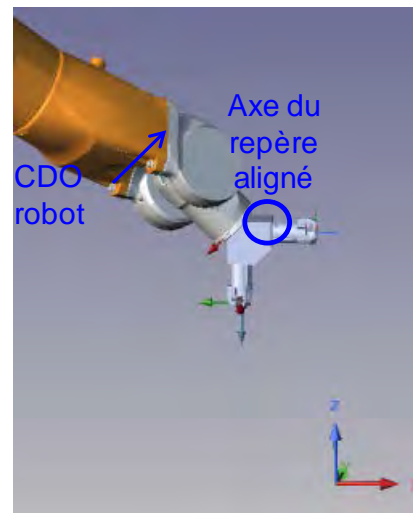
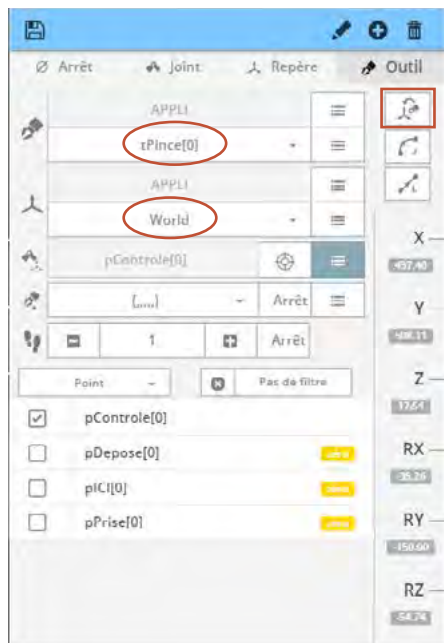
Bien sélectionner l'outil courant.

**Attention :** le bras suivra une courbe ou une ligne droite qui le déplacera au point demandé. Bien regarder le bras et retirer le maintien sur la touche MVT/Pause en cas d'approche d'un obstacle.

## 2. Alignement de l'outil courant

- La touche  permet d'aligner l'outil courant (axe Z outil) sur l'axe le plus proche (axe X, Y ou Z) du repère courant le plus proche.

- C'est l'appui sur la touche MVT/Pause et son maintien qui exécuteront le mouvement.



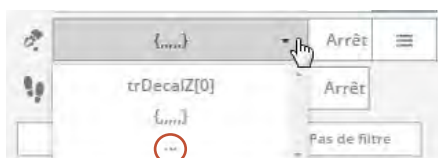
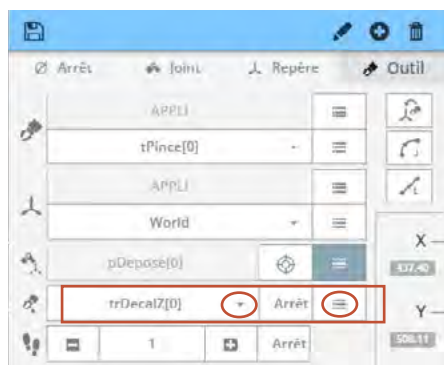
Position demandée atteinte dès que «atteint» indiqué.



## 3. Approche sur points cartésiens


- Sous la ligne d'affichage des points et le bouton d'apprentissage, une ligne est réservée à l'approche.

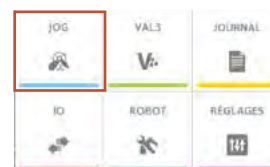
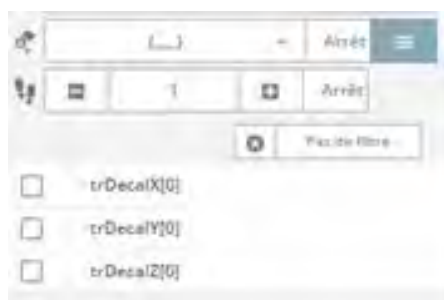
- La flèche vers le champ ouvre une liste des dernières variables d'approche utilisées.



Il est possible de saisir ses propres coordonnées du décalage avec la sélection.

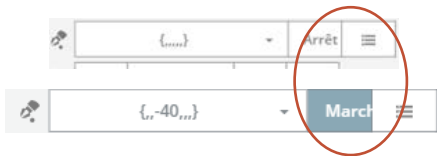


- La touche  liste les autres variables existantes





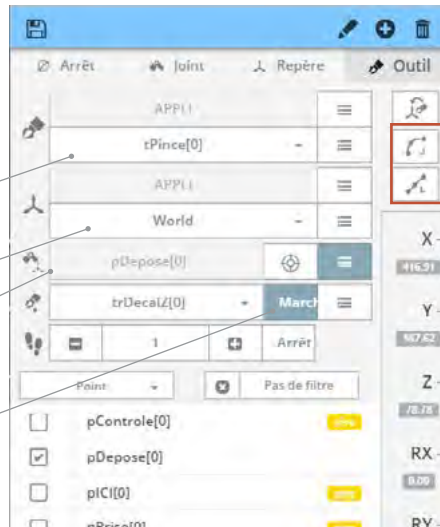
- Dès que l'approche est prête à être exécutée, il faut l'activer en appuyant sur la touche « Arrêt ».



Sur une page, le comportement du robot en mode manuel est résumé :

- Outil courant
- Repère courant
- Point sélectionné
- Approche activée

- C'est avec les choix de mouvements (courbe ou linéaire) que le mouvement sera pris en compte.



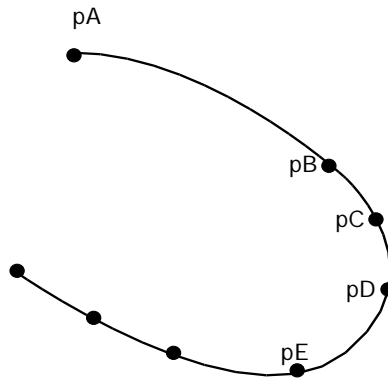
## F. Instructions de mouvements

Une fois les POINTs et les JOINTs définis, ils vont être exploités par des instructions de mouvements afin de former les trajectoires. Les paramètres de vitesse, d'accélération

et de lissage seront spécifiés à ces instructions via des structures appelées MDESCs (Motion DESCriptor ou descripteur de mouvement).

### 1. Articulaire : MOVEJ

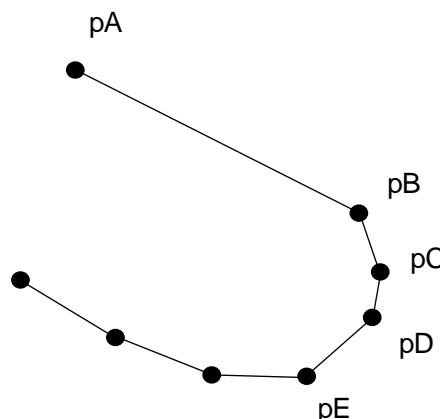
- `moveJ (point, tool, mdesc)`
- ou
- `moveJ (joint, tool, mdesc)`
- Mouvement courbe
- Vitesse et accélération décrites par mdesc (descripteur de mouvements)



`movej(pA, tPince, mRapide)`  
`movej(pA, tPince, mRapide)`  
`movej(pA, tPince, mRapide)`  
`movej(pA, tPince, mRapide)`  
`movej(pA, tPince, mRapide)`

### 2. Linéaire : MOVEL

- `movel(point, tool, mdesc)`
- Non disponible pour un type JOINT
- Mouvement en ligne droite
- Vitesse et accélération décrites par mdesc (descripteur de mouvement)
- Mouvement utilisé pour insérer des pièces...



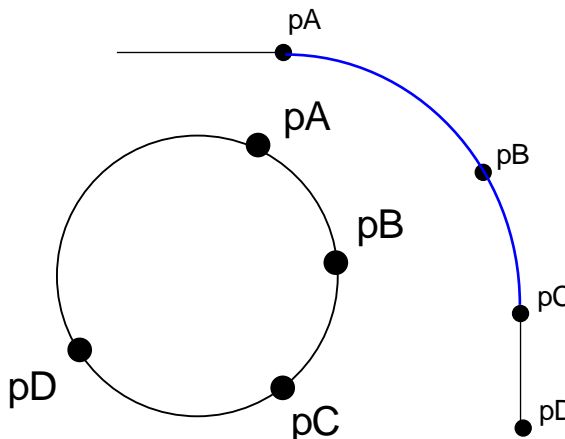
`movel(pA, tPince, mRapide)`  
`movel(pA, tPince, mRapide)`  
`movel(pA, tPince, mRapide)`  
`movel(pA, tPince, mRapide)`  
`movel(pA, tPince, mRapide)`



### 3. Circulaire : MOVEC

- `movec(point, point, tool, mdesc)`
- Non disponible pour un type JOINT

`movel(pA, tPince, mRapide)`  
`movec(pB, pC, tPince, mRapide)`  
`movel(pD, tPince, mRapide)`



- Interpolation circulaire : mouvement en arc de cercle
- Cercle réalisable avec 4 points

`movec(pB, pC, tPince, mRapide)`  
`movec(pD, pA, tPince, mRapide)`

### 4. Applications et mouvements

Afin d'améliorer la qualité des mouvements, ces derniers sont traités dans une tâche dédiée appelée pile de mouvement.

Exécution d'application

```

movej(pA, .)
movel(pB, .)
movej(pC, .)
movel(pD, .)
            
```

Pile de mouvement

Bouton  
Mouvement/Pause

L'indépendance est complète entre les 2 niveaux.

Sur certaines applications, il faut stopper et relancer une application pour prendre en compte les dernières coordonnées apprises.

### 5. Descripteur de mouvements mdesc

Index	Accel	Vel	Decel	TVel	RVel	Blend	Leave	Reach
0	100	100	100	99 999	99 999	joint	50	50
	%	%	%	mm/s	deg/s		mm	mm

- `vel`, `accel`, `decel` : % des valeurs nominales sur articulations.
- En complément, pour un contrôle type process :
  - `tvel` : vitesse de translation max. en bout outil en mm/s
  - `rvel` : vitesse de rotation max. en bout outil en degrés/s
  - hors process : on garde les valeurs définies
- Au final : la valeur la plus restrictive sera utilisée.

**mNonSpeed**

Vitesse (%): **100**

Blend : **Off**

↔

**mNonSpeed**

Accel (%) : **100**

Vel (%) : **100**

Decel (%) : **100**

Tvel (mm/s) : **99999**

Rvel (deg/s) : **99999**

Blend : **Off**

Leave (mm) : **50**

Reach (mm) : **50**

>> Esc Ok

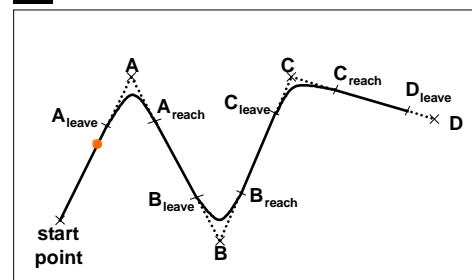
Les valeurs en % sont relatives aux spécifications nominales des articulations.

- Blend : lissage de la trajectoire, du plus rapide au plus lent :
  - joint : la trajectoire du CDO(1) n'est plus contrainte entre les points leave et reach.

- Cartesian : le CDO(1) peut s'écarter de la trajectoire entre les points leave et reach, mais doit rester dans le plan de cette dernière.

- off : pas de lissage, le CDO(1) s'arrête sur tous les points.

.... Trajectoire de base, sans lissage  
 Trajectoire lissée



(1) CDO : Centre De l'Outil

## 6. Synchronisation des mouvements

**waitEndMove()** permet de bloquer l'exécution du programme jusqu'à ce que le robot arrive à un point spécifique.

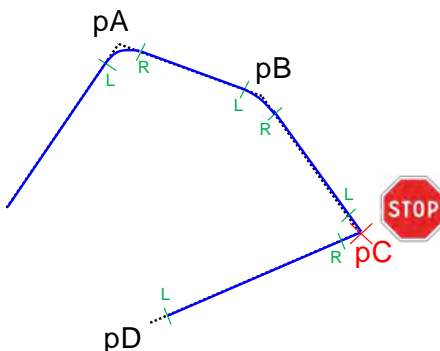
Le robot ira alors jusqu'au point cible du dernier mouvement à exécuter, et s'y arrêtera (le lissage est annulé).

```

ACCEL VEL DECEL TVEL RVEL BLEND LEAVE REACH
Exemple : mRapide = {100, 100, 100, 99999, 99999, joint, 20, 20}
    
```

```

move(pA,tPince,mRapide)
move(pB,tPince,mRapide)
move(pC,tPince,mRapide)
waitEndMove()
move(pD,tPince,mRapide)
    
```



De ce fait, le **waitEndMove()** doit s'utiliser aussi peu que possible, et uniquement quand le robot doit vraiment aller jusqu'au point.

## G. Édition de programme sur le MCP

### 1. Éditeur

- Depuis le Gestionnaire d'application, placer le curseur sur le nom du programme et appuyer sur la touche ou Edit.



Édition du programme  
sélectionné

Création d'un nouveau  
programme

## 2. Règles d'édition

La syntaxe de chaque ligne doit être correcte :

- Toutes les variables doivent être définies.
- Une seule instruction par ligne

```

===== 10%
**exchange()
-begin
  title("Déplacement en jDepart ")
  open(tlPince)
  movej(jDepart, tlPince, mRapide)
  movej(appro(pA, trApproZ), tlPince, mR:
  movel(pA, tlPince, mLent)
  close(tlPince)
  movel(appro(pA, trApproZ), tlPince, mL:
  movej(appro(pB, trApproZ), tlPince, mR:
  movel(pB, tlPince, mLent)
  open(tlPince)
  movel(appro(pB, trApproZ), tlPince, mL:
  movej(appro(pC, trApproZ), tlPince, mR:
Pts      Marq Col. Cop. Sup. Ins. Enr.
F1      F2      F3      F4      F5      F6      F7      F8
  
```

- Insérer une nouvelle ligne après la sélection

## 3. Édition d'une ligne

Saisie semi-automatique des mots :

- Taper les premières lettres du mot et appuyer sur une touche pour sélectionner dans une liste.
- Presser « ENTREE » pour valider.

```

===== 10%
**start()
-begin
  // Comment
  wait(bStart==true)
  movej(jInit, tPointer, mFast)
  movej(pA, tPointer, mFast)
  waitEndMove()
  mo
end
His. Loc. Prg. Glo. VAL3
  
```

Historique dernières commandes    Variable locale    Liste des programmes    Variable globale    Choix instruction VAL3

## 4. Opération d'édition

- Possibilité de copier/coller des lignes entières ou des blocs de lignes

Lignes marquées

```

===== 10%
**exchange()
-begin
# title("Déplacement en jDepart ")
# open(tlPince)
# movej(jDepart, tlPince, mRapide)
# movej(appro(pA, trApproZ), tlPince, mF
# movel(pA, tlPince, mLent)
close(tlPince)
movel(appro(pA, trApproZ), tlPince, mL
movej(appro(pB, trApproZ), tlPince, mF
movel(pB, tlPince, mLent)
open(tlPince)
movel(appro(pB, trApproZ), tlPince, mL
movej(appro(pC, trApproZ), tlPince, mF
Pts      Marq Col. Cop. Sup. Ins. Enr.
F1      F2      F3      F4      F5      F6      F7      F8
  
```

Pour déplacer un bloc :

- Marquer + Copier + Supprimer + Coller

Copier / Coller/  
Supprimer

## 5. Résumé d'édition

- Appuyer sur «ESC» pour quitter



- Utiliser la touche «ENTREE» pour rééditer une ligne existante
- Utiliser la touche «ESC» pour annuler les modifications d'une ligne en cours d'édition

- Saisie d'une ligne caractère par caractère possible
- Saisie d'une ligne sans taper un seul caractère possible mais uniquement par sélection dans des listes

- Méthode la plus rapide : choisir le menu désiré et taper les premières lettres; quand le mot désiré est sélectionné valider par « ENTREE ».

### Exemple :

- Ajout d'une instruction : movej(joint, tool,mdesc)
- Touche « Ins. » pour insérer une nouvelle ligne

- Touche « VAL3 » pour choisir dans la liste des instructions
- Taper « m » + « o » + touche « Ok » pour insérer la ligne

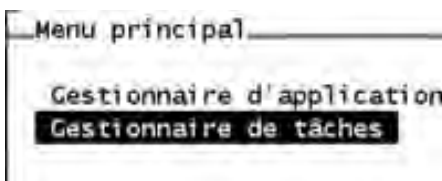
- Renseigner les 3 paramètres par la touche « Glo. »

## 6. Gestionnaire de tâches

- Appuyer sur le bouton du menu contextuel du boîtier



- Lorsqu'une application est en exécution, l'état de ses tâches est listé dans le « Gestionnaire de tâches ».



50%

==Gestionnaire de tâches==

Nom	Etat	Appli	Pri	Err
demoIO~	RUNNING	demoIO	10	0

---

Programme courant de la tâche: demoIO: start(3)

Ligne en cours d'exécution: wait(bIn0==true)

Info Dbg. Ter. Rep. Sus.

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

Code erreur si <>0

Priorité de la tâche

Programme courant de la tâche

Ligne en cours d'exécution

Suspendre une tâche en exécution

Lancer le débogueur et stopper la tâche

Terminer une tâche arrêtée

Reprise d'une tâche arrêtée

## 7. Exécution pas à pas

Autorise l'exécution pas à pas d'un programme et permet de visualiser/modifier des variables.

?
75%

```

*robot()
  cls()
  put("Entrez nombres de cycles : ")
  > get(nNb)
  cls()
  -for nCompteur=1 to nNb
    +if io:SelectRef==true
      nTempsCycle=clock()
      call echange()
      waitEndMove()
      cls()
      put("Temps de Cycle : ")
      putln(clock()-nTempsCycle)
  endFor
    
```

Pts ; Uar. ->\* <)\* <\*) Rep. Enr.

Commentaires

Affiche  
variables

Repositionne  
Pt exécution

Pas ext.  
CALL

Pas int.  
CALL

Reprise

Point exécution →

Point arrêt → \*

Ajout / Supp Pt arrêt →

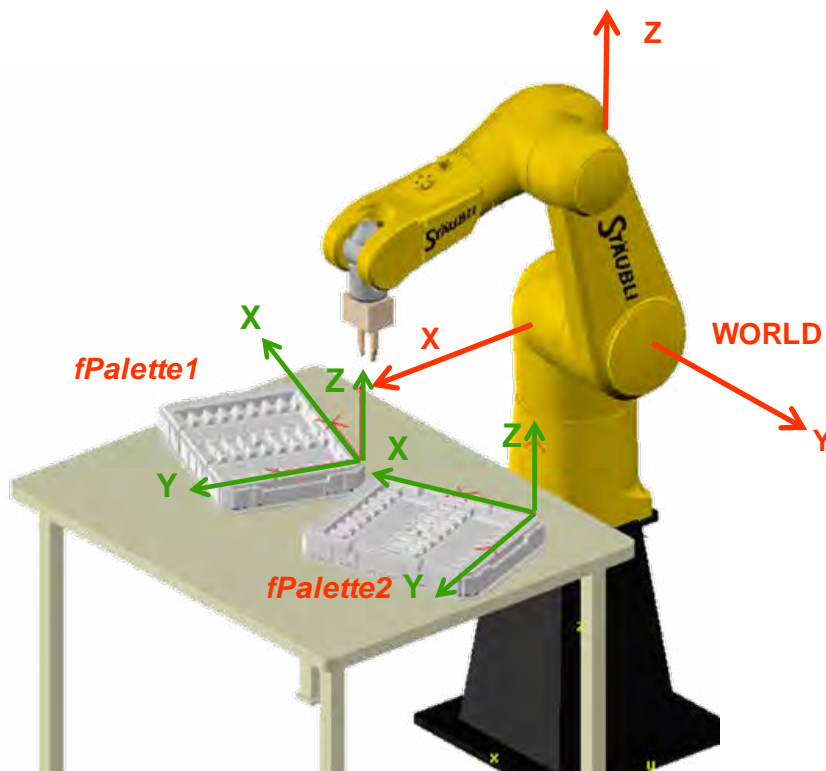
## H. Repères locaux (FRAME)

Afin de faciliter un éventuel réapprentissage des POINTS, il est possible de les définir relativement à un référentiel utilisateur (repère) appelé FRAME.

### 1. Utilisation d'un FRAME

#### Repère de travail local :

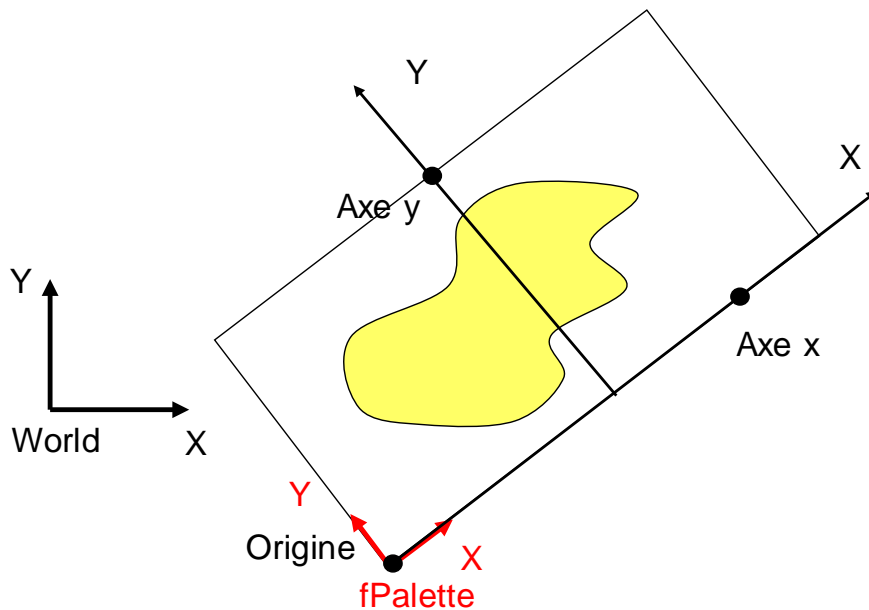
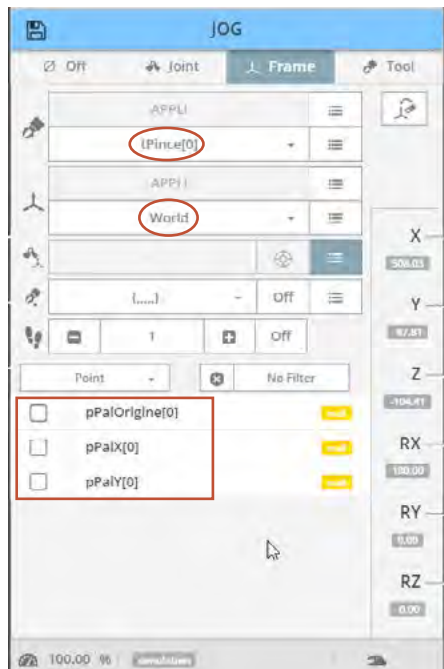
- Pour faciliter le ré-apprentissage des points
- Utiliser pour dupliquer des points
- Décalage de points dans la palette





## 2. Apprentissage du FRAME

- Définir 3 points à apprendre
- Utiliser un outil précis (ex : une pointe)
- Définir cet outil comme courant
- Apprendre les points les plus écartés possibles (+ de précision)



## 3. Calcul d'un FRAME par programme

`nErreur = setFrame(pOrigine, pX, pY, fRepere)`

Code d'erreur de calcul :

- 0 : pas d'erreur
- 1 : pX trop proche de pOrigine
- 2 : les 3 points sont trop alignés

3 points O, X, Y

Frame à calculer

# I. Entrées / sorties digitales

## 1. Communication CS9 (process industriel)



Sorties pour pilotage d'actionneurs

Entrées pour détection de capteurs

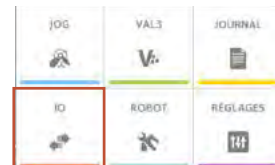
Automate programmable

Pupitre / Balance / Automate ...

Liaison série  
RS232  
TCP/IP communication

## 2. Entrées / sorties digitales de base

- De base : 2 entrées et 2 sorties rapides (connecteur J212)
- 1 page filtrant les entrées et 1 page filtrant les sorties



### Actions possibles :

- Verrouillage
- + activation / désactivation (sorties seulement)



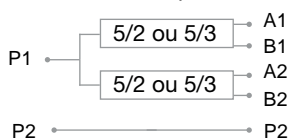
### 3. Entrées / sorties digitales (électrovannes)

- Sorties électrovannes (2 en option Valve1, Valve2 sauf TX2-40, 1 EV seulement)

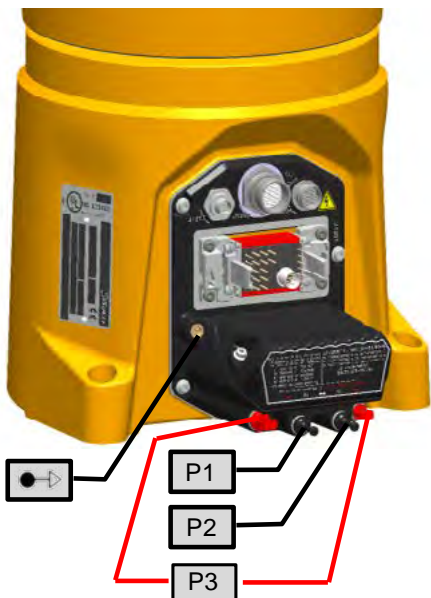
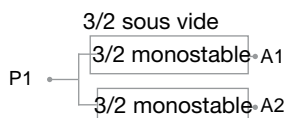
De base : 3 tuyaux directs



Option 1 : 2 électrovannes bistables 5/2 ou 5/3 monostables pressurisées



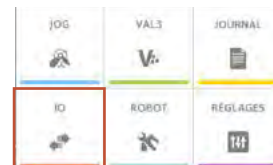
Option 2 : 2 électrovannes monostables



P3 : Pressurisation du bras



- Commande sur carte DSI pied du bras (sous le connecteur du câble)
- 1 page filtrant les entrées analogiques
- 1 page pour les sorties digitales
- État des sorties dédiées aux électrovannes



#### Actions possibles :

- Verrouillage
- + activation / désactivation



4. Modules E/S IP20, RAIL DIN

Désignation	Description	Référence		Conso
Coupleur EtherCAT 8E/4S	EtherCAT coupler <b>8 DI + 4 DO</b>	<u>D244 030 xx</u>		Alim 24V 1A
Module EtherCAT 8 E/S digital	<b>8 DI + 8 DO</b>	<u>D244 031 xx</u>		130 mA
Module EtherCAT 4 Entrée Analogique	4 AI -10 .. +10V, 16 bits	<u>D244 427 xx</u>		180 mA
Module EtherCAT 4 Sortie Analogique	4 AO -10 .. +10V, 16 bits	<u>D244 428 xx</u>		265 mA
Module EtherCAT 1 Entrée Codeur Incrémental	1 codeur ABZ, 5VDC	<u>D244 429 xx</u>		130 mA
Module EtherCAT 2 Liaisons Séries RS232	2 RS232	<u>D244 430 xx</u>		130 mA
Module EtherCAT 2 Liaisons Séries RS422/485	2 RS422/RS485	<u>D244 431 xx</u>		270 mA
Module EtherCAT Borne Alim. Supplémentaire	1 Ebus PSU 24V-2A	<u>D244 432 xx</u>		Alim 24V 2A
	1 bus end cap	<u>D244 032 xx</u>		

5. Intégration de l'outil

Standard :

- Câble Ethernet Industriel (cat 5e) avec la connectique du pied à l'avant-bras
- Câble électrique Utilisateur avec la connectique du pied à l'avant-bras
- Tuyaux pneumatiques intégrés avec la connectique du pied à l'avant-bras



Options :

- Électrovannes intégrées
- Module E/S EtherCAT pour l'outil ou l'avant-bras



Ethernet

Electrique

Pneumatique



Désignation	Description	Référence	
Module EtherCAT	TX2-90 8 DI or DO Kit incluant fixation et câbles	D244 464 xx	
<b>EtherCAT box</b>	8 DI ou DO	<u>D244 435 xx</u>	
<b>Câbles</b>	Câble alimentation 1m	D244 436 xx	
	Câble EtherCAT 1m	D244 437 xx	
<b>Connecteur E/S option</b>	Connecteur E/S TX2-40 (J1202/J1203, J1217/J1218)	D244 468 xx	
	Connecteur E/S TX2-60 (J1202/J1203, J1217/J1218)	D244 467 xx	
	Connecteur E/S TX2-90 (J1202/J1203, J1217/J1218)	D244 463 xx	



# XV. La programmation en robotique industrielle





Il existe différentes méthodes pour programmer les mouvements d'un robot industriel.

- La programmation par apprentissage consiste à créer des trajectoires, grâce au pendant d'apprentissage (ou boîtier de commande) : l'Homme demande au robot de mémoriser des points correspondants à

des coordonnées cartésiennes. Le robot se positionne en fonction des points appris.

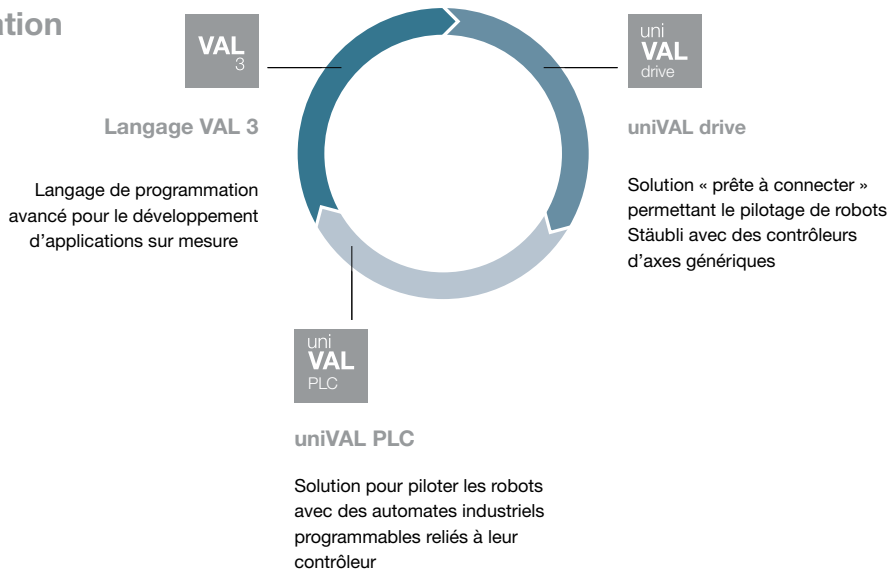
- La programmation hors ligne : l'Homme utilise un ordinateur et un logiciel de programmation dédié pour programmer les tâches du robot. Il a la possibilité d'importer des modèles CAO et de créer, grâce à un simulateur, une représentation virtuelle de

l'environnement où le robot sera intégré.

Chaque constructeur robot utilise son propre langage de programmation. Nous allons découvrir au travers de ce chapitre les outils disponibles pour programmer un robot Stäubli.

## A. Les solutions de programmation

Les différentes solutions pour programmer un robot Stäubli sont le langage VAL3, uniVAL plc et uniVAL drive.



### 1. VAL3

VAL3 est un langage de programmation intégrant des fonctionnalités adaptées au développement d'applications robotiques. Une application VAL3 est un logiciel autonome destiné à commander les robots Stäubli et les entrées-sorties associées à un contrôleur.

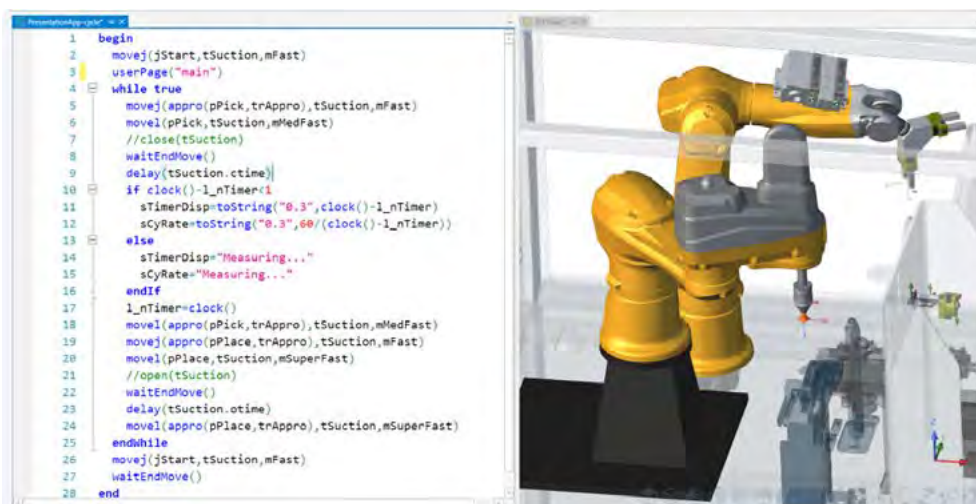
Une application VAL3 est constituée de plusieurs éléments :

- Un ensemble de programmes** : il s'agit des instructions VAL3 à commander.
- Un ensemble de données globales** : cet ensemble correspond aux données partagées par tous les programmes de l'application.
- Un ensemble de bibliothèques** : il s'agit d'applications externes utilisées pour partager des programmes et/ou des données.
- Un ensemble type utilisateurs** : ce sont

les applications externes utilisées comme modèle servant à définir des données structurées dans l'application.

- Un ensemble de pages utilisateurs** : il s'agit de l'interface graphique de l'application affichée sur le pendant d'apprentissage. Lorsqu'une application est en cours d'exécution, elle contient un ensemble de tâches: il s'agit des programmes exécutés simultanément.

Exemple d'un programme rédigé en VAL3 :



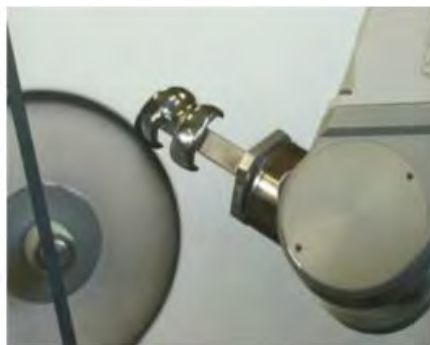
## Avantages de la solution VAL3

- **Flexibilité de l'architecture logicielle :** VAL3 est un langage de type texte structuré souple. Il offre au programmeur une totale liberté dans la conception de ses applications robotiques.
- **Mise en œuvre facile des processus les plus complexes :** VAL3 intègre des fonctionnalités de programmation telles que :
  - des structures conditionnelles
  - des boucles
  - des sous-programmes
  - des structures de données
  - des collections de données
  - des bibliothèques simplifiant la phase de conception des applications
- **Simplicité de gestion de la cellule :** VAL3 est multitâche et peut gérer efficacement les différents périphériques de la cellule, pouvant parfois éliminer la nécessité d'un automate.
- **Gain de temps grâce à une base de téléchargement de bibliothèques gratuites :** la base de données techniques en ligne offre une grande variété de modules logiciels, tels que des pilotes d'équipements péri-robotiques (systèmes de vision, capteurs de force, etc...), des outils de gestion de mouvements (calcul d'outils, définition de zones, etc...), et autres bibliothèques.

## 2. Produits logiciels

En complément de notre langage de programmation VAL3, il existe des produits logiciels conçus pour améliorer la performance de nos robots pour certaines applications industrielles (positionner le robot sur un 7ème axe linéaire, application de polissage en pièce portée...).

- **Axe externe :** avec l'option Axe externe, il est possible de contrôler plusieurs axes en laissant le robot calculer les positions pour chaque axe externe, puis les envoyer à ces derniers via un bus de communication temps réel.
- **Trajectoires en pièce portée :** il s'agit d'exécuter une trajectoire sur un outil de process fixe, la pièce étant portée par le robot.
- **VALtrack :** cette option permet de réaliser des mouvements synchronisés avec le déplacement d'un ou plusieurs convoyeurs. Le robot peut alors calculer les positions des pièces en mouvements grâce à la lecture d'un codeur connecté au contrôleur.

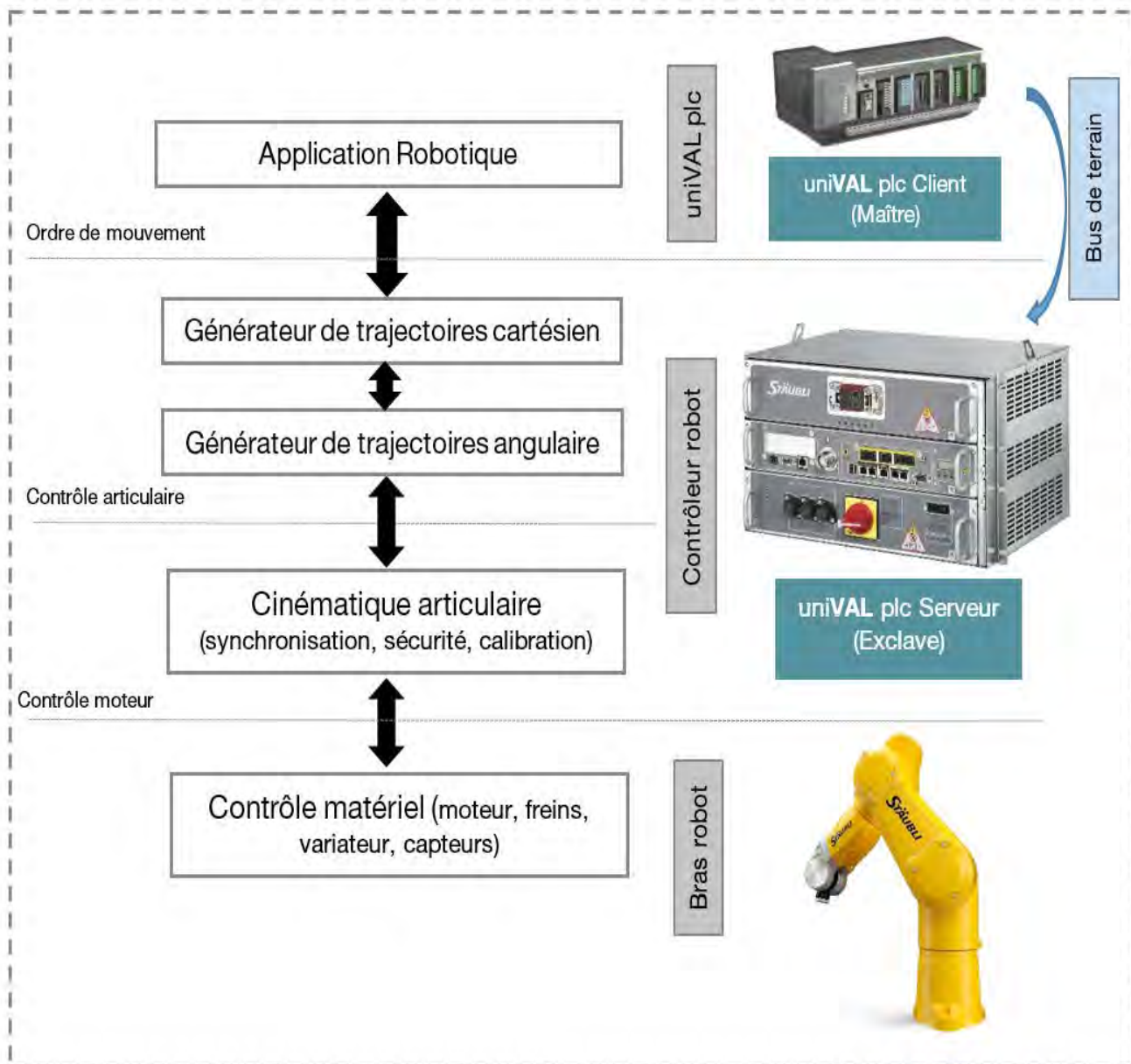




### 3. uniVAL plc

uniVAL plc est une solution logicielle qui permet de piloter les robots Stäubli avec l'aide d'un automate programmable industriel, connecté au contrôleur du robot par le biais d'un bus de terrain.

uniVAL plc offre la possibilité de programmer via des langages de programmation courant (LADDER, GRAFCET, ST).





**Avantages de la solution uniVAL plc**

- **Faible coût de développement et de formation** : la programmation s'effectue dans l'environnement PLC. Aucune connaissance en programmation VAL3 n'est nécessaire.
- **Faible coût de mise en service** : la communication entre le client uniVAL plc et le serveur uniVAL plc est basée sur un bus de terrain au choix de l'utilisateur.
- **Architecture logicielle flexible** : les données de mouvement utilisées par le ser-

veur uniVAL plc peuvent être accessibles et modifiables, et peuvent être stockées soit du côté serveur (robot), soit du côté client (automate programmable).

- **Pas de programmation côté robot** : la gestion des mouvements du bras est réalisée dans le programme Automate avec un langage automate simple (ladder, grafcet, blocs fonctions, ST). La gestion de la cellule entière (mouvements robots et automatisme de la cellule) est réalisée à un seul endroit : dans le programme PLC, ce qui

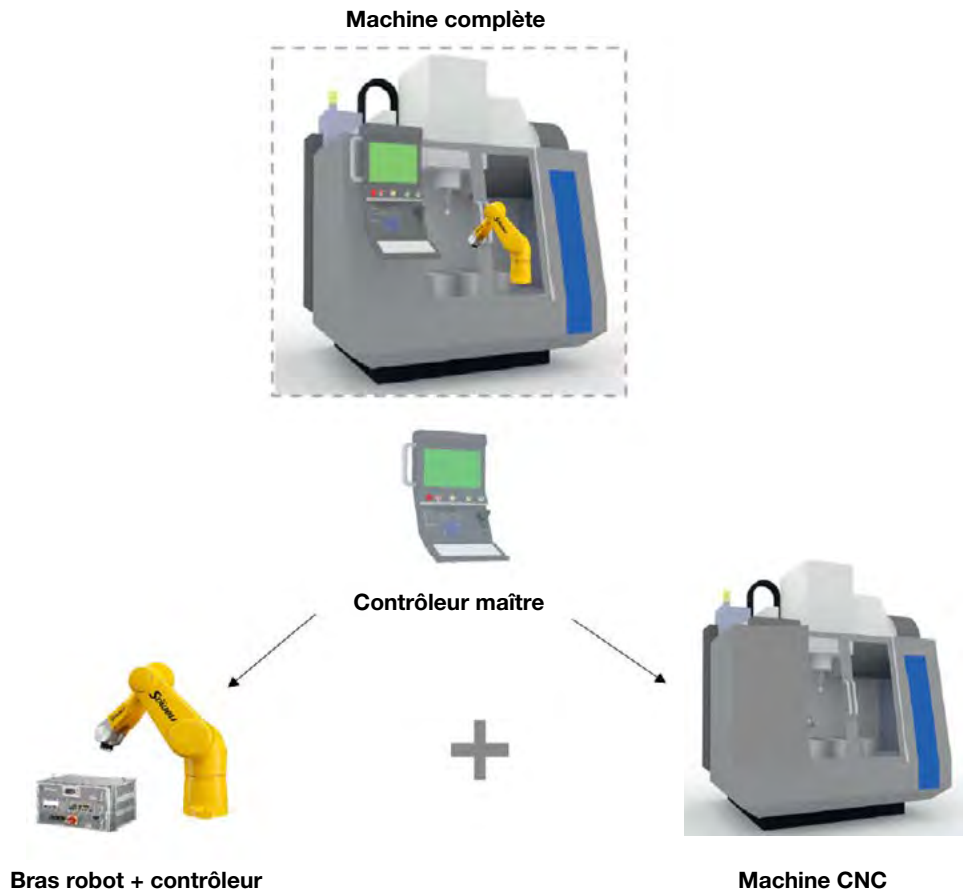
facilite la gestion pour les automaticiens.

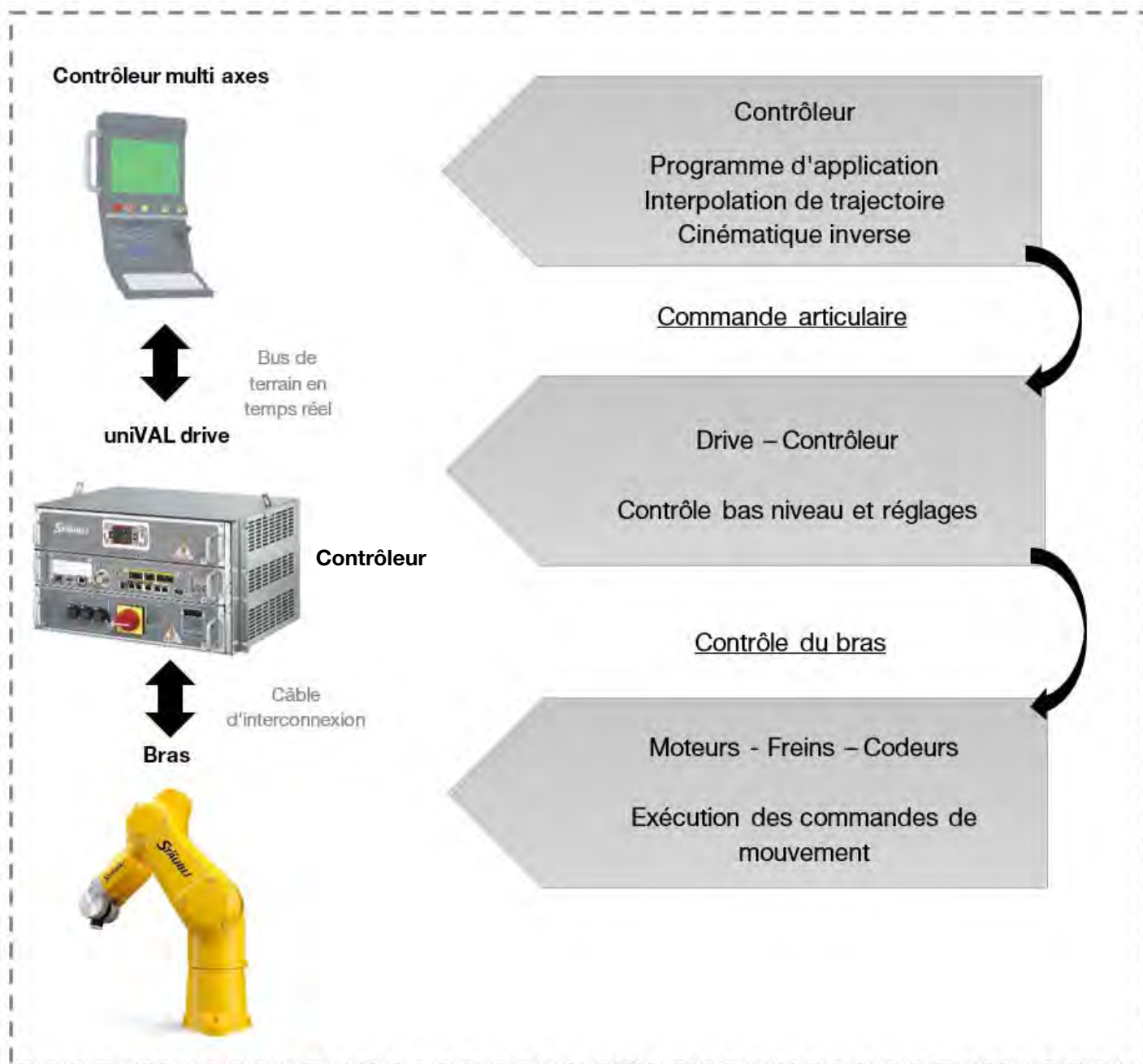
- **Dédié aussi bien aux nouveaux clients qu'aux existants.** uniVAL plc peut être installé sur des contrôleurs existants.
- **Blocs de fonctions fournis par Stäubli**
- **Même générateur de trajectoires que VAL3** : nous retrouvons les mêmes performances qu'une programmation VAL3 classique.

**4. uniVAL drive**

uniVAL drive est une solution logicielle prête à l'emploi. Elle permet de piloter le robot avec une commande numérique grâce à un accès complet au système, directement à partir du contrôleur maître.

Le variateur uniVAL drive est compatible avec les bus de terrain Ethernet temps réel les plus utilisés et les plus avancés techniquement disponibles aujourd'hui (Ethercat, Powerlink, Profinet...).





#### Avantages de la solution uniVAL drive

- **Réduction des coûts de conception** : tous les éléments présents dans la machine (robot inclus) sont contrôlés par un seul contrôleur.
- **Programmation des mouvements du robot (et des autres axes supplémentaires) faite via le contrôleur d'axe (langage CNC)** : il n'y a pas de programmation côté robot, la gestion des mouvements du bras est réalisée dans le programme du

contrôleur d'axe avec le langage propre à la commande numérique (langage CNC). Depuis le contrôleur d'axe, le robot est «vu» comme 4 ou 6 moteurs indépendants qu'il faut piloter de manière synchronisée (chaîne cinématique du robot à faire du côté du contrôleur d'axe). Cela s'avère utile si d'autres axes doivent être pilotés en même temps que le robot (robot sur rails linéaires, table tournante, plusieurs robots synchronisés, etc..).

- **Connectivité facile de l'équipement** : le contrôle des articulations du robot s'effectue via un bus de terrain Ethernet en temps réel standard.
- **Performance de pointe** : uniVAL drive intègre des algorithmes de contrôle et de réglage afin d'assurer une performance optimale.

## B. Les outils de programmation hors ligne

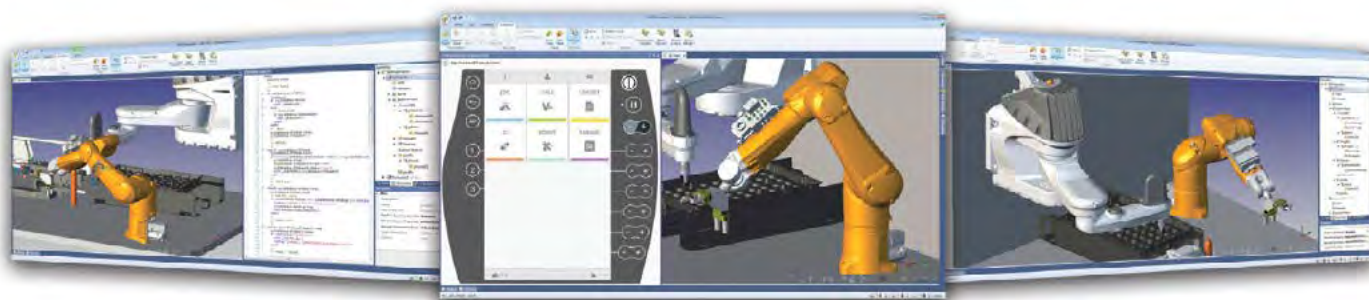
### 1. Stäubli Robotics Suite

Stäubli Robotics Suite est un logiciel de programmation hors ligne qui permet le développement et le débogage d'applications robotiques sous Windows. C'est un logiciel de conception avancé, conçu pour faciliter la création d'une cellule robotisée via des modélisations 3D et des simulations réalistes. Il s'interface avec le logiciel de programmation Stäubli VAL3 et peut être utilisé

hors ligne pendant que le robot travaille. Des outils logiciels guident l'utilisateur tout au long du processus de développement, de simulation et de mise en œuvre. Il est possible de tester et de déboguer les programmes du robot jusqu'à la validation finale et le transfert vers la cellule robotisée proprement dite.

Stäubli Robotics Suite intègre deux modules dans un même outil :

- **Development Studio** : outil de développement d'applications robotiques et de simulations 3D.
- **Maintenance Studio** : outil conçu pour le personnel de maintenance offrant des fonctions évoluées pour réaliser des opérations de diagnostic à distance.



Exemple de modélisation Stäubli Robotics Suite

#### Avantages de Stäubli Robotics Suite

- **Rapide à apprendre et facile à utiliser**: les outils logiciels sont présentés dans les différents rubans sous forme de grandes icônes, ainsi que dans des menus contextuels (clic droit) pour une utilisation simple et rapide.
- **Optimisation du niveau d'ergonomie**: la disposition de la fenêtre principale est entièrement personnalisable, ce qui la rend parfaitement adaptable à chaque situation.

- **Modélisations 3D** : Stäubli Robotics Suite intègre une scène 3D complète présentant tous les modèles de robots et leur environnement pour des simulations de processus réalistes. L'environnement et l'outil du robot peuvent être importés (STEP, IGES, STL, WRML) ou modélisés directement dans le logiciel.
- **Sûreté de l'installation avant concrétisation** : Stäubli Robotics Suite émule parfaitement tous les robots Stäubli (y compris les options). Il intègre la détection de colli-

sions, la manipulation de pièces, la gestion de la sécurité et la mesure du temps de cycle, dans le but d'éviter les mauvaises surprises lors de la construction de la cellule réelle.

- **Gain de temps dans l'apprentissage des points du robot** : la scène 3D de Stäubli Robotics Suite offre des solutions graphiques pour apprendre facilement les points de trajectoire et définir les centres outils. Elle facilite ainsi le déploiement sur le robot réel.



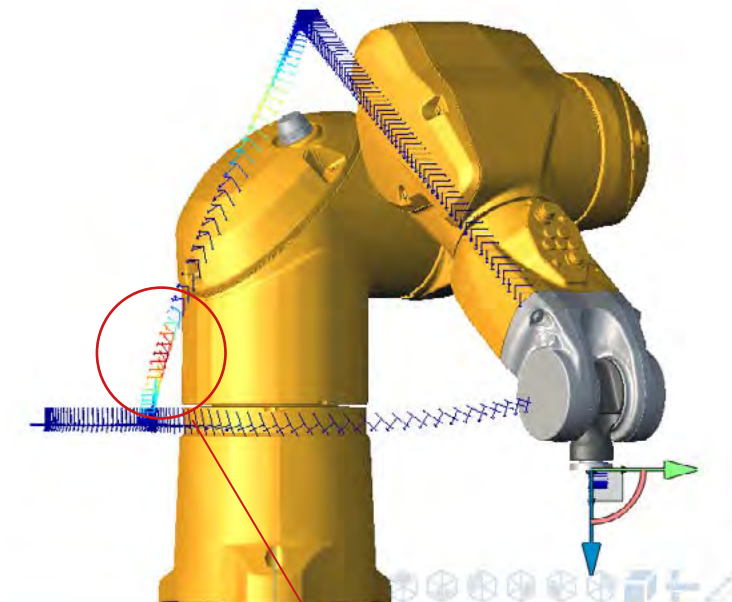
[Visualiser la vidéo d'illustration](#)

## 2. Optimize Lab

Optimize Lab est conçu pour aider l'utilisateur à réaliser une analyse fiable et objective de l'enregistrement du cycle réel d'un robot. Cette solution logicielle est relative

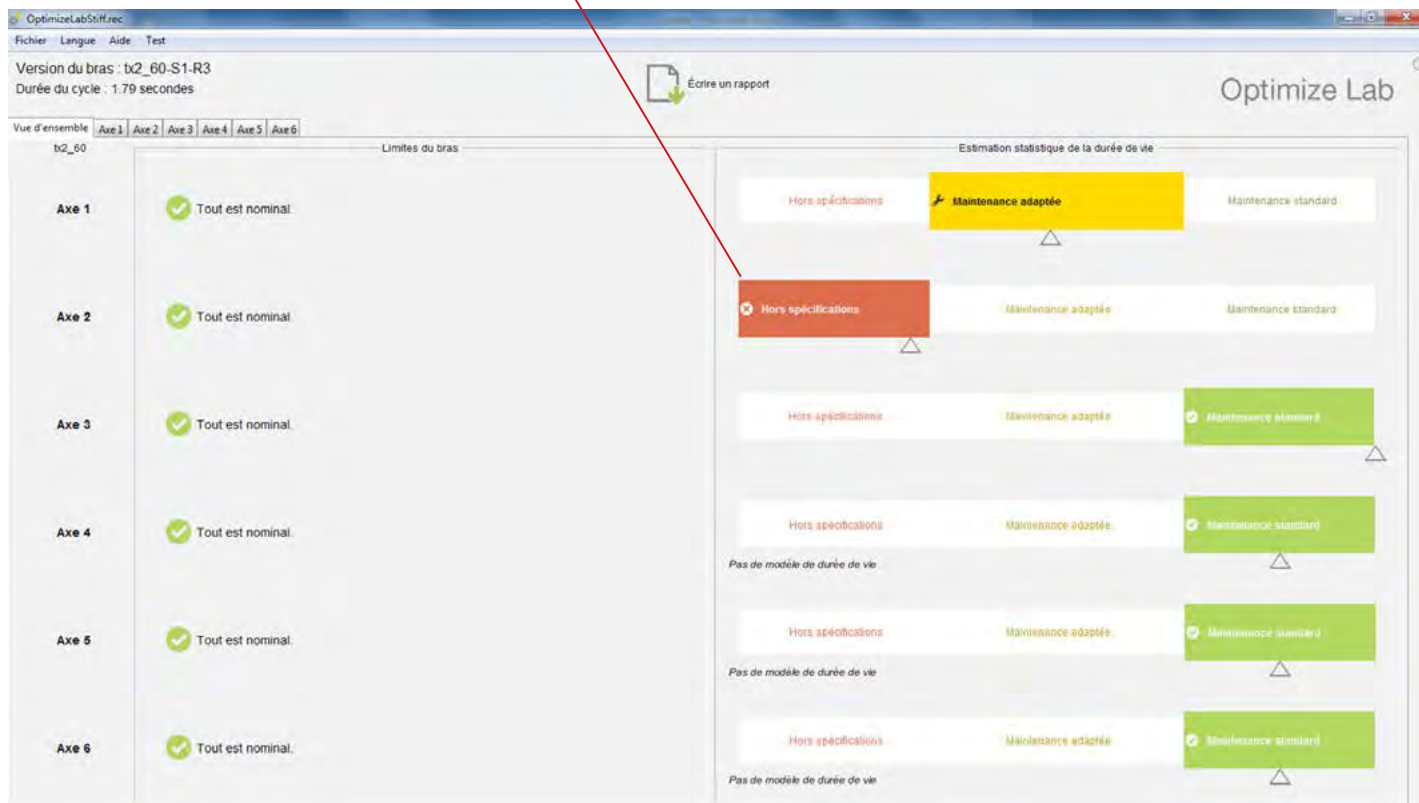
au concept de maintenance prédictive. Optimize Lab lance une analyse du cycle enregistré au préalable. Cet outil permet d'estimer la durée de vie du robot et la sol-

licitation des articulations grâce à l'analyse de données enregistrées sur le contrôleur (courants moteurs, couples, vitesse, etc...).



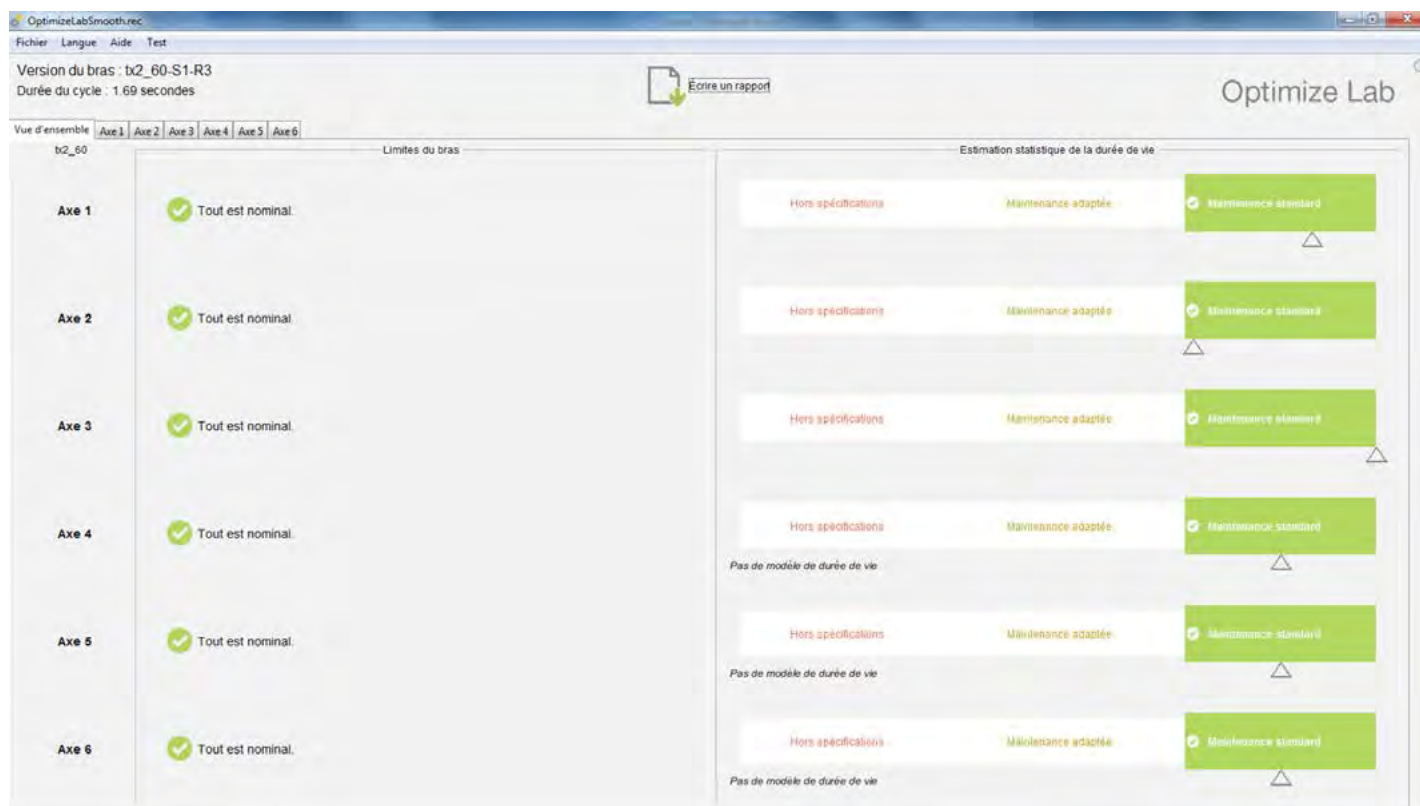
### Exemple de visualisation de la sollicitation de l'axe sur la trajectoire

Il faudra modifier la trajectoire du robot pour améliorer la sollicitation de l'axe 2 (non durable en l'état).





**Exemple du même programme après optimisation (courants moteurs, couples et vitesse adaptés) :**



### Avantages de la solution Optimize Lab

- **Tranquillité d'esprit grâce à des analyses fiables :** grâce à une analyse objective basée sur un enregistrement du cycle réel, Optimize Lab donne une vision claire de son impact sur les principaux composants mécaniques du robot.
- **Augmentation de la productivité et amélioration de la durée de vie du robot:** une analyse Optimize Lab se compose de graphiques intuitifs conçus pour trouver les meilleurs paramètres de mouvement, pour une utilisation optimale du robot.
- **Pas d'interruption de la production :** Optimize Lab offre la possibilité de configurer et d'effectuer l'enregistrement, ainsi que de récupérer les résultats via une clé USB, sans interrompre le cycle du robot.
- **Analyse rapide et facile :** Optimize Lab présente à l'utilisateur des fonctions graphiques faciles à utiliser, telles que la détection automatique des cycles, le zoom synchronisé sur tous les graphiques ouverts, ou l'exportation de l'enregistrement dans Stäubli Robotics Suite pour une visualisation 3D.



### 3. Licences

En plus des fonctions de base, des licences optionnelles sont livrées sur un dongle USB.

#### Deux types de dongles USB

Un dongle est un périphérique matériel se présentant sous la forme d'une clé USB. Sur cette clé sont stockées les licences d'un produit logiciel.

En fonction de son type (local ou réseau), le dongle sera capable d'activer les fonctionnalités correspondantes sur un seul poste (sur lequel il sera physiquement connecté), ou sur plusieurs postes connectés à un même réseau (le dongle sera alors connecté à l'un des postes du réseau).



#### Dongle local

Le dongle local peut contenir une licence Development Studio et/ou une licence Maintenance Studio. Il se connecte au PC sur lequel Stäubli Robotics Suite est installé.



#### Dongle réseau

Le dongle réseau peut contenir jusqu'à 50 licences de Development Studio et jusqu'à 50 licences de Maintenance Studio. Il se connecte à l'un des PC du réseau et fournit des licences aux utilisateurs connectés sur ce même réseau.



# XVI. La maintenance d'un robot industriel





La maintenance des robots est capitale. En effet, elle permet de s'assurer de la disponibilité et de la fiabilité des installations dans le temps. L'importance de l'évolution technologique rappelle la nécessité de s'adapter à ces nouvelles performances afin de toujours garantir de meilleures rentabilités.

La fiabilité des robots s'est accrue ces dernières années. La plupart des fournisseurs de robots actuellement sur le marché annonce un MTBF (Mean Time Between Failure = Temps moyen entre panne) supérieur à 50 000 heures. Toutefois, cela ne dispense pas l'utilisateur d'un entretien régulier de ses installations.

Dans le langage industriel on parle de trois types de maintenance : préventive, prédictive et curative.

Chacune d'elle sera abordée en détails dans cette partie, pour bien comprendre leurs différences et leurs enjeux.

Les parties suivantes présentent la méthodologie générale du dépannage du robot. Celle-ci est basée sur les indicateurs visuels fournis par le contrôleur (diodes, affichages) et sur les indications données par le MCP (messages contextuels, statut).

Dans cette partie, chaque typologie de maintenance sera définie. Des exemples d'opération sont donnés pour le bras robotisé et également pour le contrôleur.



## A. La maintenance préventive d'un robot industriel

### 1. Définition

Au même titre qu'un véhicule, une installation a besoin d'être entretenue, on parlera alors d'une maintenance préventive régulière, afin d'éviter une usure mécanique trop rapide et de fiabiliser l'outil de production. En France, un nombre important de robots, régulièrement entretenus, produisent depuis plus de vingt ans.

Les opérations de maintenance sont aujourd'hui très simples. Elles sont en général effectuées une fois par an, et adaptées en fonction de chaque application. Cette maintenance peut être effectuée en in-

terne ou être externalisée. Dans le premier cas, pour que les services de maintenance puissent assurer eux-mêmes les opérations de maintenance, les constructeurs de robots proposent des formations.

L'autre solution, souvent la plus simple, est de confier cette maintenance au constructeur. Celui-ci propose en général une gamme étendue et variée de contrats qui permettent de s'adapter aux contraintes des utilisateurs. Il existe par exemple des solutions « full maintenance » (tout inclus) qui permettent de maîtriser totalement le

budget maintenance du robot.

Pour les équipements périphériques, ce service est assuré soit par l'intégrateur, soit par le fabricant de l'équipement.

Certains constructeurs de robots proposent également des solutions de télémaintenance. À distance, des ingénieurs peuvent se connecter au robot, surveiller les paramètres de performance et alerter l'utilisateur en cas de dérive afin d'intervenir avant la panne.

### 2. Exemple d'opération de maintenance préventive

**Attention : dans le cadre de la mise en oeuvre d'une opération de maintenance du robot, il est conseillé de se référer au manuel de maintenance fourni suite à l'acquisition d'un robot Stäubli.**

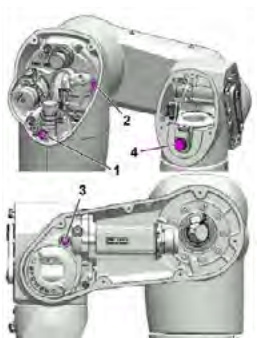
#### **Bras robotisé : contrôle de niveau d'huile**

Le contrôle des niveaux d'huile est une des opérations de maintenance préventive courante. L'objectif du contrôle des niveaux d'huile d'un bras robotisé est de pouvoir s'assurer du bon fonctionnement du robot

dans le temps. Un manque ou un excès d'huile peut être néfaste pour l'utilisation du bras.

Voici comment cette opération peut être effectuée selon le mode de fixation du robot.





**CAS A : Robot fixé au sol**

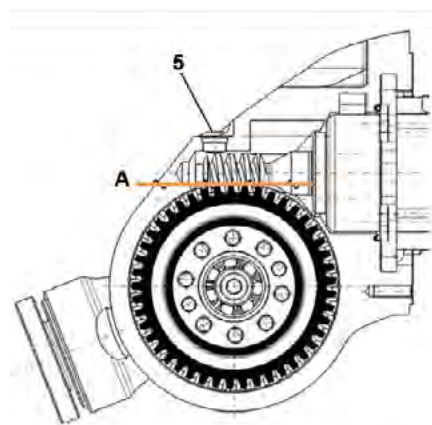
Contrôle des niveaux des axes 1, 2, 3 et 4, bras du robot en direction du sol.

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes		105°	75°			

- Axe 1 : Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (1) ± 3mm
- Axe 2 : Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (2) ± 3mm
- Axe 3 : Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (3) ± 3mm
- Axe 4 : Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (4) ± 3mm

Contrôle des niveaux des axes 5 et 6 bras du robot toujours en direction du sol.

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes		0°	115,5°	0°	0°	

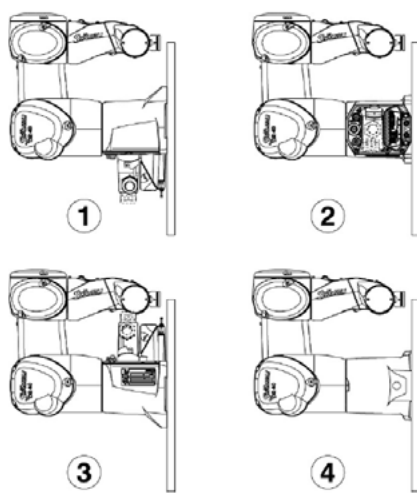


- Exécuter le programme d'essai à SP50\* sur l'enveloppe d'articulation 5 la plus large possible pendant 5 minutes
- Attendre 10 minutes (en raison de la viscosité de l'huile)
- Démontez les deux bouchons (5)
- Le niveau d'huile (A) doit atteindre le haut de la roue dentée. Rétablir le niveau d'huile avec une seringue.
- Remontez les deux bouchons (5)

\* Définition SP50 : programme d'essai spécifique à Stäubli avant de réaliser une intervention sur le robot.

**CAS B : Robot fixé sur un mur vertical**

Les positions de contrôle dépendent de l'implantation du bras.



- ① :  $\omega = 0^\circ$
- ② :  $\omega = -90^\circ$
- ③ :  $\omega = +180^\circ$
- ④ :  $\omega = +90^\circ$

**Contrôle du niveau de l'axe 1 :**

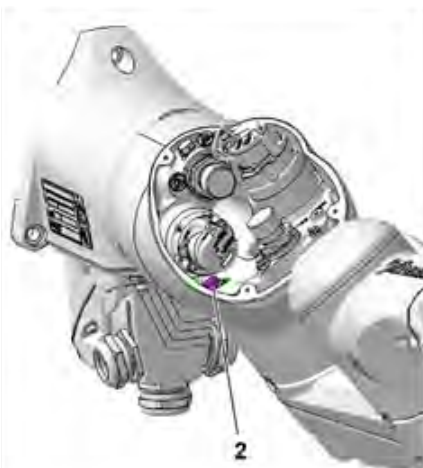


	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	+145° + ω					

**Axe 1 :**

- Le niveau d'huile doit être au niveau du voyant (1) ± 3mm.

**Contrôle du niveau de l'axe 2 :**

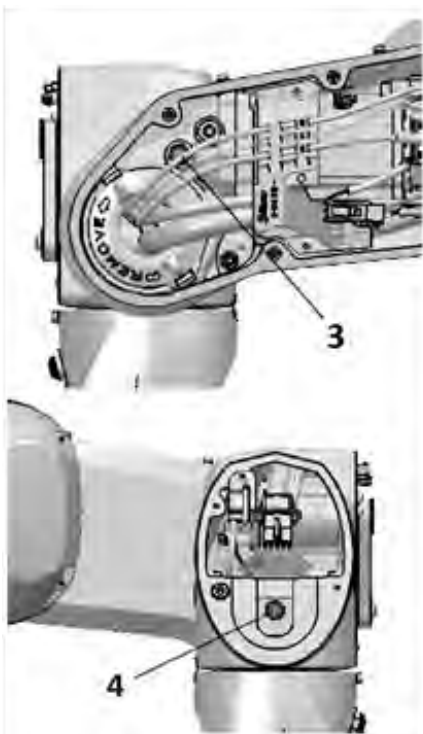


	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	+125° + ω					

**Axe 2 :**

- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (2) ± 3mm

**Contrôle des niveaux des axes 3 et 4 :**



	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	ω	+15°	+75°			

**Axe 3 :**

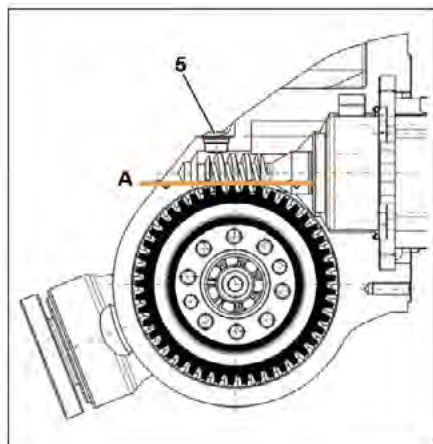
- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (3) ± 3mm

**Axe 4 :**

- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (4) ± 3mm

**Contrôle des niveaux des axes 5 et 6 :**

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	$\omega$	-90°	115,5°	0°	0°	



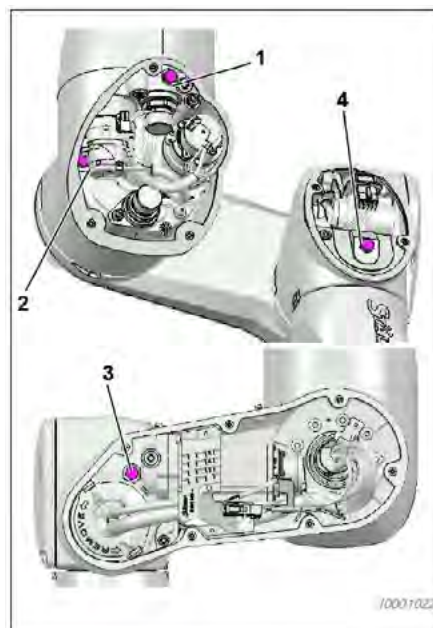
**Axes 5 et 6 :**

- Exécuter le programme d'essai SP50 sur l'enveloppe d'articulation 5 la plus large possible pendant 5 minutes.
- Attendre 10 minutes (en raison de la viscosité et des bulles d'air)
- Démontez les deux bouchons (5).
- Le niveau d'huile (A) doit atteindre le haut de la roue dentée. Rétablir le niveau d'huile avec une seringue.
- Remontez les deux bouchons (5).

**CAS C : Robot fixé sur un plafond**

**Contrôle des niveaux des axes 1,2,3,4**

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	$\omega$	+75°	-75°			



**Axe 1 :**

- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (1)  $\pm 3\text{mm}$

**Axe 2 :**

- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (2)  $\pm 3\text{mm}$

**Axe 3 :**

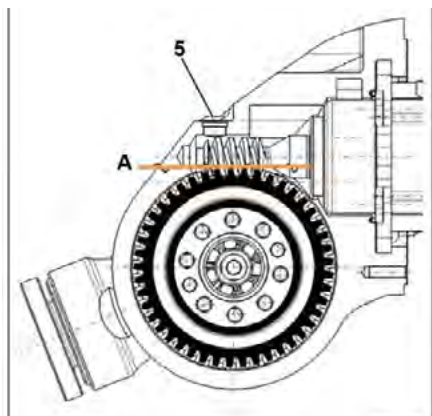
- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (3)  $\pm 3\text{mm}$

**Axe 4 :**

- Le niveau d'huile doit être au milieu du voyant (4)  $\pm 3\text{mm}$

**Contrôle des niveaux des axes 5 et 6 :**

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Position des axes	$\omega$	0°	115°	180°	0°	

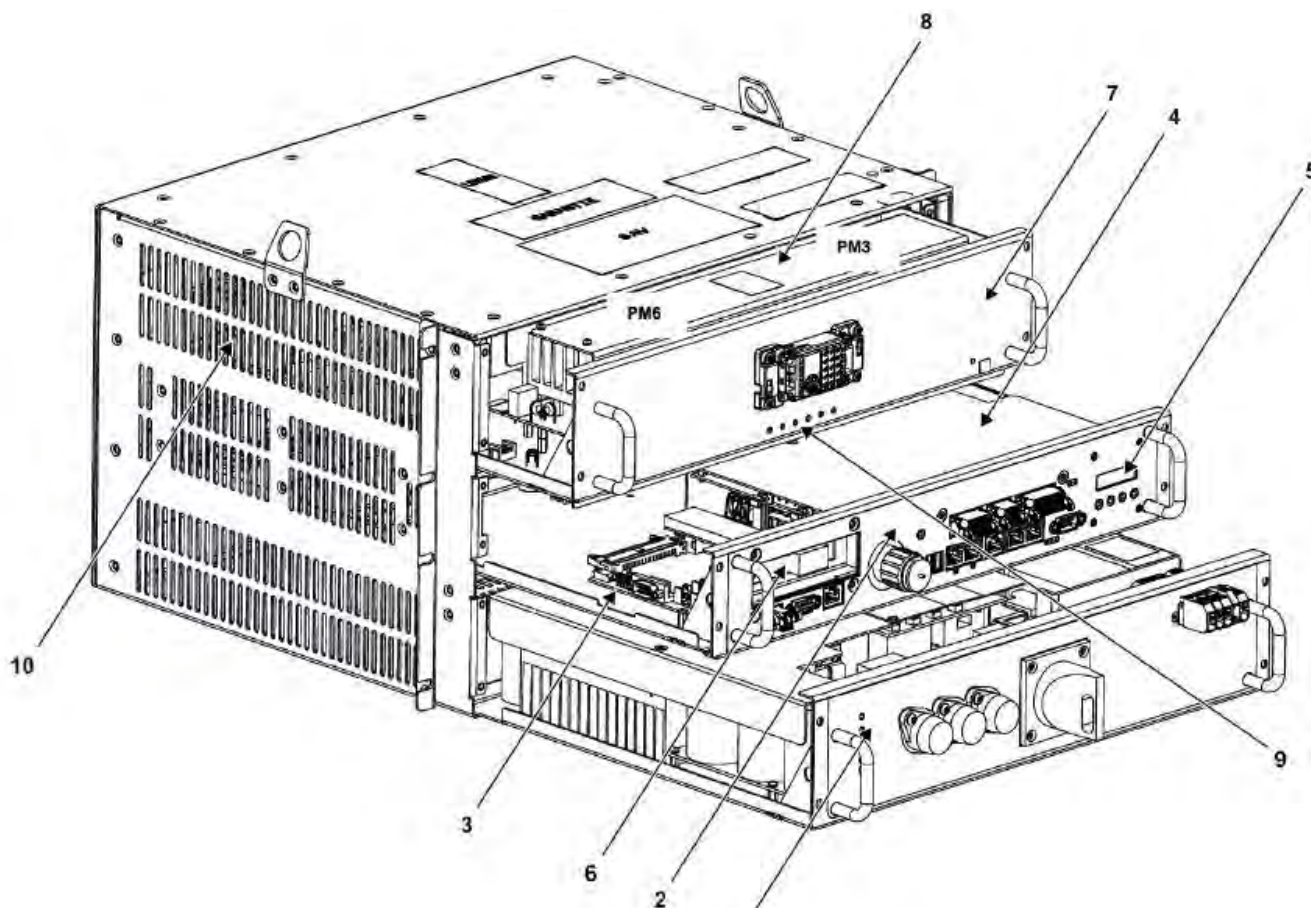


**Axes 5 et 6 :**

- Exécuter le programme d'essai à SP50 sur l'enveloppe d'articulation 5 la plus large possible pendant 5 minutes
- Attendre 10 minutes (en raison de la viscosité et des bulles d'air)
- Démontez les deux bouchons (5)
- Le niveau d'huile (A) doit atteindre le haut de la roue dentée. Rétablir le niveau d'huile avec une seringue
- Remonter les deux bouchons (5)

*Pour chaque point, on suppose que les points précédents ont été contrôlés et fonctionnent correctement.*

**Contrôleur : changement du filtre à air de ventilation**





Repère	Composant	Désignation
1	URPS ou RPS	Tiroir d'alimentation de puissance
2	CPT	Tiroir ordinateur
3	SBL-CPU	Bus de liaison Stäubli / Unité centrale de traitement
4	RSI9	Carte interface de sécurité pour contrôleur CS9
5	MMI	Interface Homme-machine
6	PCIe	Interconnexion de composants périphériques express (option)
7	DP	Tiroir amplificateur
8	DPM 325	Module double amplificateur 325 VDC
9	STARC9	Carte de contrôle de robot Stäubli pour contrôleur CS9
10	Backplane	PCB de liaison entre l'alimentation URPS325 (ou l'alimentation RPS325) et le DP

- Extraire le tiroir à l'aide des poignées prévues à cet effet (voir figure 1).
- Le retirer en le soulevant quand il se bloque puis extraire complètement le tiroir. Le poids du tiroir logique est de 4,7 kg, ne pas tenir le tiroir avec les poignées. Soutenir le tiroir logique (CPT) par le dessous jusqu'à ce qu'il soit complètement extrait. Lorsque le tiroir CPT est démonté (même partiellement), il est possible d'accéder au ventilateur de refroidissement, à la CFast, à la batterie et aux fusibles du CPT, ainsi qu'à la carte Bus de terrain PCIe.
- Celui-ci permet d'accéder au ventilateur (17), à la CFast (16) et la batterie se trouve sur sa gauche (15) - (voir figure 2).
- Pour remplacer le ventilateur, procéder comme suit après avoir ouvert le volet latéral (voir figure 3) :
- Extraire le ventilateur (17) par le haut et le débrancher de la carte (18). Pour introduire le ventilateur, prendre soin de la position des câbles pour éviter de les détériorer lorsque le ventilateur fonctionne. Lorsqu'il est en fonctionnement, vérifier qu'aucun objet n'entre en contact avec le ventilateur pour éviter tout risque de dommages.
- Raccorder le nouveau ventilateur
- Introduire le nouveau ventilateur. Le ventilateur doit souffler vers l'intérieur du tiroir (l'étiquette doit se trouver à l'intérieur du tiroir).



Figure 1



Figure 2



Figure 3

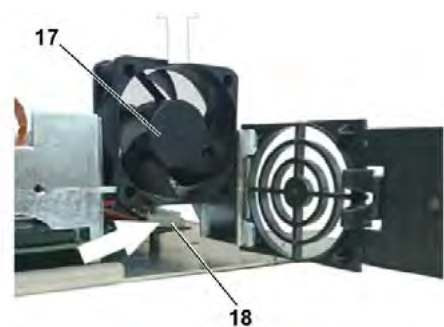


Figure 4



## B. La maintenance curative d'un robot industriel

Cette partie présente la méthodologie générale de maintenance du robot. Celle-ci est basée sur les indicateurs visuels fournis par le contrôleur (diodes, affichage) et sur les indications données par le MCP (mes-

sages contextuels, statuts).

Pour chaque point, on suppose que les points précédents ont été contrôlés et fonctionnent correctement.

### 1. Définition

La maintenance curative intervient après une panne.

### 2. Exemples d'opération d'une maintenance curative

#### Remplacement d'un moteur (Axe 3)

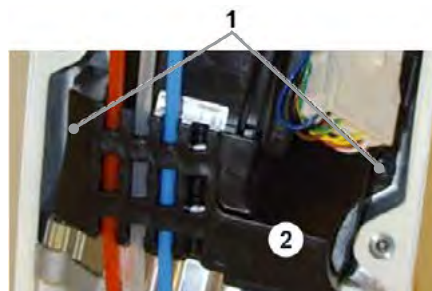
**ATTENTION:** La procédure doit être exécutée avec le système hors tension. L'interrupteur général doit être en position OFF (éteint) et le connecteur d'alimentation X1 retiré.

De l'huile peut s'écouler lors du retrait du moteur axe 3 si ce dernier n'est pas positionné dans une position favorable.



#### Procédure :

- Déconnecter les trois tubes pneumatiques
- Retirer les deux vis M4x10 (1)
- Déposer le protecteur plastique (2)
- Retirer le collier de fixation (3)
- Retirer les connecteurs moteur (JM3)

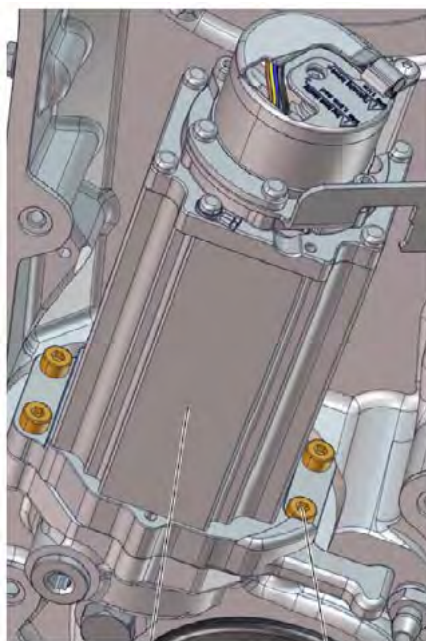


- Retirer le connecteur codeur (JC3)



JC3

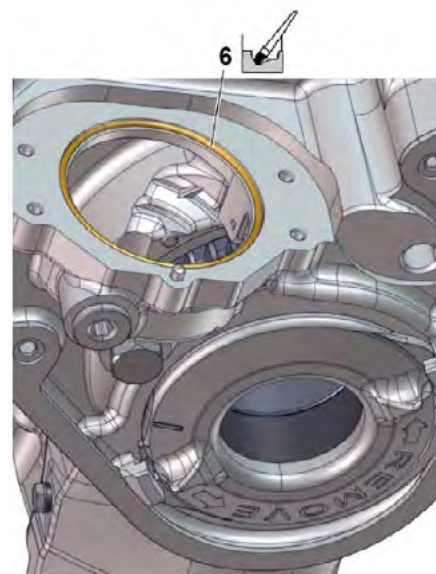
- Retirer les 4 vis M4x16 (4)
- Déposer le moteur (5)



5

4

- Graisser et monter le joint (6)



6

- Mettre en place le moteur (5) en veillant à conserver un minimum de jeu
- Monter et serrer au contact les vis M4x16



5

4

- Rebrancher le connecteur codeur (JC3)



JC3

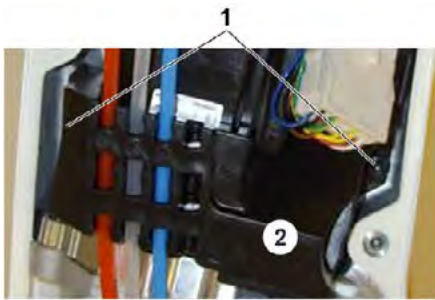
- Rebrancher le connecteur moteur (JM3)
- Mettre un collier de fixation (3)



3

JM3

- Fixer la protection plastique (2) à l'aide des deux vis M4x10 (1)
- Reconnecter les 3 tubes



## C. La maintenance prédictive

Anticiper une panne, maîtriser l'arrêt de la production, améliorer la durée de vie du robot sont les objectifs principaux de la maintenance prédictive (ou prévisionnelle).

La maintenance prédictive est définie selon

la norme NF EN 13306 X 60-319 comme une «maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien».

### 1. Les avantages d'une maintenance prédictive

- Diminuer le nombre d'interruptions dans une production et optimiser la santé des robots
- Mieux planifier les interventions nécessaires et préparer les équipes d'intervention
- Anticiper et gérer les besoins de pièces détachées et de stockage
- Diminuer le nombre de pannes

### 2. Objectifs de la maintenance prédictive

La finalité de la maintenance prédictive est de diminuer la récurrence des pannes et donc la fréquence des interventions de réparation.

Elle permet :

- d'anticiper l'instant précis de l'apparition d'une panne
- d'évaluer la probabilité des anomalies
- de devancer la survenue des défaillances

Une planification optimale des opérations de réparation peut ainsi être mise en place pour limiter au maximum les temps d'arrêt de production (plan de maintenance prédictive).



### Quelques méthodes :

Afin d'optimiser l'efficacité de la maintenance préventive, plusieurs méthodes peuvent être associées mais il faut au préalable :

- définir les pièces à placer sous surveillance
- désigner les seuils d'alerte
- spécifier la récurrence des vérifications
- déterminer la faisabilité de la maintenance prédictive dans la société
- actualiser la procédure dans le plan de maintenance préventive

### La thermographie

La thermographie contrôle le profil thermique des équipements industriels et des robots à l'aide de capteurs de température. Dans l'application de ce procédé de surveillance, les caméras infrarouges sont communément utilisées.

### L'analyse vibratoire

L'analyse vibratoire s'emploie en complément des méthodes thermiques ou acoustiques. Elle intervient dans la confirmation et la précision d'un diagnostic.

Grâce à l'analyse des vibrations émises par l'équipement en fonctionnement, elle permet d'identifier :

### Autres

D'autres méthodes existent telles que :

- le contrôle examen visuel
- le contrôle radiographique
- le contrôle d'étanchéité
- le contrôle magnétoscopique, etc...

### Procédé de mesure acoustique :

Grâce à l'analyse des ultrasons émis par les équipements en fonctionnement, cette technologie permet d'estimer l'état des machines et des robots industriels pour identifier :

- un défaut mécanique
- une fuite
- un problème électrique
- un défaut d'étanchéité



La thermographie identifie les fluctuations suspectes de température pouvant indiquer :

- une fuite
- un point chaud
- un défaut électrique

Elle a pour avantage d'être réalisée à distance du robot, ce qui n'implique pas l'arrêt du processus en cours.

- un défaut de serrage
- un défaut d'alignement
- l'usure d'une pièce

Ces vibrations peuvent être mesurées et interprétées selon l'amplitude, le niveau acoustique (décibels) ou la fréquence (hertz).

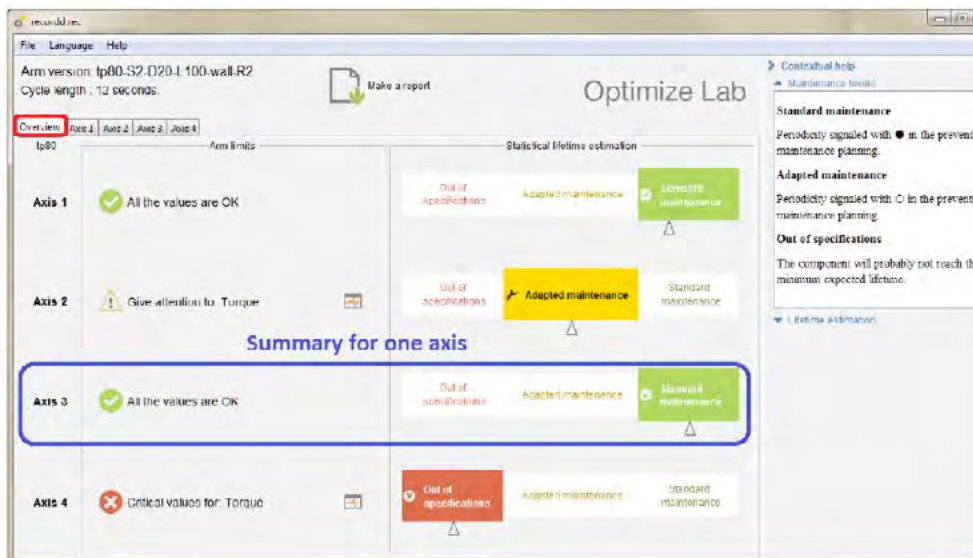
### 3. Procédure d'une maintenance prédictive en robotique

De manière globale, effectuer une maintenance prédictive sur un bras robotisé se fait via l'utilisation d'un logiciel spécialisé. Pour les robots Stäubli, cet outil est appelé « OptimizeLab ».

Son fonctionnement se fait par l'intermédiaire de données enregistrées sur un robot se déplaçant en conditions réelles. Il vérifie toutes les données du bras à prendre en compte (vitesse maximale, accélération, couples, courant).

Il va donc en déduire la durée de vie des réducteurs.

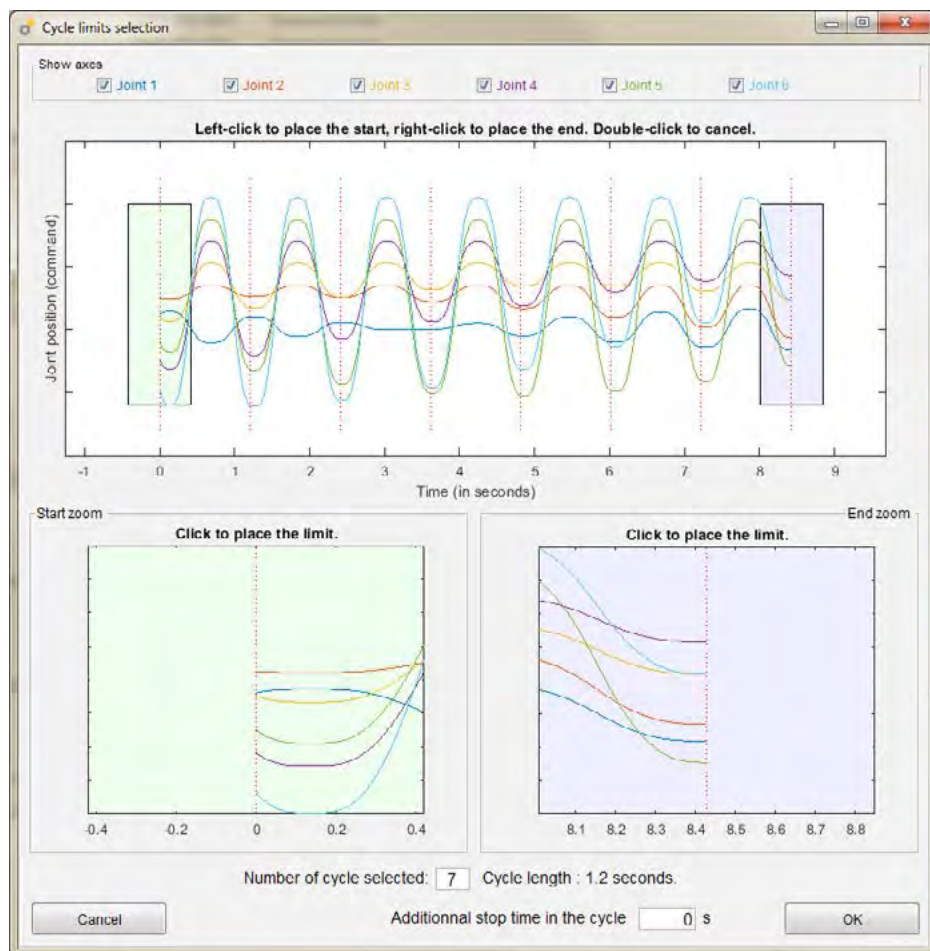
Ces calculs sont effectués sur un ou plusieurs cycles, censés être exécutés sans fin et en continu par le robot.



L'utilisation de ce type d'outil permet en premier lieu de bénéficier de résultats très précis caractérisant l'état du système dans le temps.

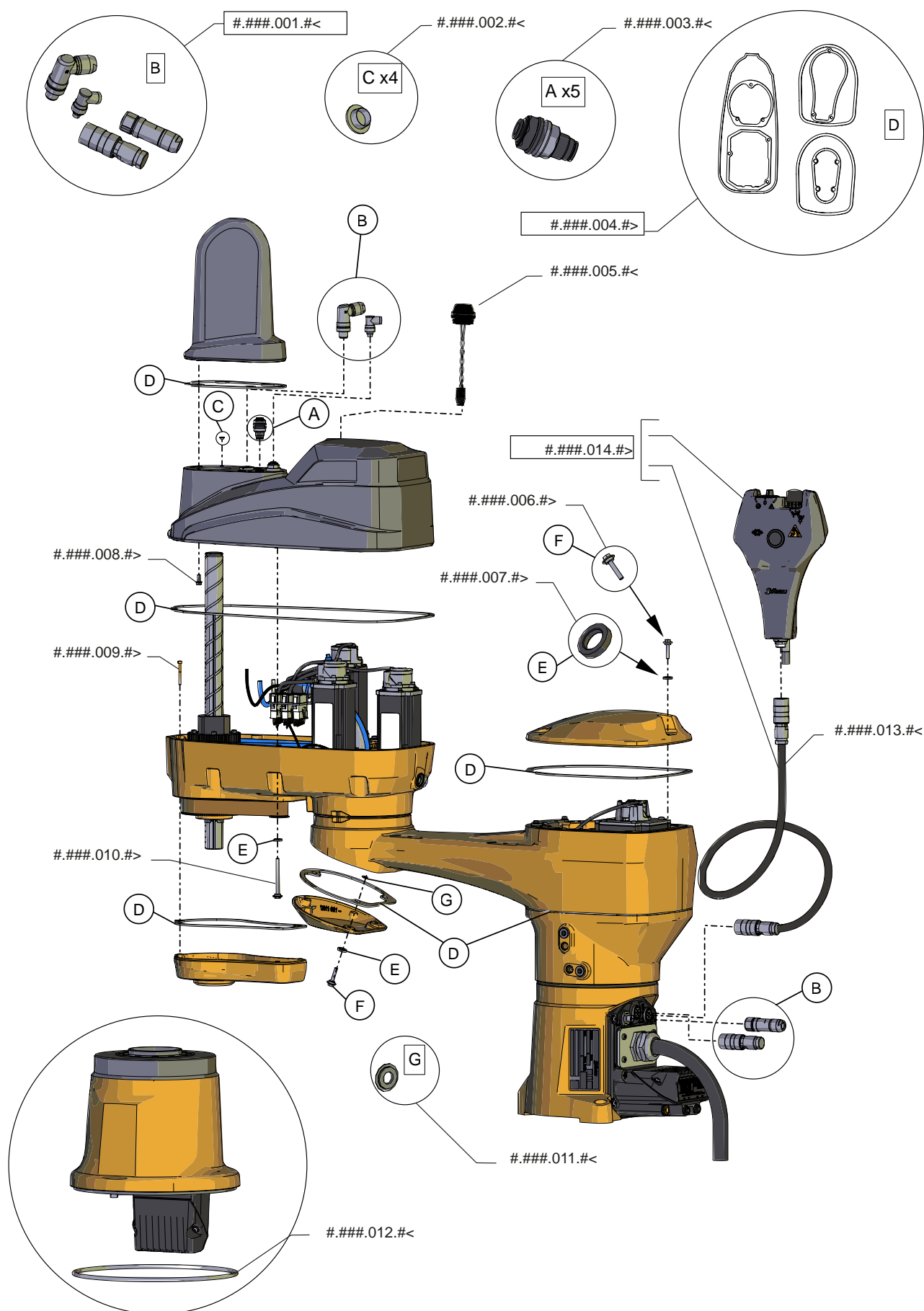
Il permet également d'afficher graphiquement plusieurs données significatives pour la contrainte du bras et le temps de cycle de l'application (couples, consommation d'énergie, vitesses...).

Cette information graphique est destinée à aider le programmeur à repérer les moments idéaux du cycle du bras et ainsi améliorer sa durée de vie.





D. Exemple de vue éclatée d'un robot



# XVII. La robotique et l'Industrie 4.0





## LA 4<sup>e</sup> RÉVOLUTION INDUSTRIELLE



Le concept d'Industrie 4.0 est à l'origine d'une prise de conscience générale de l'importance de l'impact qu'a l'industrie envers les enjeux économiques et écologiques d'une société. Il s'agit là d'une réponse à plusieurs transitions simultanées : énergétique, écologique, numérique, organisationnelle et sociétale. Chacune de ces transitions se réalise à travers la mise en place de nouvelles technologies toujours en cours de développement ou de conception.

L'objectif du concept d'usine du futur est de poursuivre la modernisation des méthodes de production en accompagnant les entreprises dans cette transition.

L'industrie a toujours su se saisir des opportunités offertes par les avancées technologiques pour se transformer et répondre aux défis de son époque. La mécanisation a donné lieu à la 1<sup>ère</sup> révolution industrielle du XVIII<sup>e</sup> siècle ; l'apparition de l'électricité a signé le début de la 2<sup>ème</sup> et rendu possible la production de masse à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle ; et les robots ont ouvert l'ère de la 3<sup>ème</sup>, celle de l'automatisation, au milieu du XX<sup>e</sup> siècle.

Aujourd'hui, l'industrie se trouve aux portes d'une nouvelle révolution : le numérique est venu bouleverser l'ordre établi. Les changements sont sur tous les fronts pour les en-

treprises industrielles qui veulent embrasser le cap de l'Usine du futur. Nouveaux usages et nouvelles technologies (plateforme de partage d'information en ligne, mobilité, internet des objets, intelligence artificielle, cloud...) sont de puissants leviers à activer.

Au cœur de ces technologies, la robotique est un élément essentiel de cette nouvelle chaîne, transformant les lieux de production des usines comme leurs manières de concevoir et leur permettant de gagner en compétitivité comme en pérennité.

### A. Les enjeux majeurs pour l'entreprise



Le monde de l'entreprise doit s'appuyer sur les avancées technologiques pour passer à l'Industrie 4.0. En devenant de plus en plus intelligents, les capteurs gagnent en précision de mesure et en autonomie de décision. Leur rôle dans la maintenance préventive va se développer. Ils représentent un élément clé dans la transition vers l'usine numérique.

Près de 80 milliards d'objets participeront, en 2020, à un réseau basé sur le Web, dans l'optique d'automatiser une grande partie de la production en usine. En effet, les chaînes de production seront «hyper connectées», et les capteurs, automates, robots et systèmes informatiques seront reliés numériquement. Ces systèmes connectés sont également appelés systèmes «cyber physiques». Ils peuvent interagir les uns avec les autres à l'aide de protocoles

de communication spécifiques, analyser des données afin d'identifier les futurs défaillances, se configurer et s'adapter aux changements. L'analyse de ces données permettra d'optimiser l'efficacité, la rapidité et la qualité de la production, ce qui augmentera la productivité manufacturière, améliorera la situation économique, favorisera la croissance industrielle, et finira par modifier la compétitivité des entreprises et des régions.

## B. Les technologies de l'Industrie 4.0

La transition du concept d'usine 3.0 à l'usine 4.0 repose sur la modernisation des outils de production et des nouvelles technologies, qu'elles soient intégrées dans le processus de production ou dans le produit en lui-même.

Cette modernisation est un élément moteur pour permettre aux entreprises de proposer des solutions plus force de sûreté et de flexibilité.

L'usine du futur est basée sur 7 technologies de pointes qui sont, entre autres, les piliers du concept de l'Industrie 4.0.



### 1. Cloud et Cybersécurité

La nécessité de prendre en charge une multitude de périphériques et de capteurs, ainsi que les piles de données qu'ils génèrent, pourrait être mieux prise en charge par les services de cloud computing, qui apporte-

raient une réelle réactivité et une évolutivité. De nombreux systèmes de surveillance et de contrôle industriels, sans parler des systèmes ERP, évoluent désormais vers le cloud.

### 2. Des produits intelligents, l'IOT (Internet des Objets)

L'IOT, ou Internet des Objets, regroupe les objets et équipements connectés (à internet) et les technologies qui s'y rapportent et, par extension, l'universalité de tout ce qui peut être connecté via le réseau inter-

net pour recevoir ou émettre des données. Les appareils et les capteurs informatiques communiqueront en fournissant des réponses en temps réel.



### 3. La fabrication additive

Les entreprises commencent tout juste à adopter la technologie de la fabrication additive (impression 3D). Utilisée pour le prototypage et la production de composants individuels, les industries seront de plus en plus habituées à produire de petits lots de produits personnalisés présentant des avantages en termes de construction, permettant ainsi une fabrication décentralisée et une réduction des distances de transport.



### 4. La réalité augmentée et virtuelle

La réalité virtuelle, déjà commercialisée et accessible à tous, représente un élément clé dans le concept de simulation.

Elle permet de remplacer les environnements physiques par des environnements virtuels.

Le milieu industriel est de plus en plus utilisateur de ce concept, notamment l'industrie automobile ou aéronautique pour des travaux nécessitant la représentation 3D de modèles CAO.

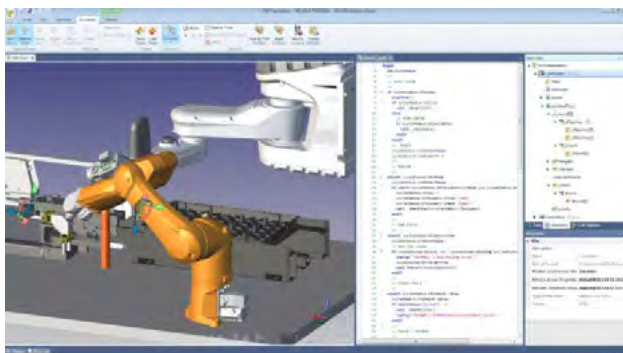
Le concept de **réalité augmentée** se traduit par la superposition d'informations numériques sur une image réelle observée par l'intermédiaire d'un écran ou de lunettes.

Cette technologie est principalement utilisée dans l'industrie pour des opérations de maintenance prédictive telles que l'analyse vibratoire ou encore la thermographie.



### 5. Simulation et jumeaux numériques

Avec toutes ces données volumineuses et cette puissance de calcul provenant du cloud, la modélisation virtuelle des scénarios de produits permettra des tests rapides et donc plus d'innovations. Les solutions rapides seront très rapides et très bon marché dans les mondes virtuels. Les jumeaux numériques (copies digitales d'un process réel) permettront également d'optimiser la production et la maintenance des systèmes.



## 6. Big Data

La disponibilité des données tout au long du cycle de vie des produits (développement, production, etc...) ajoute une nouvelle dimension à la fabrication, conduisant à encore plus d'innovation, une optimisation du marketing et une prise de décision plus ciblée.

- Contrôle qualité (optimisé)
- Économie d'énergie
- Amélioration de service
- Intelligence artificielle
- Sources multiples
- Décisions temps réel

**Toutes ces tendances technologiques de pointe sont déjà utilisées dans la fabrication. L'Industrie 4.0 est l'interconnexion de ces 7 technologies avancées pour un maximum d'efficacité industrielle tout au long de la chaîne de valeur, du besoin client à la satisfaction de ce dernier.**

## C. Les enjeux environnementaux

L'impact des industries sur le plan écologique est de loin l'un des facteurs qui a le plus alimenté cette prise de conscience sur l'importance d'une mise à jour des méthodes de production. Le contexte mondial dans lequel nous évoluons fait face à d'importantes tensions en ce qui concerne les approvisionnements en matières premières. Les enjeux environnementaux actuels forcent les industriels à réduire fortement leur empreinte environnementale. La réduction des rejets, l'efficacité énergétique, l'utilisation des ressources et l'implantation durable dans le territoire sont des enjeux environnementaux majeurs.



Au cœur du monde industriel, la conscience écologique prend de l'ampleur. L'Industrie 4.0 représente la volonté du milieu de répondre aux problématiques liées notamment à la gestion des ressources et de l'énergie.

Avec un système structuré et fondé sur un réseau de communication et d'échange instantané et permanent, il sera possible d'améliorer de manière conséquente cette gestion. La gestion de la consommation d'énergie de l'utilisation des robots industriels est un point très important à prendre en compte.

Dans le milieu de la robotique, de nombreuses innovations sont mises au point à chaque nouvelle génération de robot. Le respect de l'environnement est également, pour ce milieu, un enjeu d'une importance capitale, où l'objectif est en premier lieu l'optimisation de la consommation énergétique.

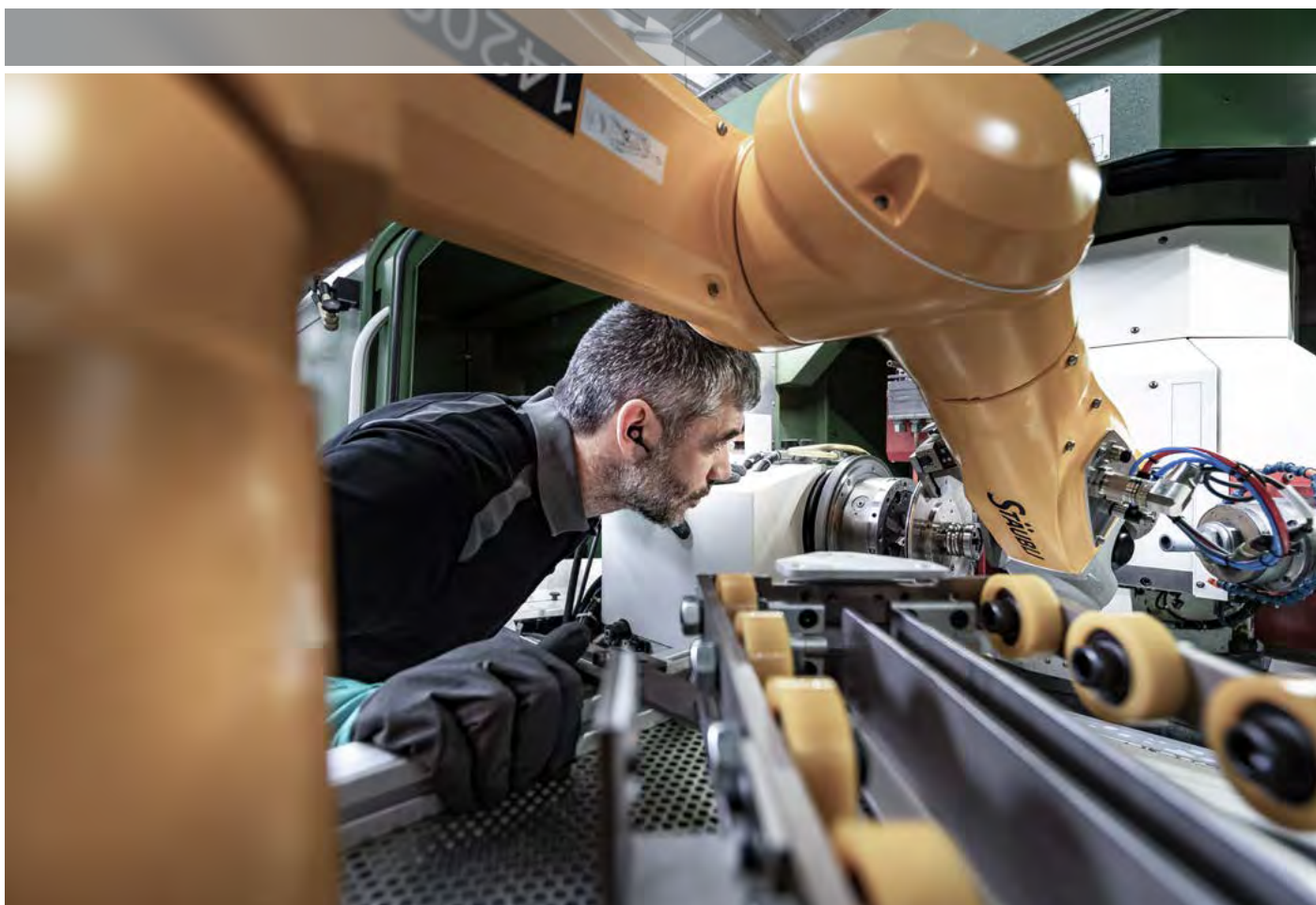
- Asservissement amélioré
- Aucune énergie perdue dans les mouvements du robot : freinage régénératif (l'énergie du freinage est stockée puis

ré-injectée dans les moteurs quand nécessaire)

- Les ventilateurs sont uniquement utilisés quand nécessaire : ventilateurs de refroidissement pilotés dans la baie de commande
- Désactivation du boîtier de commande manuel au bout de quelques minutes : mode veille automatique
- Pas d'énergie perdue dans le contrôleur du robot



# XVIII. Les métiers autour de la robotique







Depuis toujours, l'emploi évolue, et ce en grande partie grâce aux nombreuses innovations technologiques.

Le savoir-faire de nos techniciens et ingénieurs s'adapte à ces évolutions.

La robotique industrielle constitue en grande majorité les fondements de l'Industrie 4.0 ; on parle aujourd'hui de robotique industrielle et même de robotique de façon

générale comme synonyme d'avenir.

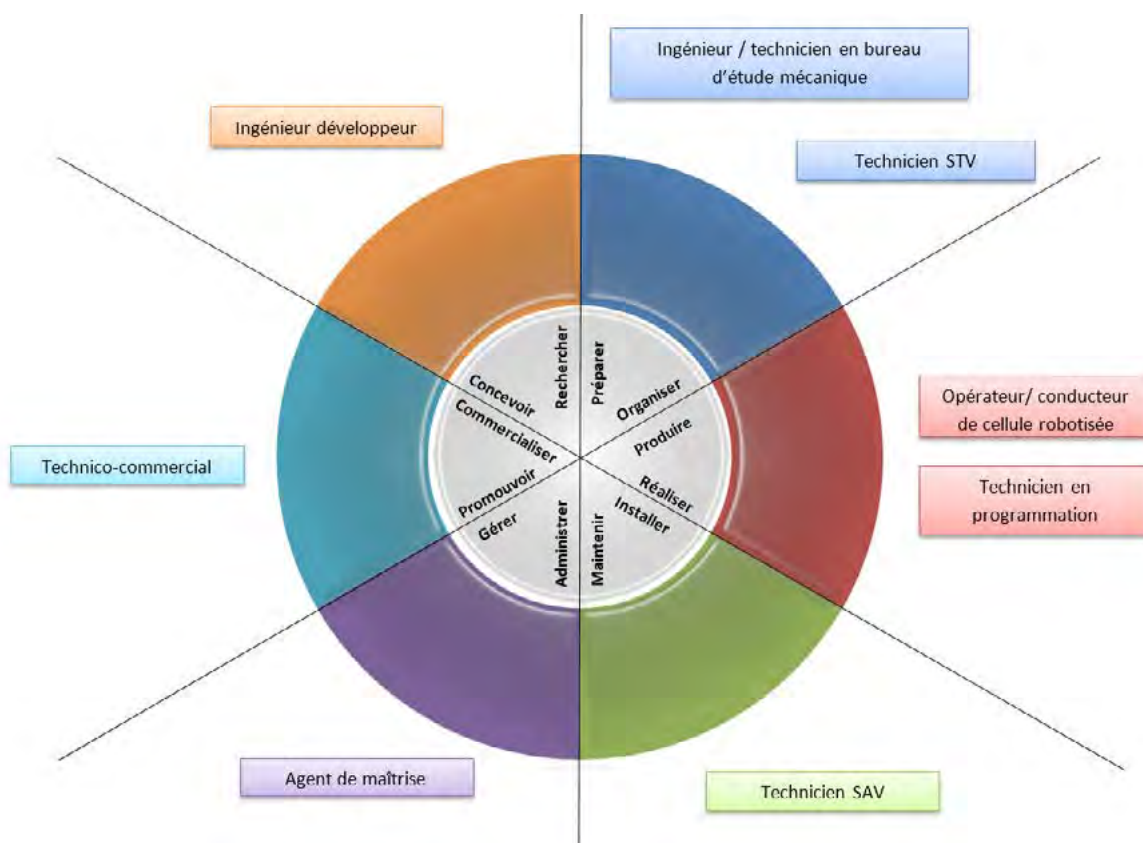
L'Industrie 4.0 n'est pas l'étape de l'automatisation totale de nos usines et de l'autonomie des lignes de production où la présence d'êtres humains est inutile, mais plutôt celle de la mise en relation de l'homme et de la machine.

C'est pour cela que les métiers orientés vers l'industrie seront naturellement confrontés

à de la robotique. Exercer un métier lié à ce domaine d'activité signifie s'assurer un avenir.

Il existe différentes entreprises proposant des postes et métiers en lien direct avec la robotique : le constructeur de robots industriels, l'intégrateur, le client final, le fournisseur d'équipements péri-robotiques, etc...

	Constructeur de robots industriels	Intégrateur	Client final	Fournisseur
Technico-commercial	X	X		X
Technicien SAV	X	X	X	X
Technicien en programmation	X	X	X	
Opérateur / Conducteur de cellules	X	X	X	
Ingénieur / Technicien en bureau d'étude mécanique	X	X	X	X
Technicien STV	X	X		
Agent de maîtrise	X	X	X	X
Chercheur en robotique R&D	X			X





## A. Le technico-commercial



### Description :

Le technico-commercial connaît les techniques de prospection et de négociation nécessaires à la vente d'un produit ou d'un service industriel. Il a une connaissance pointue du produit ou du service qu'il propose à ses clients et en connaît toutes les caractéristiques techniques. Ces connaissances lui permettent d'apporter des solu-

tions pertinentes et correspondant au mieux aux besoins du client. Il intervient tout au long du cycle de vente. Une grande partie de son travail se fait sur le terrain avec sa clientèle. Deux types de technico-commerciaux existent, l'itinérant et le sédentaire.

### Qualités & compétences nécessaires :

- Avoir le sens du contact
- Avoir le sens de la relation client
- Détermination
- Polyvalence
- Avoir un bon sens de l'écoute
- Avoir de bonnes compétences techniques
- Être organisé

### Avantage du métier :

- Possibilité d'exercer dans de nombreux domaines d'activité
- Possibilité d'évolution rapide
- Déplacements

### Inconvénients du métier :

- La relation clientèle peut être source de stress.
- Les métiers de la vente sont ceux qui demandent un maximum d'investissement.
- Déplacements

### Quelle formation et comment devenir technico-commercial ?

La formation peut aller d'un Bac à un Bac + 5, tout dépend du type de secteur dans lequel le technico-commercial évolue. Plus le niveau technologique et de R&D est élevé, plus les connaissances techniques du produit ou du service sont spécifiques et nécessitent un haut niveau de qualification. Cependant, dans la majorité des cas, les employeurs demandent un niveau technique (Bac + 2) complété par une licence professionnelle spécialisée (Bac + 3), et proposent une formation interne sur leurs produits/services.

### Témoignage de Vincent, technico-commercial sédentaire :

*« De formation technique, j'ai souhaité rapidement m'orienter vers un métier avec plus de relations humaines. Le poste de technico-commercial sédentaire correspond tout à fait à ce que je recherchais car il permet de satisfaire la curiosité technique et le contact client.*

*De plus, le domaine de la robotique, très dynamique en termes de développement de nouvelles technologies, permet de travailler chaque jour sur de nouvelles applications destinées à tout type de marché. »*

### Témoignage d'Éric, technico-commercial itinérant :

*« De formation mécanique, la robotique, véritable concentré de technologie, m'a permis dans un premier temps d'élargir mes compétences techniques dans d'autres domaines : l'électrique, l'électronique et l'informatique industrielle. Toutes ces disciplines réunies m'ont amené à travailler tous les jours dans des univers différents, qui évoluent sans cesse et où le champ des applications est extrêmement vaste. On ne fait jamais la même chose, c'est très exaltant ! Au fil des années, l'expérience acquise m'a*

*donné l'occasion assez naturellement de me rapprocher des clients. Le rôle de commercial que j'exerce aujourd'hui associe le conseil technique auprès des clients, qui ont besoin d'être guidés dans leur choix pour réussir leurs projets d'automatisation, mais aussi la relation humaine, compétence indispensable et complémentaire quand on fait du commerce. »*

## B. Le technicien SAV (Service Après-Vente)



### Qualités & compétences nécessaires :

- Curiosité d'esprit
- Avoir le sens de la relation client
- Patience
- Réactivité
- Avoir un bon sens de l'écoute
- Avoir de bonnes compétences techniques
- Porter un certain intérêt aux nouvelles technologies.

### Description :

Le travail d'un technicien SAV en robotique consiste à maintenir et à dépanner les robots industriels. Il intervient chaque jour dans différents milieux et différents types d'industries (automobile, cosmétique, médical, agroalimentaire, etc...).

Dans ce métier, il n'y a pas de journée type car le technicien SAV effectue des tâches très variées. Son objectif principal est d'aider le client par téléphone ou en intervenant directement sur site si nécessaire.

### Avantages du métier :

- Effectue des tâches variées
- Est en constante relation avec la clientèle

### Inconvénients du métier :

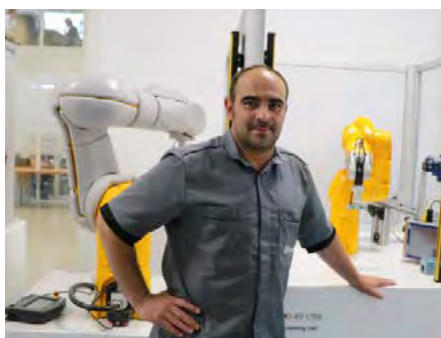
- Peut parfois être confronté au mécontentement des clients
- Travaille souvent dans l'urgence

Le technicien SAV fait appel à un panel de connaissances très varié, il doit être compétent dans des domaines tels que l'électronique, la mécanique, l'électrotechnique ou encore l'automatisme.

En robotique, ce technicien doit assurer un suivi constant de l'évolution des technologies pour pouvoir anticiper les différentes possibilités d'innovations industrielles futures.

### Quelle formation et comment devenir technicien SAV ?

Pour intégrer la profession de technicien SAV, le postulant devra avoir un Bac ou Bac Pro (Type MEI), un Bac + 2 (type MS) avec une spécialisation dans un secteur de l'industrie (électrotechnique, robotique, mécatronique, mécanique par exemple), poursuivre vers une spécialisation en Bac +3 (Licence professionnelle) ou atteindre un niveau d'ingénieur (Bac + 5).



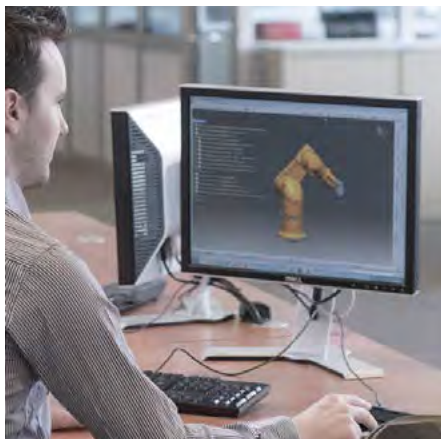
### Témoignage de Jérôme, technicien SAV :

*« La robotique est un secteur technologique prometteur. Les robots sont présents dans de nombreux domaines industriels aussi bien dans l'agroalimentaire que dans l'automobile, en passant par la métallurgie et bien d'autres encore. Exercer mon métier me permet de bénéficier au quotidien de*

*missions diverses et intéressantes.*

*Je fais appel à de multiples compétences telles que l'électrotechnique, la mécanique, l'informatique ou encore l'automatisme. Chacun peut donc trouver son centre d'intérêt. »*

## C. Le technicien en programmation robotique



### Description :

Le technicien de programmation en robotique industrielle intervient sur la manipulation, la programmation et l'intégration des robots. Après avoir analysé le besoin de l'entreprise, le technicien va définir et mettre en œuvre une solution d'intégration en robotique. Il interviendra également dans l'environnement du robot (électricité, automatisme avancé, informatique industrielle). Pour résumer, ce technicien participe à

l'étude de projet, la programmation et la mise en service d'un système robotisé avec son environnement automatisé. Il peut faire partie d'une entreprise d'intégrateur mais aussi d'une entreprise ayant besoin de renforcer son service maintenance avec des compétences en robotique et en automatisme. Il est disponible pour pouvoir faire des mises en services ou dépannage chez les clients.

### Qualités & compétences nécessaires :

- Bon esprit d'analyse et de rigueur
- Aptitude au travail en équipe
- Bon relationnel (pour une bonne communication)
- Curiosité technique
- Attirance pour l'innovation et les nouvelles technologies

### Avantages du métier :

- Effectue des tâches variées
- Peut suivre un projet de A à Z

### Inconvénients du métier :

- Journées parfois denses

### Quelle formation et comment devenir technicien en programmation robotique?

Le minimum pour intégrer un poste de technicien en programmation robotique est d'avoir des compétences en automatisme. Il faut être titulaire d'un Bac professionnel, d'un BAC +2 dans la programmation industrielle (ex : BTS CRSA - Conception et Réalisation de Systèmes Automatisés, ou BTS MS -Maintenance des Systèmes) ou d'une licence spécialisée dans l'automatisme ou la robotique.



### Témoignage de Jean-Pierre, technicien en programmation :

*« Si vous regardez chez nos voisins allemands, nous sommes certains que l'industrie française passera par l'étape de la robotique.*

*La programmation en robotique m'a donné l'opportunité de réaliser des missions*

*variées et toujours plus intéressantes les unes que les autres.*

*La robotique vous ouvrira de multiples portes professionnellement et vous garantira un avenir sûr et passionnant ».*

## D. L'opérateur ou conducteur de cellule



### Description :

Le métier de conducteur de cellule robotisée est composé de différentes missions relativement variées. Mais en premier lieu, il consiste à alimenter et surveiller un équipement de production robotisée de fabrication mécanique ou d'assemblage d'éléments structurels selon les règles de sécurité et les impératifs de production (délais, qualité). Ce métier s'exerce au sein d'entreprises industrielles avec différents services (maintenance, qualité, méthode).

Les conditions de travail varient selon le secteur, l'organisation (flots, lignes), le type de fabrication (soudage, ferrage, tournage, fraisage) et le type de produits fabriqués.

Exercer ce métier requiert différents savoir-faire comme savoir approvisionner des machines d'exploitation, contrôler le fonctionnement d'un outil ou d'un équipement ou encore savoir détecter un dysfonctionnement.

### Qualités & compétences nécessaires :

- Avoir le sens des responsabilités
- Rigueur
- Être soigneux
- Être attentif
- Bonne capacité à prendre du recul

### Avantages du métier :

- Tâches variées
- Communication

### Inconvénients du métier :

- Peut parfois travailler dans l'urgence
- Stress relatif à la gestion des imprévus

### Quelle formation et comment devenir opérateur ou conducteur de cellule robotisée ?

Ce métier est accessible avec un diplôme de niveau CAP/BEP à Bac (Bac professionnel, Brevet Professionnel...) en mécanique, électrotechnique ou travail des métaux.



### Témoignage de David, conducteur de cellule robotisée :

*« Occuper un poste tel que le mien m'a donné la possibilité de diversifier mes compétences et connaissances professionnelles. L'investissement et la rigueur dont je fais preuve au quotidien sont le résultat du grand intérêt que je porte aux nouvelles*

*technologies, dont la robotique industrielle fait partie.*

*Mon conseil est de s'investir et se donner les moyens de progresser. La robotique ouvre de nombreuses portes professionnelles et vous garantira un avenir sûr. ».*

## E. L'ingénieur ou technicien en bureau d'étude mécanique



### Description :

Le métier d'ingénieur ou technicien en bureau d'étude mécanique consiste à imaginer, à développer les robots du futur et/ou adapter ces robots pour des clients spécifiques. Il peut être gestionnaire de projet dans un environnement international et/ou interservice.

Selon les profils, il peut être amené à participer au développement des pièces de robots tels que les réducteurs, les moteurs,

les fonderies, les faisceaux électriques etc...

Il n'y a pas de journée type lorsque l'on exerce ce métier, cela dépend du projet et de la phase dans laquelle il se trouve (analyse de marché, recherche de concept, développement, industrialisation, commercialisation etc...).

### Qualités & compétences nécessaires :

- Curiosité
- Bonne capacité à prendre du recul
- Imagination
- Rigueur
- Ouverture d'esprit
- Bonnes compétences en gestion de projet

### Avantages du métier :

- Travail varié et polyvalent
- Au contact d'entreprises variées
- Travail sur des produits intéressants et innovants

### Inconvénients du métier :

- Stress relatif à la gestion de projet et au respect des échéances de présentation d'un nouveau produit

### Quelle formation et comment devenir Ingénieur/Technicien en bureau d'étude mécanique ?

Après le Baccalauréat, il faut poursuivre vers une formation orientée « mécanique industrielle », ex : DUT Génie mécanique et productique (BAC +2). Ensuite, le postulant peut entrer sur le marché du travail ou poursuivre ses études en licence professionnelle en se spécialisant dans une branche d'activité spécifique, ex : Licence Conception Mécanique Assistée par Ordinateur (CMAO) (BAC+3) et poursuivre s'il le souhaite vers un diplôme d'ingénieur en génie mécanique (BAC+5).



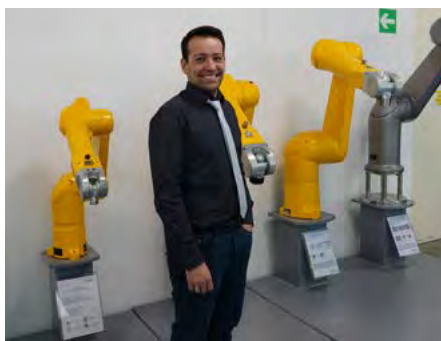
### Témoignage de Stéphane, ingénieur en bureau d'étude :

« Mon métier m'a apporté beaucoup de connaissances techniques mais il m'a également appris à développer mes capacités d'organisation sur mes travaux. Portant un certain intérêt à l'évolution des process industriels, j'ai tout de suite trouvé ma voie dans le secteur de la robotique.

*Ce que je peux conseiller à un étudiant intéressé par ce métier ou ce domaine d'activité est d'oser manipuler, se lancer, se renseigner. La robotique est un secteur innovant, dynamique, avec de nombreuses opportunités ».*



## F. Le technicien STV (Support Technique Vente)



### Description :

Le technicien STV (Support Technique Vente) travaille en binôme avec le technico-commercial. En effet, celui-ci intervient dans tout le processus d'avant-projet de l'intégration d'un robot et est un acteur clé dans le choix du robot à intégrer. Il est chargé d'étudier la faisabilité du projet à travers plusieurs simulations virtuelles et réelles en

prenant en compte différents critères liés au fonctionnement du robot : temps de cycle, charge embarquée, rayon d'action, milieu d'intégration...

Il intervient également en « support application » et offre une assistance technique à la programmation aux intégrateurs ou aux clients en direct par téléphone.

### Qualités & compétences nécessaires :

- Curiosité
- Capacité à prendre du recul
- Avoir le sens de la relation client
- Intérêt pour les nouvelles technologies

### Avantage du métier :

- Possibilité d'exercer dans de nombreux domaines d'activité
- Communication
- Développer de nouvelles compétences chaque jour

### Inconvénients du métier :

- Le technicien STV peut parfois être confronté au mécontentement des clients
- Journées parfois denses selon les périodes de l'année

### Quelle formation et comment devenir technico-commercial ?

Le poste d'un technicien STV requiert un niveau BAC+5. La formation débute avec un cursus technique/scientifique après le collège (BAC S, BAC STI2D ou BAC professionnel dans un domaine technique). Puis il faut un BAC + 2 dans un domaine technique (ex : DUT GEII ; BTS CRSA), puis une licence professionnelle (BAC+3). Le parcours scolaire doit inclure le suivi d'une formation en école d'ingénieur dans une branche telle que l'électrotechnique, la mécatronique ou l'automatisme.

### Témoignage d'Alexandre, technicien STV:

*« Parmi tous les domaines techniques dans l'industrie, la robotique est sans aucun doute celui qui est voué à une évolution la plus prometteuse. Dans mon métier, j'apprends tous les jours, et les projets sur lesquels je travaille sont différents les uns*

*des autres. Ayant démarré avec des compétences centrées sur l'électrotechnique, la robotique m'a fait découvrir de nouvelles branches techniques comme la mécatronique. »*

## G. L'ingénieur développeur R&D

### Description :

Le métier d'ingénieur développeur R&D consiste à concevoir et à développer un produit logiciel robotique. L'objectif est d'apporter de nouvelles idées d'évolution du produit et de les développer. Il participe aux phases de test, d'implémentation et d'intégration finale du logiciel sur un robot concret (simulation 3D, cinématique, simu-

lation de temps de cycle, modélisation virtuelle).

Il travaille en équipe et réalise des mêlées (réunions consistant à découvrir les idées, projets et problématiques de chacun afin d'apporter sa contribution). L'ingénieur développeur en R&D doit avoir un bon relationnel et un bon esprit d'équipe, et doit

faire preuve de créativité.

Il est à la charge d'une veille technologique constante et doit savoir anticiper les dernières innovations technologiques pouvant être influentes dans son champs d'activité (ex : réalité virtuelle).

### Qualités & compétences nécessaires :

- Porter un grand intérêt aux nouvelles technologies
- Curiosité d'esprit
- Esprit créatif et innovant
- Avoir un bon esprit d'équipe

### Avantages du métier :

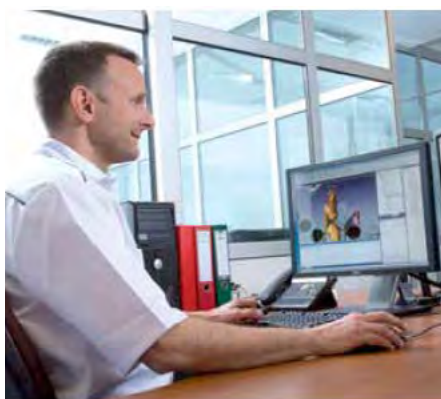
- Missions variées
- Travail concret et proche du terrain
- Liberté de créativité

### Inconvénients du métier :

- Journée parfois chargées

### Quelle formation et comment devenir Ingénieur développeur R&D ?

L'ingénieur développeur doit obligatoirement être doté d'un niveau BAC + 5 avec une formation en école d'ingénieur. Il peut réaliser une formation d'ingénieur spécialisée en développement ou une formation d'ingénieur généraliste pour une polyvalence et une meilleure culture industrielle.



### Témoignage de Stéphane, ingénieur développeur :

*« Exercer un métier tel que le mien exige de porter un intérêt pour les nouvelles technologies, et d'avoir le sens du relationnel. Il faut utiliser ce côté « geek » et faire preuve de curiosité et de créativité afin de comprendre le contexte dans lequel on évolue ».*

## H. L'agent de maîtrise

### Description :

L'agent de maîtrise est une catégorie de personnel située en position d'intermédiaire entre les employés, les ouvriers, les ingénieurs et autres cadres. Il exerce souvent le rôle de « chef d'équipe ».

L'agent de maîtrise est chargé de missions de contrôle pour la bonne exécution des

travaux. Dans le secteur de la fabrication de robots industriels, il encadre une équipe de plusieurs personnes réparties dans un atelier de montage.

Il exerce un poste de manager, et est avant tout un professionnel dans un domaine technique, il connaît donc les produits ainsi

que l'ensemble des procédés de fabrication.

La gestion d'équipe demande des qualités d'organisation, un sens des responsabilités et une excellente capacité à gérer les imprévus.

### Qualités & compétences nécessaires :

- Avoir le sens des responsabilités.
- Bonne gestion de son organisation.
- Avoir de bonnes connaissances techniques.
- Savoir adopter un comportement neutre avec l'ensemble de son équipe
- Avoir des qualités de leader

### Avantages du métier :

- Gérer les équipes
- Possibilité d'évolution professionnelle

### Inconvénients du métier :

- Stress relatif aux imprévus
- S'adapter à chaque profil d'ouvrier

### Quelle formation et comment devenir agent de maîtrise ?

Un agent de maîtrise dans le secteur industriel doit en premier lieu avoir des connaissances techniques et industrielles allant d'un niveau BAC professionnel au niveau BAC + 2. À la suite de plusieurs années d'expérience, il peut évoluer et passer le concours d'agent de maîtrise.

### Témoignage de Karl, agent de maîtrise :

« La robotique est une activité en pleine croissance, il est important quand on est jeune, de se poser les bonnes questions. Parfois, privilégier la voie professionnelle ouvre potentiellement plus de portes que la voie générale. Le monde de l'industrie est très demandeur de techniciens et d'ingénieurs. La robotique fait appel à une multi-

tude de domaines techniques, chacun peut y trouver son intérêt.

Je suis rentré sur le marché du travail avec un BAC MEI (Maintenance des Équipements Industriels), et avec de l'investissement et de la motivation, j'ai gravi les échelons pour atteindre le poste que j'occupe aujourd'hui ».

## I. Exemple d'une carrière chez Stäubli - Témoignage d'Yves Gelon

« Jacques Dupenloup, Responsable Commercial France et Benelux chez Stäubli Robotics, m'a demandé d'évoquer ma carrière dans ce Guide de la Robotique destiné à expliciter les enjeux vis-à-vis des acteurs du marché mais aussi et surtout vis-à-vis de la jeunesse. Cela me paraissant essentiel, c'est donc avec enthousiasme que je lui ai répondu favorablement pour retracer mon parcours atypique chez Stäubli.

Mon objectif sincère n'est pas de faire de l'autosatisfaction mais uniquement de convaincre qu'il est toujours possible, à tout âge, de faire changer notre carrière à force de travail et de conviction.

J'ai été embauché chez Stäubli en 1973 à l'âge de 17 ans avec un CAP de mécanique générale en poche. Ma passion de toujours pour la technique m'a amené à accepter avec entrain un poste de monteur de ratières dans la division Textile de Stäubli.

Après quelques mois, j'ai rapidement demandé à devenir « polyvalent » sur tous les modèles de ratières. Même en étant très satisfait de mon sort, je ne pouvais pas rester sans penser à en faire encore plus.

De nombreux challenges m'ont ainsi été proposés et atteints jusqu'à la demande de mon responsable en 1984 d'être transféré dans la division Robotique toute naissante. Ce fut alors un nouveau départ dans le secteur « Essais de faisabilité clients » : un rêve pour moi ! Tous ces projets techniques multiples et très variés, aux délais de réalisation très courts, en lien étroit avec les besoins et contraintes du client, ont été très stimulants. À l'époque, nous étions l'intégrateur unique sur le secteur Franco-Suisse pour le constructeur américain de robots Unimation (pionnier de la robotique). Le secteur « Intégration Péri-robotique » s'occupait de concevoir, de réaliser, de mettre au point et d'installer des lignes robotisées chez nos clients. Je l'ai rejoint après quelques semaines et cela a été la prolongation d'un

rêve technique, avec en plus à gérer toute l'application robotique et ses périphériques. Ce rythme soutenu m'a obligé à mettre les bouchées doubles pour apprendre sur le tas et répondre aux objectifs fixés, en ne comptant pas mes heures et en m'impliquant fortement en parallèle d'une vie personnelle tout aussi riche avec, à cette époque, 3 enfants en bas âge dont des jumeaux !

Cette période au sein du secteur « Intégration Péri-robotique » était dès le départ programmée pour une durée limitée et uniquement pour apprendre le métier de roboticien. En parallèle, des équipes Recherche et Développement travaillaient sur la conception des premiers robots Stäubli qu'il a fallu produire sur notre site de Faverges.

J'ai ainsi été nommé Responsable du Secteur Montage Robot Stäubli. Mais après une courte période, le contact clients et l'action me manquaient, j'ai donc postulé et été accepté pour un poste de Technico-Commercial interne dans le Service Commercial Robot : une nouvelle orientation très instructive.

En 1994, à la demande de mon directeur, je suis parti, accompagné de ma famille, pour une mission de 3 ans aux États-Unis dont l'objectif était de transférer l'activité de l'unité de Pittsburgh, née du rachat d'Unimation, vers notre base américaine Stäubli à Greenville en Caroline du sud.

À mon retour en France, il m'a été demandé de créer le Service Support Clients Robot, comprenant les secteurs « Service Après Vente / Pièces de rechange », « Formation », « Essais de Faisabilité » et « Support Applications », en charge de la France et de toutes nos unités de vente (19 dans le monde).

Avec tous les responsables, nous avons construit une équipe très proche des clients, désormais reconnue par tous nos interlocuteurs pour sa réactivité et sa proxi-

mité, une véritable force commerciale pour Stäubli.

Fin 2015, la Direction Générale de Stäubli m'a demandé de prendre la direction de la Division Robotique à Faverges. J'ai beaucoup apprécié ce dernier challenge qui m'a permis de mener à bien quelques projets qu'il me semblait nécessaire de finaliser avant de « laisser la main » à mon successeur.

« La ligne d'arrivée étant franchie », il est maintenant possible de prendre un peu de recul et de vous faire part d'un rapide bilan de cette carrière aussi atypique que passionnante !

Faire le choix de la robotique dans une entreprise ambitieuse, sachant se doter des moyens à la hauteur de ses ambitions, m'a apporté du bonheur chaque jour en me donnant l'opportunité d'endosser une carrière dans laquelle je me suis investi pleinement, qui fut très riche techniquement et humainement, et dont je n'avais pas rêvé même dans mes rêves les plus fous.

Ces opportunités ne sont pas l'apanage de Stäubli et il en existe dans tous les domaines et dans toutes les fonctions gravitant autour des applications robotisées que nous pouvons considérer à chaque fois comme des machines spéciales. Vos carrières seront longues, il est important de faire le ou les bons choix.

La citation de Mark Twain résume le chemin parcouru depuis la création de la Division Robotique et possiblement celui qui s'ouvre devant vous : « Ils ne savaient pas que c'était impossible, alors ils l'ont fait. »

**Yves Gelon**

**Ex-Directeur de la Division Robotique Stäubli**

# XIX. Exemples de travaux pratiques







## EXERCICE N°1 : Déplacements manuels au pendant d'apprentissage SP2

### Matériel :

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage

### Avant de commencer :

- Allumer le contrôleur robot.  
Cette opération peut prendre plusieurs minutes pour démarrer
- Mettre le robot en mode manuel

### Chapitre 1 : déplacer en mode JOINT

- Mettre le bras sous puissance
- Sélectionner le mode de déplacement JOINT
- Piloter le robot manuellement pour saisir des pions dans la palette avec la pince
- Empiler les pions sur une surface plane

### En savoir plus :

Avec ce mode de déplacement, vous piloterez le robot au niveau de ses articulations. Réaliser certains mouvements peut s'avérer difficile, soyez prudent !

### Chapitre 2 :

- Répéter les manipulations du chapitre précédent en utilisant cette fois les modes TOOL (Outil) et FRAME (repère)

### En savoir plus :

Ces deux modes de déplacement (FRAME et TOOL) sont qualifiés de cartésien car ils offrent la possibilité de réaliser des mouvements de translation (linéaires) et de rotation par rapport aux axes de repères orthonormés (respectivement repères base ou FRAME, et repère outil ou TOOL).

## EXERCICE N°2 : Démarrage d'une application de mouvement

### Matériel :

Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage

### Avant de commencer :

- Allumer le contrôleur robot.

Cette opération peut prendre plusieurs minutes pour démarrer.

### Lancement d'une application VAL3 :

- Mettre le robot en mode de marche manuel
- Mettre le bras sous puissance
- Ouvrir l'application **usrPrgEx2** (voir annexe) qui se trouve dans la mémoire interne du robot
- Démarrer l'application, maintenir la touche MOVE/HOLD du pendant d'apprentissage pour autoriser les mouvements
- Laisser le robot réaliser un cycle complet (quand les mouvements se répètent, le cycle est terminé)
- Mettre le robot en mode de marche automatique local

- Remettre le bras sous puissance
- Reprendre l'exécution du cycle : autoriser les mouvements par un simple appui sur MOVE/HOLD
- Interrompre les mouvements par un arrêt d'urgence
- Mettre le robot en mode de marche manuel
- Écarter le robot de sa trajectoire programme
- Repasser le robot en mode de marche automatique local et reprendre l'exécution du cycle

```

1  begin
2    resetMotion(j[0])
3  while true
4    for i=0 to size(j)-1
5      movej(j[i],tPince,mNomSpeed)
6    endFor
7  endwhile
8  end

```

### Annexe exercice 2

#### En savoir plus :

Vous constaterez qu'à aucun moment dans cet énoncé il ne vous est demandé d'arrêter l'application. En effet, les robots Stäubli ont cette capacité de mémoriser en permanence l'avance du cycle, et de pouvoir reprendre son exécution sans changement de trajectoire après un arrêt. Et ce, même si le robot a été manuellement déplacé entre temps !

**EXERCICE N°3 : Trajectoire avec descripteur de mouvement**

**Matériel :**

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Un stylo feutre
- Un mètre à ruban
- Un rouleau de ruban adhésif
- La page « Apprentissage »
- La page « Run avec profil »

**Avant de commencer :**

- Coller la page « Apprentissage » sur la table. Avant de la coller, la positionner et vérifier grossièrement que le robot peut atteindre tous les points.
- Ouvrir l'application **usrPrgLibTrajEx3** sur le pendant

**Chapitre 1 :**

- Mesurer l'outil et renseigner la transformée de votre outil dans la variable TOOL tstylo
- Apprendre la position articulaire **jDepart**
- Sélectionner l'outil **tstylo** dans la page de jog

**Chapitre 2 : Réglage des points**

- Ouvrir l'application **usrPrgEx32**
- Démarrer l'application **usrPrgEx32**
- Dans l'application **usrPrgLibTrajEx3**, régler les points pour que l'épaisseur du trait soit constante sur toute la trajectoire

**Chapitre 3 : Réglage fin du profil :**

- Coller la page « Run avec le profil » précisément sur la page « Apprentissage »
- Ouvrir l'application **usrPrgEx33**
- Démarrer l'application **usrPrgEx33**
- Dans l'application **usrPrgLibTrajEx3**, régler les points pour améliorer le profil au mieux

**Facultatif :**

- Insérer dans la trajectoire les points ci-contre
- Insérer dans le programme deux `movec(...)` pour réaliser les arcs de cercle supplémentaires sur ces deux points.

- Pour chaque chapitre, vous pouvez si vous le souhaitez ouvrir l'application correspondante dans SRS, voire même personnaliser votre propre programme vous-même.

- Apprendre ou saisir tous les points de la trajectoire sur le profil du S de Stäubli
- Sauvegarder l'application **usrPrgLibTrajEx3**
- Ouvrir l'application **usrPrgEx31**
- Démarrer l'application **usrPrgEx31**

**En savoir plus :**

Là encore, tous les mouvements sont linéaires. Par contre, un lissage est appliqué sur tous les points. Vous remarquerez que le robot ne marque plus d'arrêt sur les points. Bien que les valeurs de leave et reach soient dans ce cas élevées, il demeure tout

**En savoir plus :**

En plus du lissage, des mouvements en arc de cercle (instruction VAL 3 `movec()`) ont été utilisés dans le cadre de ce chapitre. Ceci permet de suivre les contours courbés du S beaucoup plus précisément. Par contre, un `movec()` consomme deux points au lieu d'un seul pour le `move`, donc attention au nombre total de points lorsque vous mélangez ces deux types de mouvements sur une même trajectoire.



**En savoir plus :**

Dans le cadre de ce chapitre, tous les mouvements sont linéaires (instruction VAL 3 `move()`), et sont effectués sans lissage. Vous remarquerez que le robot marque un arrêt sur tous les points de la trajectoire.

à fait possible de mettre des valeurs bien plus faibles pour que le robot passe beaucoup plus près des points.

```

1  begin
2  movej(trajLib:jDepart,trajLib:tStylo,mVomSpeed)
3
4  movej(trajLib:pTraj[0],trajLib:tStylo,mTraj[0])
5  movej(trajLib:pTraj[1],trajLib:tStylo,mTraj[1])
6  movej(trajLib:pTraj[2],trajLib:tStylo,mTraj[2])
7  movej(trajLib:pTraj[3],trajLib:tStylo,mTraj[3])
8  movej(trajLib:pTraj[4],trajLib:tStylo,mTraj[4])
9  movej(trajLib:pTraj[5],trajLib:tStylo,mTraj[5])
10 movej(trajLib:pTraj[6],trajLib:tStylo,mTraj[6])
11 movej(trajLib:pTraj[7],trajLib:tStylo,mTraj[7])
12 movej(trajLib:pTraj[8],trajLib:tStylo,mTraj[8])
13 movej(trajLib:pTraj[9],trajLib:tStylo,mTraj[9])
14 movej(trajLib:pTraj[10],trajLib:tStylo,mTraj[10])
15 movej(trajLib:pTraj[11],trajLib:tStylo,mTraj[11])
16 movej(trajLib:pTraj[12],trajLib:tStylo,mTraj[12])
17 movej(trajLib:pTraj[13],trajLib:tStylo,mTraj[13])
18 movej(trajLib:pTraj[14],trajLib:tStylo,mTraj[14])
19 movej(trajLib:pTraj[15],trajLib:tStylo,mTraj[15])
20 movej(trajLib:pTraj[16],trajLib:tStylo,mTraj[16])
21 movej(trajLib:pTraj[17],trajLib:tStylo,mTraj[17])
22 movej(trajLib:pTraj[18],trajLib:tStylo,mTraj[18])
23 movej(trajLib:pTraj[19],trajLib:tStylo,mTraj[19])
24 movej(trajLib:pTraj[20],trajLib:tStylo,mTraj[20])
25
26 movej(trajLib:pTraj[0],trajLib:tStylo,mTraj[0])
27 movej(trajLib:jDepart,trajLib:tStylo,mVomSpeed)
28 waitIndMove()
29 end

```

**Annexe exercice 3**

## EXERCICE N°4 : Repère utilisateurs (FRAMES)

### Matériel :

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Un stylo feutre
- Un mètre à ruban
- Un rouleau de ruban adhésif
- La page «Run avec FRAME sans profil» deux fois

### Avant de commencer :

- Coller la page «Run avec FRAME sans profil» sur la table. Avant de la coller, la positionner et vérifier grossièrement que toute la surface de la feuille soit dans la zone atteignable par le robot.
- Coller la deuxième page «Run avec FRAME sans profil» sur la table, à un

autre endroit et avec une orientation différente de la précédente. Avant de la coller, la positionner et vérifier grossièrement que toute la surface de la feuille soit dans la zone atteignable par le robot.

- Ouvrir l'application **usrPrgEx4** sur le pendant.

### Exécution de la trajectoire « S » dans un repère :

- Mesurer l'outil et renseigner la transformée de votre outil dans la variable **TOOL tstylo**
- Apprendre la position articulaire **JDepart**
- Sélectionner l'outil **tStylo** dans la page d'apprentissage
- Apprendre les points de définition du repère (pOrg, pX et pY) sur la page « Run avec FRAME sans profil »
- Facultatif :

Écrire votre propre séquence de mouvements dans le programme `maTrajectoire()` et modifier le programme `start()` pour qu'il l'exécute.

Lancer l'application **usrPrgEx4**.

Décoller délicatement les deux feuilles et vérifier par transparence que les deux trajectoires dessinées se superposent.

### En savoir plus :

L'utilisation des repères utilisateurs ou FRAME peut permettre de réduire considérablement les temps de réglage et de réapprentissage des points. Cela dit, la mise en œuvre des FRAMES requiert rigueur et précision, notamment au niveau de l'outillage utilisé ainsi que de la méthodologie employée pour leur vérification ou leur définition.

```
begin
nErr=setFrame(pOrgFrame,pXFrame,pYFrame,FFR
movej(jDepart,tStylo,mNomSpeed)

movej(jDepart,tStylo,mNomSpeed)
move1(pTraj[0],tStylo,mTraj[0])
move1(pTraj[1],tStylo,mTraj[1])
movec(pTraj[2],pTraj[3],tStylo,mTraj[3])
movec(pTraj[4],pTraj[5],tStylo,mTraj[5])
move1(pTraj[6],tStylo,mTraj[6])
movec(pTraj[7],pTraj[8],tStylo,mTraj[8])
movec(pTraj[9],pTraj[10],tStylo,mTraj[10])
move1(pTraj[11],tStylo,mTraj[11])
movec(pTraj[12],pTraj[13],tStylo,mTraj[13])
movec(pTraj[14],pTraj[15],tStylo,mTraj[15])
move1(pTraj[16],tStylo,mTraj[16])
movec(pTraj[17],pTraj[18],tStylo,mTraj[18])
movec(pTraj[19],pTraj[20],tStylo,mTraj[20])
move1(pTraj[0],tStylo,mTraj[0])

movej(jDepart,tStylo,mNomSpeed)
waitEndMove()
end
```

### Annexe exercice 4



## EXERCICE N°5 : Échange de pions

### Matériel :

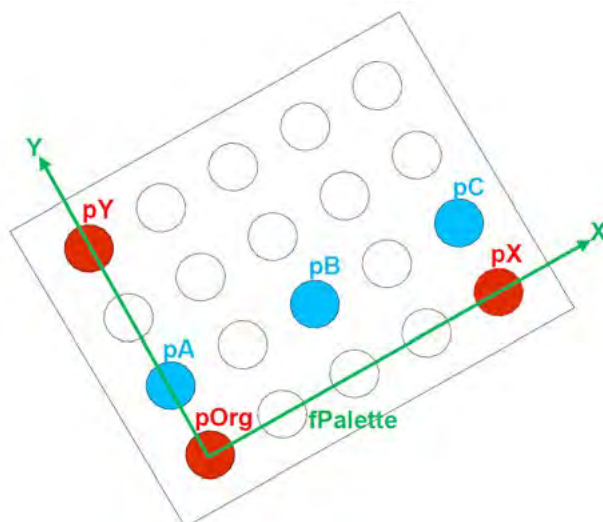
- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Une palette inclinée
- Deux pions
- Facultatif : un PC équipé de Stäubli Robotics Suite

### Avant de commencer :

- Positionner la palette dans l'espace de travail du robot et vérifier grossièrement que toute la surface de la palette soit atteignable par le robot
- Ouvrir l'application **usrPrgEx4** sur le pendant ou dans SRS (après l'avoir téléchargée du robot)
- À chaque modification conséquente de l'application (points, mdesc, trsf...), tester systématiquement un cycle en mode manuel

### Échange de la position de deux pions

- Mesurer l'outil et renseigner la transformée de votre outil dans la variable tool **tPince**
- Apprendre la position articulaire **jDepart**
- Sélectionner l'outil **tPince** dans la page d'apprentissage
- Mettre un pion dans la pince
- Apprendre les points de définition du repère **fPalette**, **pOrg**, **pX** et **pY**, sur les trois positions indiquées sur le dessin ci-dessous, prendre les 3 points autant que possible à la même profondeur
- Pour calculer le repère **fPalette**, lancer l'application **usrPrgEx4**, puis stopper la tout de suite après
- Apprendre le point **pA**
- Régler la distance d'approche/dégagement dans la variable trsf **trAppro**
- Positionner des pions dans la palette, en **pA** et **pC**
- Lancer **usrPrgEx4**, le cycle d'échange va se réaliser sur les trois points **pA**, **pB**, et **pC**
- Déplacer la palette et réapprendre uniquement les points de définition du repère **fPalette**
- Relancer **usrPrgEx4**
- **Mettre du lissage dans les mdesc, régler les temporisations de tPince, et constater les effets sur les mouvements du robot, ainsi que sur le temps de cycle (variable num nTcy).**



## ANNEXES EXERCICE N°5

## Propriétés

Unités: mm, Taille de la pile: 5000

## Librairies

Identifiant: io, Chemin: './ioCS8/ioCS8.pjx', Chargement auto: True

## Types

(aucun)

## Données

### dio

privé diDCY[1]  
privé diFCY[1]  
privé doFCY[1]  
privé doDCY[1]  
privé doVoyantA[1]  
privé doVoyantB[1]  
privé doVoyantC[1]  
privé doValvePince[1]

### bool

privé bFCY[1]  
privé bAppTerminee[1]

### jointRx

privé jDepart[1]

### tool

privé tPince[1]

### mdesc

privé mLent[1]  
privé mRapide[1]

### pointRx

privé pA[1]  
privé pB[1]  
privé pC[1]  
privé pOrg[1]  
privé pX[1]  
privé pY[1]

### frame

privé fPalette[1]

### trsf

privé trAppro[1]

### num

privé nTcy[1]

### cycle ()

num l\_nTInter

```

begin
//Rajouter ci-dessous la gestion de demande de départ cycle
wait(diDCY==true)
//Allumage du voyant du bouton de départ cycle
doDCY=true
//Mouvement sur joint jDepart
movej(jDepart,tPince,mLent)
waitEndMove()
//Cycle principal
do
//Prise en pA
call prise(pA)
doVoyantA=false
//Dépose en pB
call pose(pB)
doVoyantB=true
//Prise en pC
call prise(pC)
doVoyantC=false
//Dépose en pA
call pose(pA)
doVoyantA=true
//Prise en pB
call prise(pB)
doVoyantB=false
//Dépose en pC
call pose(pC)
doVoyantC=true
//Mesure temps de cycle
nTcy=clock()-l_nTInter
l_nTInter=clock()
until bFCY==true
//Eteignage du voyant du bouton de départ cycle
doDCY=false
//Activation du booléen de fin de cycle effective
bAppTerminee=true
end

```

**gestionFCY ()**

```

begin
//Attente d'un appui sur le bouton de fin de cycle
wait(diFCY==true)
//Allumage du voyant du bouton demande de fin de cycle
doFCY=true
//Activation du booléen de fin de cycle
bFCY=true
//Attente fin effective de l'app
wait(bAppTerminee)
//Eteignage du voyant du bouton de fin de cycle
doFCY=false
end

```

**init (bool& x\_bErrorLoadIO, bool& x\_bErrFr1, bool& x\_bErrFr2)**

num l\_nErr

```

begin
//Chargement de la librairie IO correspondante au contrôleur
switch mid(getVersion("System"),1,1)
case "7"
l_nErr=io.libLoad("./ioCS8/ioCS8.pjx")
break

```

```

case "g"
  l_nErr=io:libLoad("./ioCS9/ioCS9.pjx")
break
endSwitch
//Erreur de chargement des IO
if l_nErr!=0
  x_bErrorLoadIO=true
else
  x_bErrorLoadIO=false
  //Calcul du frame
  l_nErr=setFrame(pOrg,pX,pY,fPalette)
  switch l_nErr
  //Frame calculé OK
  case 0
    //Liaison des IO de l'appli avec celle de la librairie
    dioLink(diDCY,io:diDCY)
    dioLink(diFCY,io:diFCY)
    dioLink(doDCY,io:doDCY)
    dioLink(doFCY,io:doFCY)
    dioLink(doVoyantA,io:doVoyantA)
    dioLink(doVoyantB,io:doVoyantB)
    dioLink(doVoyantC,io:doVoyantC)
    dioLink(doValvePince,io:doValve1)
    //Initialisation des sorties voyants sur les boutons start et end
    doFCY=false
    doDCY=false
    //Initialisation des booléens
    bAppTerminee=false
    bFCY=false
    //Calcul des points pB et pC
    pB=compose(pA,fPalette,{50,0,0,0,0,0})
    pC=compose(pA,fPalette,{100,0,0,0,0,0})
    break
  //Erreur de calcul de frame 1
  case -1
    x_bErrFr1=true
    break
  //Erreur de calcul de frame 2
  case -2
    x_bErrFr2=true
    break
  endSwitch
endIf

end

initIO ()

begin
  //Initialiser sorties voyants A, B, et C ci-dessous
  doVoyantA=true
  doVoyantB=false
  doVoyantC=true
end

pose (point x_pPoint)

begin
  movej(appro(x_pPoint,trAppro),tPince,mRapide)
  movel(x_pPoint,tPince,mLent)
  waitEndMove()
  doValvePince=true
  delay(tPince.otime)

```

```

movej(appro(x_pPoint,trAppro),tPince,mRapide)
end

```

**prise** (point x\_pPoint)

```

begin
movej(appro(x_pPoint,trAppro),tPince,mRapide)
movel(x_pPoint,tPince,mRapide)
waitEndMove()
doValvePince=false
delay(tPince.ctime)
movej(appro(x_pPoint,trAppro),tPince,mLent)
end

```

**start** ()

```

bool l_bErrorLoadIO
bool l_bFr1
bool l_bFr2

```

**begin**

```

//Appel des initialisations
call init(l_bErrorLoadIO,l_bFr1,l_bFr2)

```

**if** l\_bErrorLoadIO

```

//Erreur de chargement des IO
logMsg("Erreur de chargement librairie IO. L'application va se terminer.")

```

**elseif** l\_bFr1

```

//Erreur 1 de calcul du frame
logMsg("Erreur de frame : points pOrg et pX trop proches. L'application va se terminer.")

```

**elseif** l\_bFr2

```

//Erreur 2 de calcul du frame
logMsg("Erreur de frame : points pOrg, pX et pY trop alignés. L'application va se terminer.")

```

**else**

```

//Aucune erreur
//Appel des init des IO voyants
call initIO()
//Démarrage de la tâche ce cycle
taskCreate "cycle",100,cycle()
//Démarrage de la tâche de surveillance du bouton FCY
taskCreate "gestionFCY",10,gestionFCY()
endif

```

**end**

**end**

**stop** ()

**begin**

**end**



## EXERCICE N°6 : Palettisation

### Matériel :

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Une palette inclinée en aluminium
- Dix pions en aluminium
- Un mètre à ruban
- Un PC équipé de Stäubli Robotics Suite

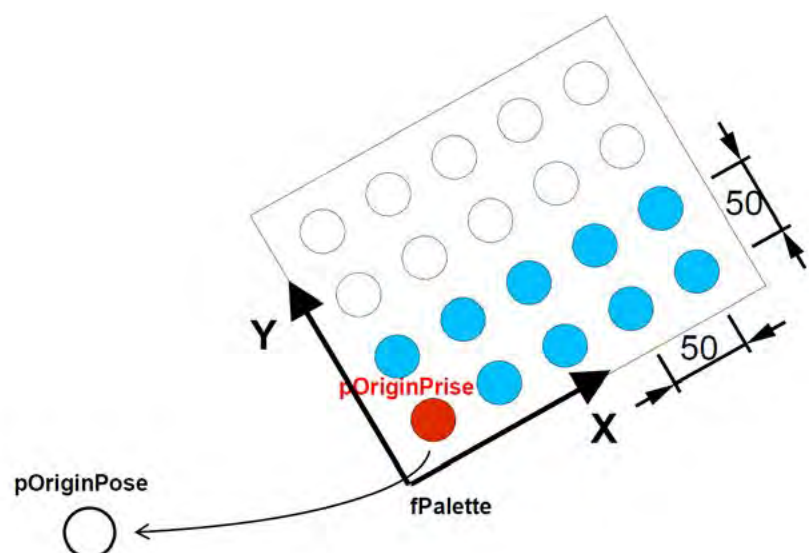
### Avant de commencer :

- Positionner la palette dans l'espace de travail du robot et vérifier grossièrement que toute la surface de la palette soit atteignable par le robot
- Télécharger la configuration modbus depuis les ES du robot réel et redémarrer l'émulateur dans SRS
- Créer une application, éventuellement à partir du modèle **modelePrgEx5** présent sur le robot réel

### Dé-palettisation puis empilage des pions

- Les seuls points appris sont **jDepart**, **pOriginPose**, **pOriginPrise**, et les trois points de définition du frame **fPalette** (voir dessin ci-dessous) :
  - les autres points de la palette seront calculés avec l'instruction VAL 3 **compose()**
  - les positions d'approche et de départ sur les prises / dépose seront calculées avec l'instruction **appro()**
- Il est demandé d'écrire des sous-programmes pour les opérations de prise et de dépose
- Le démarrage du cycle se fait en appuyant sur un bouton poussoir sur la dalle tactile

- Le cycle est le suivant :
  - le robot se rend sur **jDepart**
  - le robot prend un pion dans la palette inclinée
  - le robot empile le pion sur la table
  - le robot répète les **deux** actions précédentes tant qu'il reste des pions dans la palette (dix maximum)
- Pendant le cycle, si le robot se trouve à moins de 10% de la distance d'approche par rapport au point de prise courant, un voyant s'allume sur la dalle tactile.



### Conseils de mise en œuvre :

- Commencer par programmer une simple opération de transfert de la première position de la palette vers la première position de la pile (les points d'approche de prise et dépose sont calculés avec **appro**)
- Déplacer l'opération de prise dans la palette dans un sous-programme prenant le point de prise en paramètre, et l'opération de dépose sur la pile dans un autre sous-programme prenant le point de dépose en paramètre
- Englober l'opération de transfert dans une boucle **for** et ajouter le calcul de décalage en X dans la palette utilisant l'indice de la boucle, puis le calcul de décalage en hauteur sur la pile de dépose (les deux décalages se font avec **compose**)
- Englober la première boucle **for** dans une seconde boucle **for** pour la gestion de la seconde ligne, et modifier les calculs de décalage palette et pile pour prendre en compte l'indice de cette nouvelle boucle

### En savoir plus :

Les instructions de calcul utilisées dans cet exercice se retrouvent très souvent dans les applications robotisées. Il est très important de bien comprendre qu'**appro()** permet de calculer des points sur la base de décalage par rapport au repère outil (ou aux axes propres du point, ce qui revient au même), alors que **compose()** se base sur les axes d'un repère utilisateur **frame**.

## ANNEXES EXERCICE N°6

### Propriétés

Unités: mm, Taille de la pile: 5000

### Librairies

(aucun)

### Types

(aucun)

### Données

#### frame

privé fPalette[1]

#### jointRx

privé jDepart[1]

#### mdesc

privé mRapide[1]

Publique nom\_speed[1]

#### num

privé nApproZ[1]

privé nHautPion[1]

privé nNbColonne[1]

privé nNbligne[1]

privé nPasColonne[1]

privé nPasLigne[1]

#### dio

privé diDcy[1]

privé doVoyPrise[1]

#### pointRx

privé pOriginPose[1]

privé pOriginPrise[1]

#### tool

privé tPince[1]

#### bool

privé bFinCycle[1]

**palette ()**

```
num l_nColonne
num l_nLigne
num l_nNumPiece
point l_pPose
point l_pPrise
trsf l_trDecalPal
trsf l_trDecalpile
num l_nPile
```

**begin**

```
//Initialisation nombre total de colonne et ligne
nNbColonne=5
nNbLigne=2
//Hauteur du pion
nHautPion=40
```

```
//Distance entre cavités dans une direction
nPasColonne=50
//Distance entre cavités dans l'autre direction
nPasLigne=50
//Distance d'approche sur prise et dépose
nApproZ=100
//Attente signal de départ cycle
wait(diDcy==true)
//Ouverture pince
open(tPince)
//Boucle principale
for l_nLigne=0 to nNbLigne-1
  for l_nColonne=0 to nNbColonne-1
    //Calcul des décalages pour le point de prise
    l_trDecalPal={l_nColonne*nPasColonne,l_nLigne*nPasLigne,0,0,0}
    //Calcul du point de prise à partir du point d'origine
    l_pPrise=compose(pOriginPrise,fPalette,l_trDecalPal)
    //Calcul de l'indice de la position de dépose dans la pile
    //sur la base des indices de la palette
    l_nPile=l_nColonne+nNbColonne*l_nLigne
    l_trDecalpile={0,0,l_nPile*nHautPion,0,0,0}
    l_pPose=compose(pOriginPose,world,l_trDecalpile)
    //Prise du pion dans la palette
    call prise(l_pPrise,nApproZ)
    //Dépose du pion sur la pile
    call pose(l_pPose,nApproZ)
  endFor
endFor
movej(jDepart,tPince,mRapide)
waitEndMove()
end
```

**pose (point x\_pPt, num x\_nDistance)**

```
trsf l_trApp
```

**begin**

```
l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
movel(x_pPt,tPince,nom_speed)
open(tPince)
movel(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
end
```

**prise (point x\_pPt, num x\_nDistance)**

```
trsf l_trApp
```

```
begin  
  tPince.gripper=true  
  l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}  
  movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)  
  movel(x_pPt,tPince,nom_speed)  
  wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)<=x_nDistance/10)  
  doVoyPrise=true  
  close(tPince)  
  movel(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)  
  wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)>x_nDistance/10)  
  doVoyPrise=false  
end
```

```
start ()
```

```
begin  
  resetMotion(jDepart)  
  taskCreate "robot",100,palette()  
end
```

```
stop ()
```

```
begin  
  popUpMsg("Pending movement commands have been canceled")  
  resetMotion()  
end
```

## EXERCICE N°7 : Gestion d'un cycle de production

### Matériel :

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Une palette inclinée
- Deux pions
- Facultatif : un PC équipé de Stäubli Robotics Suite

### Avant de commencer :

- Vérifier que la palette n'a pas été déplacée
- Ramener le robot successivement sur les trois points de définition du frame **fPalette**, les réapprendre si besoin
- Recharger l'application de l'exercice 5 et en faire une copie

### Gestion des différents aspects d'une cellule

- Le cycle démarre quand le bouton poussoir **départ cycle** est pressé
- Le cycle se déroule jusqu'à ce que le bouton poussoir **fin de cycle** soit pressé
- Si **fin de cycle** est pressé :
  - le robot termine le transfert en cours et s'arrête sur **jDepart**.
  - les indices en cours de la palette et de la pile sont sauvegardés dans une librairie **data**.
- Si **départ cycle** est ensuite pressé, le robot reprend l'exécution du cycle sur la position palette suivante
- Le bouton poussoir **fin de cycle** est surveillé dans une tâche parallèle
- Une autre tâche gère un voyant :
  - si le robot est en cycle, le voyant est allumé.
  - si une demande de fin de cycle a été reçue, le voyant clignote à une fréquence de 1Hz.
  - si le cycle est terminé (ou pas encore démarré), le voyant est éteint.
- Lorsque la dé-palettisation est terminée, le robot passe en condition de fin de cycle et l'application s'arrête.

### Conseils de mise en œuvre :

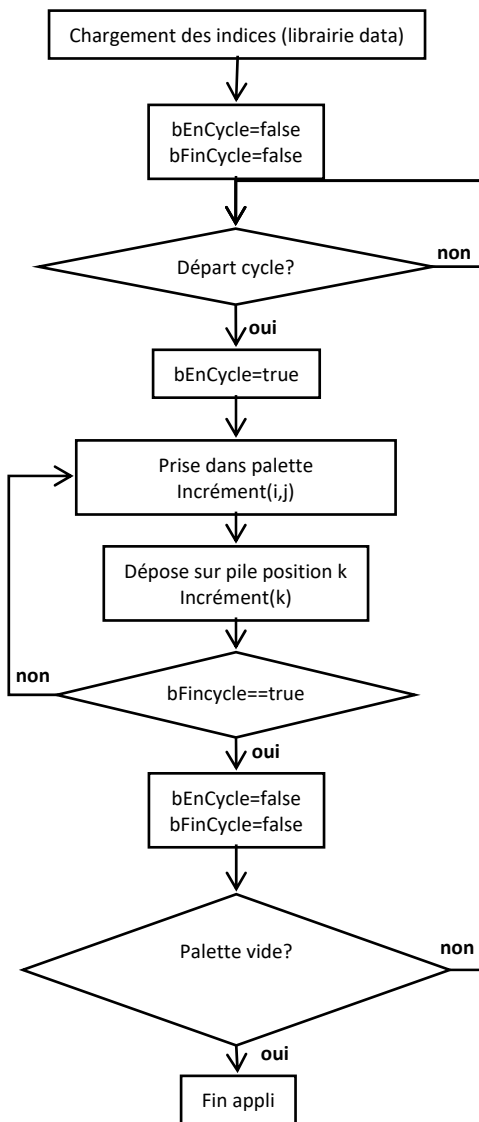
- Écrire un programme pour faire le cycle robot (déjà fait pour l'exercice 5)
- Écrire un programme pour la gestion du voyant
- Écrire un programme qui scanne le bouton de fin de cycle
- Faire tourner ces trois programmes dans trois tâches parallèles
- Réaliser la communication entre les tâches à l'aide de variables booléennes

### En savoir plus :

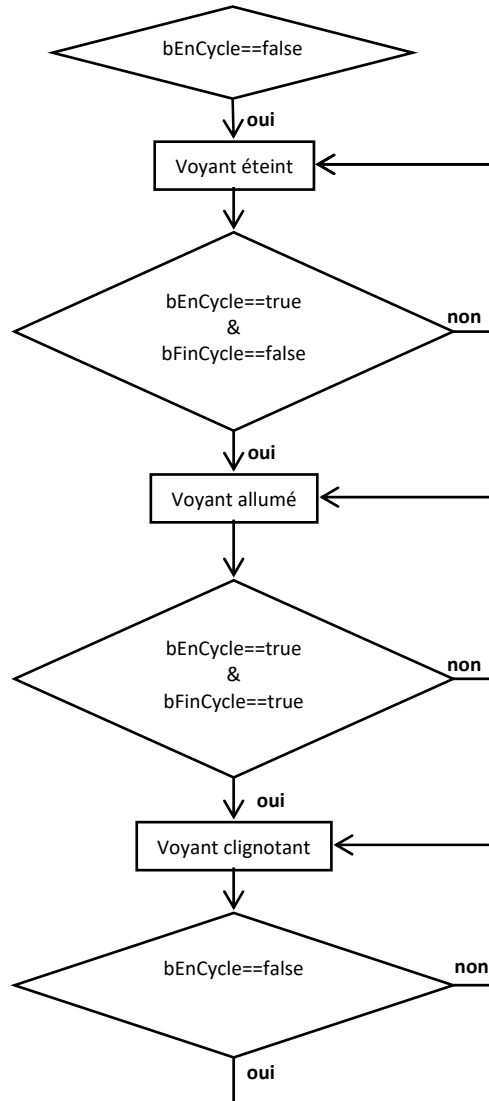
Le multitâche permet de gérer en parallèle les unes des autres plusieurs actions qui ne nécessitent pas ou ne peuvent pas s'exécuter en séquence. Dans le cas de cet exercice, la gestion du voyant ne peut pas se faire séquentiellement avec les mouvements du cycle robot, sinon il serait impossible de maintenir une fréquence de clignotement raisonnablement fixe.



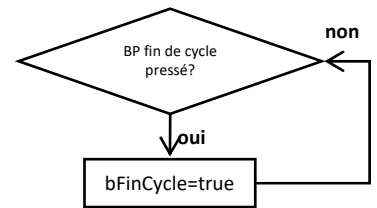
### Gestion du cycle



### Gestion du voyant



### Gestion du BP fin de cycle



ANNEXES EXERCICE N°7

**Propriétés**

Unités: mm, Taille de la pile: 5000

**Librairies**

Identifiant: data, Chemin: 'Disk://prgLibDataEx6/prgLibDataEx6.pjx', Chargement auto: True

**Types**

(aucun)

**Données**

**frame**

privé fPalette[1]

**jointRx**

privé jDepart[1]

**mdesc**

privé mRapide[1]

Publique nom\_speed[1]

**num**

privé nApproZ[1]

privé nHautPion[1]

privé nNbColonne[1]

privé nNbligne[1]

privé nPasColonne[1]

privé nPasLigne[1]

**dio**

privé doVoyPrise[1]

privé diDepartCycle[1]

privé doVoyant[1]

privé diFinCycle[1]

**pointRx**

privé pOriginPose[1]

privé pOriginPrise[1]

**tool**

privé tPince[1]

**bool**

privé bFinCycle[1]

privé bEnCycle[1]

privé bCycleFini[1]

**bpFinDeCycle ()**

**begin**

**while** !bCycleFini

**if** diFinCycle==true

bFinCycle=true

**endif**

delay(0)

**endWhile**

**end**

**palette ()**

```

num l_nColonne
num l_nLigne
num l_nNumPiece
point l_pPose
point l_pPrise
trsf l_trDecalPal
trsf l_trDecalpile
num l_nPile

begin
//Initialisation nombre total de colonne et ligne
nNbColonne=5
nNbLigne=2
//Hauteur du pion
nHautPion=40
//Distance entre cavités dans une direction
nPasColonne=50
//Distance entre cavités dans l'autre direction
nPasLigne=50
//Distance d'approche sur prise et dépose
nApproZ=100
//Condition de la boucle principale
bCycleFini=false
//Ouverture pince
open(tPince)
//Boucle principale
while !bCycleFini
//Reset booléen en cycle
bEnCycle=false
//Attente entrée départ cycle
wait(diDepartCycle==true)
//Reset du booléen de fin de cycle
bFinCycle=false
//Passage en cycle
bEnCycle=true
//Boucle de cycle unitaire
while !bFinCycle
//Calcul des décalages pour le point de prise
l_trDecalPal={data:nColonne*nPasColonne,data:nLigne*nPasLigne,0,0,0}
//Calcul du point de prise à partir du point d'origine
l_pPrise=compose(pOriginPrise,fPalette,l_trDecalPal)
//Calcul de l'indice de la position de dépose dans la pile
//sur la base des indices de la palette
l_nPile=data:nColonne+nNbColonne*data:nLigne
//Calcul du décalage du point de dépose dans la pile
l_trDecalpile={0,0,l_nPile*nHautPion,0,0,0}
//Calcul du point de dépose dans la pile
l_pPose=compose(pOriginPose,world,l_trDecalpile)
//Prise du pion dans la palette
call prise(l_pPrise,nApproZ)
//Dépose du pion sur la pile
call pose(l_pPose,nApproZ)
//Incrémenter de l'indice de colonne
data:nColonne=(data:nColonne+1)%nNbColonne
//Incrémenter de l'indice de ligne
if data:nColonne==0
data:nLigne=(data:nLigne+1)%nNbLigne
if data:nLigne==0
bFinCycle=true
endif
endif
endWhile
//Sauvegarde des indices dans la librairie data
data:libSave()
//Retour à jDepart
movej(jDepart,tPince,mRapide)
waitEndMove()
//Plus en cycle
bEnCycle=false

bFinCycle=false
//Si les indices sont de retours à 0, la palette est finie, donc on arrête l'appli
if data:nLigne==0 and data:nColonne==0
bCycleFini=true
endif
endWhile
end

```

**pose** (point x\_pPt, num x\_nDistance)

trsf l\_trApp

**begin**

```
l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
movej(x_pPt,tPince,nom_speed)
open(tPince)
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
```

**end**

**prise** (point x\_pPt, num x\_nDistance)

trsf l\_trApp

**begin**

```
tPince.gripper=true
l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
movej(x_pPt,tPince,nom_speed)
wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)<=x_nDistance/10)
doVoyPrise=true
close(tPince)
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)>x_nDistance/10)
doVoyPrise=false
```

**end**

**start** ()

**begin**

```
resetMotion(jDepart)
taskCreate "robot",10,palette()
taskCreate "voyant",20,voyant()
taskCreate "bpFinDeCycle",20,bpFinDeCycle()
```

**end**

**stop** ()

**begin**

```
popUpMsg("Pending movement commands have been canceled")
resetMotion()
```

**end**

**voyant** ()

num l\_nClockMem

**begin**

```
l_nClockMem=clock()
while !bCycleFini
if bEnCycle
if !bFinCycle
//Voyant allumé
doVoyant=true
else
//Voyant clignotant
if clock()-l_nClockMem>=0.5
doVoyant=!doVoyant
l_nClockMem=clock()
endif
endif
else
//Voyant eteint
doVoyant=false
endif
delay(0)
endWhile
//Extinction du voyant en fin d'application
doVoyant=false
```

**end**

## EXERCICE N°8 : Gestion d'une cellule

### Matériel :

- Un système robot complet : un bras, un contrôleur et un pendant d'apprentissage
- Une palette inclinée en aluminium
- Dix pions en aluminium
- Un mètre à ruban
- Un PC équipé de Stäubli Robotics Suite

### Avant de commencer :

- Vérifier que la palette n'a pas été déplacée
- Ramener le robot successivement sur les trois points de définition du frame **fPalette**, les réapprendre si besoin
- Recharger l'application de l'exercice 6 et en faire une copie

### Rajouter la gestion du robot

- Gestion des cas d'arrêts inopinés du robot :
  - si un arrêt d'urgence est enclenché (ou une porte ouverte), le signaler à l'utilisateur via une popup sur le pendant, et lui demander de le déverrouiller
  - si le mode de marche n'est pas automatique déporté, le signaler à l'utilisateur via une popup sur le pendant, et lui demander de passer sur ce mode
  - si les mouvements sont verrouillés (MOVE/HOLD), le signaler à l'utilisateur via une popup sur le pendant, et lui demander de les autoriser
  - si les conditions le permettent (mode de marche, AU...), mettre le bras sous puissance
- Suite à un arrêt inopiné :
  - le voyant clignote à une fréquence de 2.5 Hz tant que le cycle n'a pas repris
  - une fois les conditions réunies, demander un nouveau départ cycle pour reprendre le cycle
  - lors de la reprise de cycle, la vitesse moniteur sera réglée à 10%



ANNEXES EXERCICE N°8

## Propriétés

Unités: mm, Taille de la pile: 5000

## Librairies

Identifiant: data, Chemin: 'Disk://prgLibDataEx6/prgLibDataEx6.pjx', Chargement auto: True

## Types

(aucun)

## Données

### mdesc

privé mRapide[1]  
Publique nom\_speed[1]

### num

privé nApproZ[1]  
privé nHautPion[1]  
privé nNbColonne[1]  
privé nNbligne[1]  
privé nPasColonne[1]  
privé nPasLigne[1]

### tool

privé tPince[1]

### bool

privé bFinCycle[1]  
privé bEnCycle[1]  
privé bArret[1]  
privé bCycleFini[1]  
privé bDepartCycle[1]

### dio

privé diDepartCycle[1]  
privé doVoyant[1]  
privé doVoyPrise[1]  
privé diFinCycle[1]

### frame

privé fPalette[1]

### pointRx

privé pOriginPrise[1]  
privé pOriginPose[1]

### jointRx

privé jDepart[1]

### bpFCYDCY ()

### begin

```

while !bCycleFini
//Si le signal de départ cycle est reçu
if diFinCycle==true
//Signalement de la demande de fin de cycle
bFinCycle=true
endif
if diDepartCycle==true
//Signalement de la demande de fin de cycle

```

```

    bDepartCycle=true
endif
    delay(0)
endWhile
end

gestionRobot ()

num L_nMode
num L_nStatus
num L_nTimer [6]

begin
//Initialisation du timer pour la remise sous puissance
L_nTimer[0]=L_nTimer[1]=L_nTimer[2]=L_nTimer[3]=L_nTimer[4]=clock()
//Initialisation des booléens pour l'affichage des popups
while !bCycleFini
//Récupération du mode de marche courant et de l'état du générateur de mouvements
L_nMode=workingMode(L_nStatus)
if esStatus()==2 or esStatus()==3
//-- Gestion de l'arrêt d'urgence
//Affichage du message
if clock()-L_nTimer[0]>=5
    popUpMsg("Arrêt d'urgence enclenché, porte ouverte, ou reset nécessaire. Résoudre le problème pour continuer.")
    L_nTimer[0]=clock()
endif
//Signalement de l'arrêt, et plus en cycle
bArret=true
bEnCycle=false
elseif L_nMode!=4
//-- Gestion du mode de marche
//Affichage du message
if clock()-L_nTimer[1]>=5
    popUpMsg("Mettre le robot en mode Automatique Déporté.")
    L_nTimer[1]=clock()
endif
//Signalement de l'arrêt, et plus en cycle
bArret=true
bEnCycle=false
elseif !isPowered()
//-- Gestion de la puissance bras
//Mise sous puissance
if clock()-L_nTimer[2]>=2
    enablePower()
    L_nTimer[2]=clock()
endif
//Signalement de l'arrêt, et plus en cycle
bArret=true
bEnCycle=false
elseif L_nStatus==2 and isPowered()
//-- Mouvement de connexion
//Affichage du message
if clock()-L_nTimer[3]>=3
    popUpMsg("Appuyer sur/maintenir MOVE/HOLD pour autoriser les mouvements.")
    L_nTimer[3]=clock()
endif
//Pour éviter un mouvement de connexion inutile
restartMove()
//Signalement de l'arrêt, et plus en cycle
bArret=true
bEnCycle=false
elseif !bEnCycle and !bDepartCycle and L_nStatus==0
//-- Gestion du départ cycle
//Blocage des mouvements pour attendre départ cycle
stopMove()
//Affichage du message
if clock()-L_nTimer[5]>=3
    popUpMsg("Faire un départ cycle.")
    L_nTimer[5]=clock()

```

```

endIf
elseif bDepartCycle
  //-- Gestion du redémarrage
  //Redémarrage des mouvements à basse vitesse
  setMonitorSpeed(10)
  restartMove()
  //Annulation de l'arrêt, retour en cycle
  bArret=false
  bEnCycle=true
  bDepartCycle=false
endIf
delay(0)
endWhile
end

```

### palette ()

```

num l_nColonne
num l_nLigne
num l_nNumPiec
point l_pPose
point l_pPrise
trsf l_trDecalPal
trsf l_trDecalpile
num l_nPile

begin
  //Initialisation nombre total de colonne et ligne
  nNbColonne=5
  nNbligne=2
  //Hauteur du pion
  nHautPion=40
  //Distance entre cavités dans une direction
  nPasColonne=50
  //Distance entre cavités dans l'autre direction
  nPasLigne=50
  //Distance d'approche sur prise et dépose
  nApproZ=100
  //Ouverture pince
  open(tPince)
  //Boucle principale
  while !bCycleFini
    //Reset booléen en cycle
    bEnCycle=false
    //Attente booléen départ cycle
    wait(bDepartCycle or bEnCycle)
    //Reset du booléen de fin de cycle
    bFinCycle=false
    //Passage en cycle
    bEnCycle=true
    //Boucle de cycle unitaire
    while !bFinCycle
      //Calcul des décalages pour le point de prise
      l_trDecalPal={data:nColonne*nPasColonne,data:nLigne*nPasLigne,0,0,0,0}
      //Calcul du point de prise à partir du point d'origine
      l_pPrise=compose(pOriginPrise,fPalette,l_trDecalPal)
      //Calcul de l'indice de la position de dépose dans la pile
      //sur la base des indice de la palette
      l_nPile=data:nColonne+nNbColonne*data:nLigne
      //Calcul du décalage du point de dépose dans la pile
      l_trDecalpile={0,0,l_nPile*nHautPion,0,0,0}
      //Calcul du point de dépose dans la pile
      l_pPose=compose(pOriginPose,world,l_trDecalpile)
      //Prise du pion dans la palette
      call prise(l_pPrise,nApproZ)
      //Dépose du pion sur la pile
      call pose(l_pPose,nApproZ)
      //Incrémentement de l'indice de colonne
      data:nColonne=(data:nColonne+1)%nNbColonne
    endwhile
  endwhile
end

```

```

//Incrémation de l'indice de ligne
if data:nColonne==0
  data:nLigne=(data:nLigne+1)%nNbligne
  if data:nLigne==0
    bFinCycle=true
  endif
endif
endWhile
//Sauvegarde des indices dans la librairie data
data:libSave()
//Retour à jDepart
movej(jDepart,tPince,mRapide)
waitEndMove()
//Plus en cycle
bEnCycle=false
bFinCycle=false
//Reset du booléen de départ cycle
bDepartCycle=false
//Si les indices sont de retours à 0, la palette est finie, donc on arrête l'appli
if data:nLigne==0 and data:nColonne==0
  bCycleFini=true
endif
endWhile
end

```

**pose** (point x\_pPt, num x\_nDistance)

trsf l\_trApp

**begin**

```

l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
movel(x_pPt,tPince,nom_speed)
open(tPince)
movel(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)

```

**end**

**prise** (point x\_pPt, num x\_nDistance)

trsf l\_trApp

**begin**

```

tPince.gripper=true
l_trApp={0,0,-x_nDistance,0,0,0}
movej(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
movel(x_pPt,tPince,nom_speed)
wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)<=x_nDistance/10)
doVoyPrise=true
close(tPince)
movel(appro(x_pPt,l_trApp),tPince,nom_speed)
wait(distance(here(tPince,world),x_pPt)>x_nDistance/10)
doVoyPrise=false

```

**end**

**start** ()

**begin**

```

//Initialisation des booléens de gestion du cycle
bArret=false
bDepartCycle=false
bFinCycle=false
bCycleFini=false
bEnCycle=false
//Creation des tâches d'automatisme
taskCreate "voyant",20,voyant()
taskCreate "bpFCYDCY",20,bpFCYDCY()
taskCreate "gestionRobot",20,gestionRobot()
//Mouvement de connexion vers jDepart

```

```

resetMotion(jDepart)
movej(jDepart,tPince,mRapide)
waitEndMove()
//Création de la tâche de cycle
taskCreate "robot",100,palette()
end

```

**stop ()**

```

begin
  popUpMsg("Pending movement commands have been canceled")
  resetMotion()
end

```

**voyant ()**

num l\_nClockMem

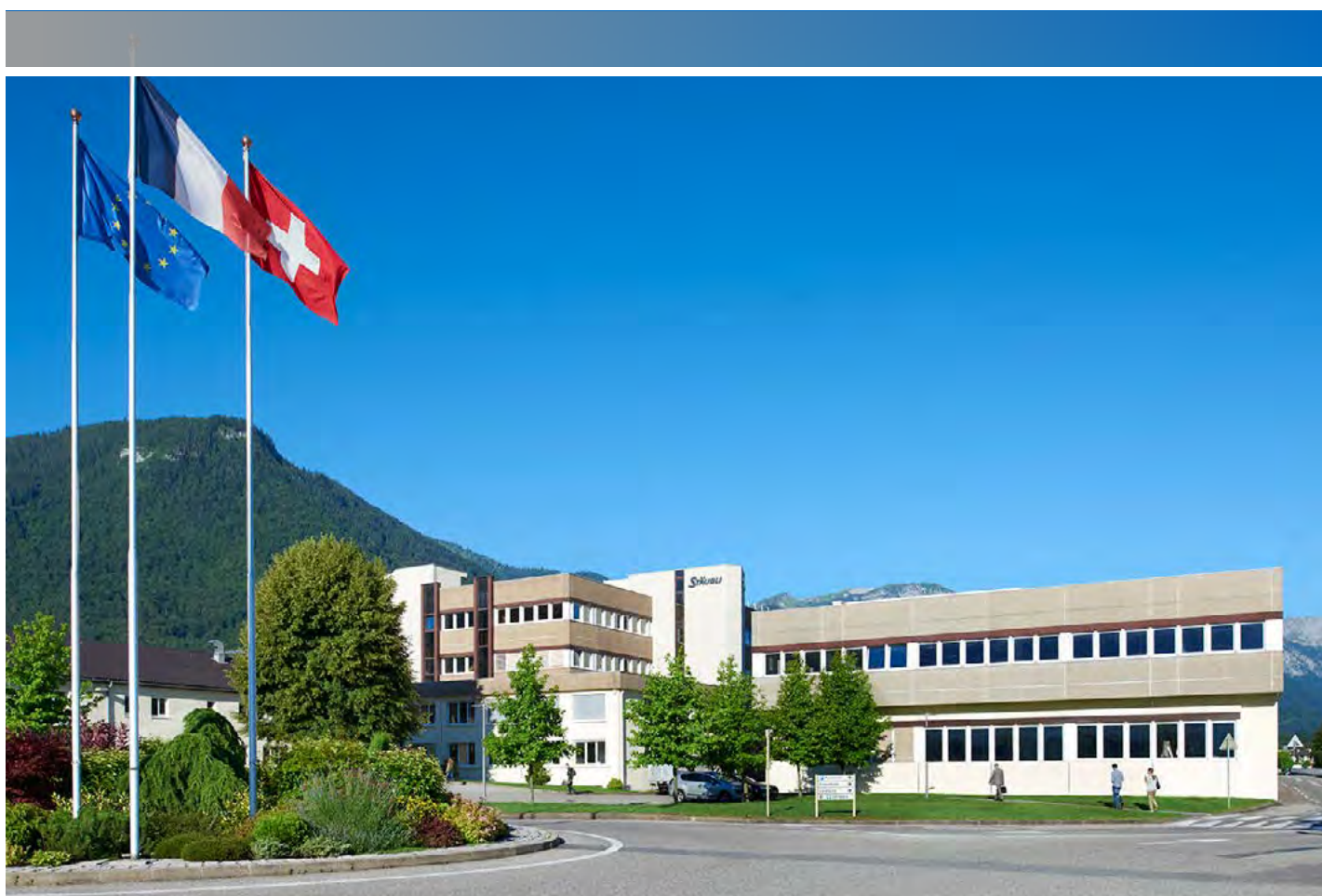
```

begin
  l_nClockMem=clock()
  while !bCycleFini
    if bEnCycle
      if !bFinCycle
        //Voyant allumé
        doVoyant=true
      else
        //Voyant clignotant à 1Hz
        //Si 0.5s se sont écoulées
        if clock()-l_nClockMem>=0.5
          //Inversement de l'état de la sortie
          doVoyant=!doVoyant
          //Reset du timer
          l_nClockMem=clock()
        endif
      endif
    else
      if bArret
        //Voyant clignotant à 2.5Hz
        //Si 0.2s se sont écoulées
        if clock()-l_nClockMem>=0.2
          //Inversement de l'état de la sortie
          doVoyant=!doVoyant
          //Reset du timer
          l_nClockMem=clock()
        endif
      else
        //Voyant eteint
        doVoyant=false
      endif
    endif
    delay(0)
  endWhile
  //Extinction du voyant en fin d'application
  doVoyant=false
end

```



# XX. Stäubli



Usine de Faverges



## A. Nos activités

Le groupe Stäubli est un fournisseur mondial de solutions mécatroniques organisé autour de trois pôles d'activité : Textile, Connectors et Robotics.

Présent dans 29 pays, avec des agents répartis sur 60 pays et cinq continents, Stäubli compte pas moins de 5 500 collaborateurs.

Tout commence en 1892 à Horgen (Suisse) avec «Schelling & Stäubli», un petit atelier spécialisé dans le marché textile, expert en fabrication de ratières.

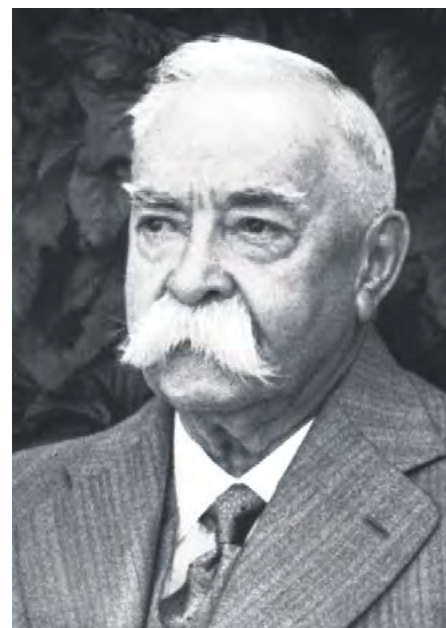
Très vite, le succès des ratières « Schelling & Stäubli » se fait connaître auprès de nombreux tisseurs en Suisse et à l'étranger.

Son fondateur, Hermann Stäubli, décide en 1909 de s'installer à Faverges en France pour se rapprocher des soieries.

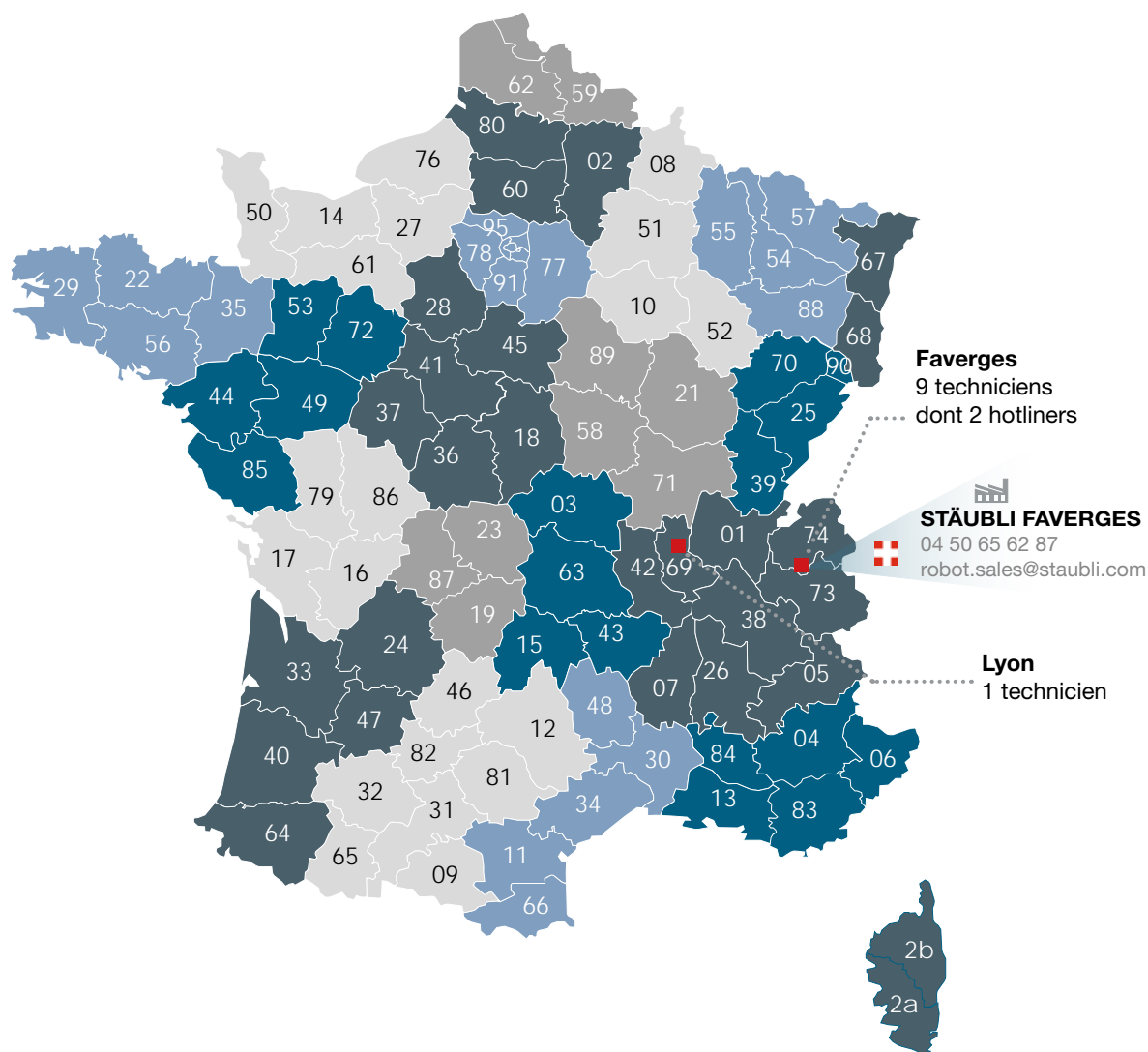
Les années 1950 marquent un tournant : l'entreprise se diversifie en se lançant dans la fabrication de raccords rapides pour tous types d'énergies (fluide et électricité).

Visionnaire, l'entreprise Stäubli parie dès les années 1980 sur l'électronique : la filiale Stäubli Robotics dédiée à la robotique industrielle est née, toujours située à Faverges.

En 2017, une extension de 1000m<sup>2</sup> a été réalisée afin d'accueillir un showroom au plus près de l'outil de production qui intègre également un centre d'essais et un centre de formation : chaque année, plus de mille personnes viennent se former sur l'utilisation des robots Stäubli.



Hermann Stäubli en 1884





## 1. L'activité Textile

### Une technologie innovante axée sur la productivité.

L'industrie du tissage a fait confiance à Stäubli en tant que fournisseur de solutions éprouvées depuis plus d'un siècle déjà. L'activité Textile offre des machines innovantes à grande vitesse, des systèmes et des solutions d'automatisation pour :

- Préparation du tissage
- Tissage par cadres
- Tissage Jacquard
- Tissage tapis
- Fabrication de tissus techniques
- Tricotage de chaussettes



## 2. L'activité Raccords

### Des solutions de connexions conçues pour la sécurité et la fiabilité.

Stäubli couvre les besoins de connexions pour tous les types d'énergie (fluide, gaz, électricité). Nos produits allient performance, qualité, sécurité et durabilité.

#### Raccords pour fluides :

- Raccords rapides : pneumatique, hydraulique, tout fluide, refroidissement, air respirable, carburant alternatif, applications électriques et autres
- Systèmes de raccords multiples :

connexion simultanée de toutes vos conduites de fluide et lignes électriques

- Changement rapide de moule : systèmes magnétiques, à baïonnette et hydrauliques
- Changeur d'outils pour robots : allant des applications de charges légères aux applications de charges lourdes

#### Raccords électriques :

- Connecteurs électriques destinés au transfert de puissance, et de données à la fibre optique et aux applications coaxiales

- Connecteurs pour les énergies renouvelables
- Accessoires de test et de mesure



### 3. L'activité Robotique

#### Vitesse et précision inégalées pour une productivité sans précédent.

Stäubli Robotics fournit des avantages techniques marquants en termes de productivité, de vitesse élevée, de résistance et de flexibilité :

- Une gamme complète de robots 4 et 6 axes conçus pour la manipulation de charges de 500g à 190kg.

- Contrôleurs : une plateforme de contrôle unique pour toute la gamme de robots Stäubli
- Logiciel : nous offrons un système commun permettant à toutes vos solutions robotiques de parler le même langage.
- Nombreuses options envisageables pour le matériel.  
Exemple : calibration absolue des bras robotisés.



### 4. La présence de Stäubli dans le monde



Partout dans le monde, Stäubli est au service des clients qui souhaitent augmenter leur productivité industrielle tout en assurant la qualité, la fiabilité et la sécurité de leurs produits.

Pionnier dans la fabrication de systèmes de connexions rapides, le groupe couvre les

besoins de connexion pour tous les types de fluides, gaz, alimentation électriques et données. L'activité robotique est un acteur international majeur en automatisation industrielle qui fournit en permanence des services d'ingénierie aussi efficaces et fiables que son assistance technique. Stäubli fabrique tout une gamme de sys-

tèmes performants pour l'industrie du tissage et propose des solutions personnalisés à ses clients. Notre passion pour la qualité et l'innovation, issue de notre longue expérience industrielle, est le moteur essentiel de nos actions.



B. Historique de la division Robotique



Création de la société Unimation (États-Unis)

Rachat de la société Unimation

Robots TX 6 axes  
Nouvelle génération de robots avec contrôleur CS8C

1982

1992

2005

1954

1989

2004

Création de l'activité Robotics de Stäubli

Rachat de l'activité Robotics de Bosch-Rexroth



Robots RX 6 axes  
Nouvelle génération de robots équipés de réducteurs brevetés JCS





Gamme TS SCARA  
Robot 4 axes RS20



Robot 4 axes  
FAST picker TP80



Robots TX2 6 axes  
Nouvelle génération de robots TX2, garant de la sécurité intégrée et contrôleur CS9  
Nouvelle étape dans la collaboration Homme-Machine



HelMo, le 1er robot mobile et autonome  
Gamme TS2 pour environnements sensibles

2010

2013

2018

2007

2012

2016

2019

Logiciel de développement, simulation, maintenance et suivi d'applications robotisées

**STÄUBLI**  
**RoboticsSuite**

Robot TX200  
uniVAL drive



Gamme de robots SCARA TS2  
Stäubli Robotics Suite 2019  
Robot TX2touch  
Acquisition de 70% du capital de WFT





# XXI. Stäubli, partenaire de l'enseignement







La robotique s'installe chaque jour un peu plus dans nos industries, les futurs diplômés sont ou seront confrontés, au quotidien, à ces nouvelles technologies.

Cet essor génère de nombreuses créations d'emplois industriels.

Les clients utilisateurs, intégrateurs et fabricants de robots sont donc très attentifs à la bonne formation des compétences de demain.

En tant qu'industriel français, nous avons un rôle supplémentaire à jouer, celui de rapprocher le système éducatif du monde professionnel.

**Notre volonté : valoriser nos industries et susciter des vocations.**

Pour cela nous proposons, toute l'année, des visites de notre entreprise (seul site de production français de robots 4 et 6 axes),

des interventions en classe devant les élèves, la fourniture de matériels... afin de mettre en lumière les métiers de l'industrie et de démystifier la robotique industrielle.

Stäubli s'engage aux côtés de l'enseignement pour une collaboration durable.

Nous accueillons plus de 30 alternants et 70 stagiaires chaque année.

## A. Formation des étudiants

### 1. Conférences dans les établissements

Stäubli s'engage sur la durée et se propose d'accompagner les établissements toute l'année.

Nous intervenons devant élèves et enseignants en proposant des thèmes personnalisés :

- Le marché de la robotique mondiale
- Les principes de la robotique (pourquoi robotiser, quels sont les bénéfices?, etc...)
- Les applications en vidéo
- Des sujets plus techniques : composants d'un robot, sécurité, maintenance...

**Année scolaire 2018-2019 :**

**Plus de 700 jeunes ont assisté à nos présentations**



### 2. Visite de notre site de production

Afin de donner aux étudiants une image concrète du milieu industriel et de la robotique, Stäubli leur propose de venir visiter son site de production de plus de 1400 personnes à Faverges en Haute-Savoie (seul site de production de robots industriels 4 et 6 axes en France).

Au cours de la journée, les équipes Stäubli leur présentent l'entreprise et ses produits, ses différents services, ainsi que ses at-

eliers et lignes de production.

Lors de ces visites, lycéens et étudiants ont l'occasion de :

- Découvrir l'atelier de production (usinage, traitements thermiques avec ses cellules robotisées, etc...)
- Assister au montage des robots

- Participer à des démonstrations de robots en application

- Découvrir les différents services d'une entreprise au travers de témoignages des Ressources Humaines et d'employés : Recherche & Développement, Commercial, Formation, Marketing, Support Clients, etc...



**Année scolaire 2018-2019 :**  
**Plus de 900 jeunes ont assisté à nos présentations**

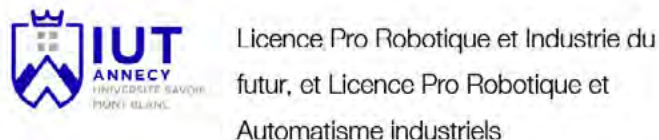
### 3. Formation dans les établissements ou chez Stäubli

Nous sommes sollicités chaque année par de nombreuses écoles et universités pour intervenir devant les élèves.

Nous nous déplaçons sur site ou accueillons les étudiants dans notre centre de formation, et formons des élèves de plusieurs établissements.

**150 à 200 jeunes formés par nos équipes chaque année**

À titre d'exemple, nous intervenons tous les ans dans les établissements suivants :



### 4. Étude de cas

Nous proposons également des études de cas techniques aux étudiants.

Exemple de l'École Agroalimentaire ISA (réseau YNCREA), avec un cas concret d'une application agroalimentaire à robotiser :

- Identification du besoin
- Élaboration du cahier des charges

- Choix du modèle de robot le plus adapté
- Études des possibilités d'implantation
- Réalisations de simulations sur logiciel 3D
- Comparaison avec la solution choisie dans le cas réel
- Présentation d'autres implantations possibles



**Exemple : intervention annuelle à l'ISA de Lille**

## B. Formation des enseignants

### 1. Journées Techniques dédiées Enseignants

Chaque année sont organisées des journées techniques dédiées Enseignement. Des enseignants et inspecteurs de toute la France viennent découvrir notre site de production et assister à différents ateliers et conférences techniques:

- Industrie 4.0 (réalité augmentée...)
- La robotique collaborative
- La robotique mobile
- Utilisation de notre logiciel de programmation
- Découverte de la maintenance d'un robot
- Les différents modes de programmation en robotique
- Le recrutement Stäubli (nos besoins, les valeurs recherchées...)
- Visite de notre site de production



### 2. Collaboration avec les Académies

Stäubli s'engage auprès des Académies françaises en soutenant les enseignants de diverses façons :

- Participation aux revues de projet de BTS
  - Lycée Raphaël Elizé (Sablé sur Sarthe - 72)
  - Lycée Pierre Mendès France (Rennes - 35)
  - Lycée Curie-Corot (Saint-Lô - 50)
- Participation à la rédaction de sujets d'agrégation (exemple de sujet pour 2019 : « Analyse des choix de conception et d'implantation d'un robot », basé sur le robot Stäubli TP80)
- Possibilité de former gratuitement des enseignants de l'Éducation Nationale.
  - Exemple de l'Académie de Grenoble : initiation à la maintenance robotique auprès de 20 enseignants en BTS MS sur 1 jour ½.
- Participation à la réécriture de référentiels de formation : réception de l'Inspection Générale, d'Inspecteurs académiques et d'enseignants sur notre site de Faverges afin d'introduire la robotique dans certaines filières techniques (exemple : Bac Professionnel Maintenance des Équipements Industriels).





## C. Événements Stäubli

### 1. Une présence sur de nombreux événements

Stäubli est présent sur de nombreux événements afin de faire découvrir les différents métiers offerts par la robotique.

#### Journées techniques dans les établissements :

- IUT de Châlon sur Saône (71)
- Lycée La Fayette (Clermont - 63)
- Olympiades des Sciences de l'Ingénieur à l'ESIREM (Dijon - 21)
- Table ronde au Lycée de Vaucanson (Grenoble - 38)
- Colloque GEII à l'IUT de Longwy (54)
- Pôle Formation Marcq-en-Baroeul (Boulogne sur Mer - 62)
- Horizon Elec au Lycée J-B de Baudre (Agen - 47)
- Etc...

#### Salons :

- Mondial des Métiers (Lyon - 69)
- Smile Bugey (Belley - 01) et Smile Paris (75)
- Forum des Métiers d'Avenir (Annecy - 74)
- Salon EDUSPOT (Paris - 75) jusqu'en 2019
- Salon EDUCATEC (Paris - 75)
- Usine Extraordinaire (Paris - 75 et Marseille - 13)
- Etc...

### 2. Journées Techniques Stäubli

Tous les 2 ans depuis 2013, Stäubli Robotics organise ses propres Journées Techniques. Au programme de ce rendez-vous: robots collaboratifs, robotique mobile, intégration, programmation, formation, maintenance, validation des avant-projets, équipements péri-robotiques... autant de solutions et de services pour répondre aux besoins de l'industrie du futur mais surtout d'aujourd'hui.

En 2019, c'est sur 2500m<sup>2</sup> d'exposition que nous avons reçu, avec nos 70 partenaires, plus de 1000 visiteurs venus découvrir 50

cellules et 75 robots exposés.

800 étudiants ont également visité nos Journées Techniques. En effet, l'après-midi du lundi 2 décembre était entièrement dédiée à l'Éducation et une vingtaine d'établissements de la région Auvergne Rhône-Alpes ont répondu présents à notre invitation, allant des classes de primaire aux écoles d'ingénieurs, en passant par des collégiens et des lycéens.

Accompagnés par un tuteur Stäubli, les élèves, divisés en groupes, devaient suivre un cahier des charges prédéfini pour aller à

la rencontre des différents exposants. Les étudiants ont donc pu échanger sur les différents métiers et applications présents sur le salon. Un travail préparé en amont dans les classes grâce à des vidéos d'applications envoyées par nos équipes.

Suite aux retours positifs des participants, c'est avec plaisir que nous souhaiterions réitérer ce format, en espérant recevoir encore plus d'étudiants et continuer ainsi de nous engager au côté de l'enseignement pour une collaboration durable.



**3. L'Usine Extraordinaire à Paris et Marseille**

En phase avec ses valeurs, imaginant la collaboration Homme-Machine non comme un duel mais comme un véritable duo où le robot est capable de travailler avec l'Homme et de le soulager des tâches répétitives, Stäubli s'est engagé plusieurs fois aux côtés de la Fondation Usine Extraordinaire pour proposer une expérience inédite

au grand public. L'objectif de cette « usine vivante » est d'amener les Français à « changer d'idée sur l'usine » et inciter les jeunes femmes et hommes de tous horizons à imaginer leur avenir dans l'industrie. Aux côtés de l'ensemble de l'écosystème des industriels disposant de sites de pro-

duction en France (grandes entreprises, ETI et PME), mais aussi des associations, acteurs éducatifs et pouvoirs publics, Stäubli met en lumière son savoir-faire via des applications concrètes illustrées par des démonstrations et des contenus ludiques créés spécifiquement pour la manifestation.



**Paris Grand Palais 2018**



**Marseille 2019**



**Paris Élysée 2020**



#### 4. Trophée RobotFly

Depuis 4 ans, le lycée Charles Poncet de Cluses (74) accueille la finale internationale du Trophée Robotfly, un concours visant à réunir, autour d'un challenge par équipe mixte, des élèves venant de France, de Belgique et du Canada, et des industriels du décolletage de la vallée de l'Arve.

Les 24 équipes finalistes ont été sélectionnées en amont lors de qualifications locales organisées durant toute l'année.

Ces sélections sur une journée se sont déroulées dans chaque établissement en présence de nos équipes, et alliaient formation et épreuves pratiques sur des robots spécialement mis à disposition pour l'occasion. Le concours, co-organisé par Stäubli et le Groupe Claret, et soutenu par le Campus

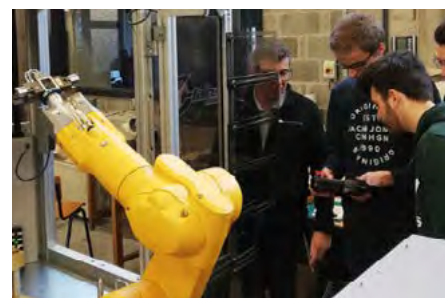
des Métiers (74), le lycée Charles Poncet (74) et la mairie de Cluses (74), est mené en partenariat avec le CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques), le SNDEC (Syndicat National du Décolletage), la CSM (Chambre Syndicale de la Métallurgie), et avec la participation de nombreux partenaires péri-robotiques.

Ce concours encourage la transmission des techniques et savoir-faire, et c'est l'un des rares à apporter aux élèves en formation l'opportunité de se projeter concrètement dans leur futur métier, avec toute l'exigence et l'implication qu'il nécessite.

Il les sensibilise et les forme à la robotique, tout en les mettant en relation avec le monde professionnel. Pour eux, c'est en

effet, un premier challenge professionnel, et la chance d'évoluer aux côtés de professionnels chevronnés et d'assister à des conférences professionnelles sur la thématique de la robotique industrielle, proposées par le CETIM.

RobotFly s'inscrit directement dans la réalité de l'industrie, fondée sur une automatisation plus flexible, plus abordable, et plus performante, où la robotique collaborative ou cobotique associe la puissance du robot au savoir-faire de l'homme, et soutient l'idée qu'une équipe mixte homme/robot est plus performante qu'une équipe de robots ou d'opérateurs seuls.



#### Un nombre croissant de participants :

**28**  
en 2016

**72**  
en 2017

**153**  
en 2018

**300**  
en 2019

## D. Outils proposés par Stäubli

### 1. Prêt de matériel

Nous prêtons régulièrement à nos partenaires des cellules robotisées pour tous types d'événements (journées techniques, journées portes ouvertes, colloques, salons...) afin d'illustrer les différentes applications robotisées et augmenter l'attractivité de l'événement :

- IMERIR (Perpignan - 66)
- IFRIA – Lycée Palissy (Saintes - 16)
- IFRIA PACA (Montfavet - 84)
- Lycée Saint-Joseph (Dijon - 21)
- Lycée de l'Albanais (Rumilly - 74)
- UIMM Occitanie (Baillargues - 34)
- UIMM Savoie (Chambéry - 73)
- Lycée du Mont Blanc (Passy - 74)
- S.MART (Toulouse - 31)
- Lycée Claveille (Périgueux - 24)
- Etc...



### 2. Camion de démonstration

Notre parcourons la France avec un véhicule de démonstration permettant d'échanger avec les étudiants et de les initier à la

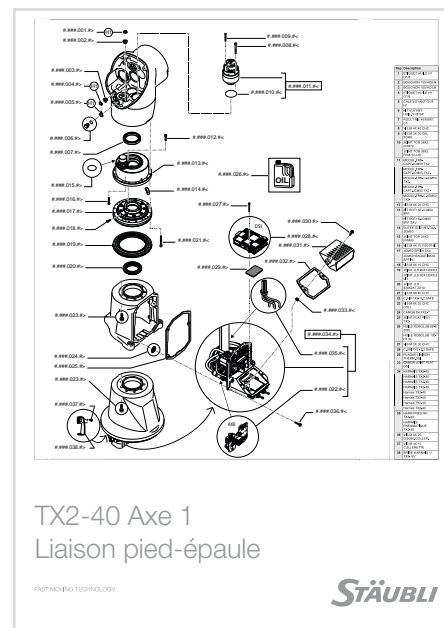
robotique industrielle (robot fonctionnel, pièces détachées, présentations, vidéos...).



3. Posters

Nous fournissons gratuitement des posters aux établissements qui en font la demande.

- Visuels produits
- Visuels marchés
- Vues éclatées de robots
- Applications



#### 4. Stäubli sur les plateformes de l'Éducation Nationale

Nous collaborons activement depuis de nombreuses années avec l'Éducation Nationale.

À ce titre, nous prenons part à divers projets gouvernementaux tels que le projet « École Numérique et Industrie » en proposant des ressources et outils gratuits permettant la diffusion de la culture industrielle, mais aussi en mettant à disposition des exercices pédagogiques et de supports éducatifs sur la plateforme Éduscol, ou encore en collaborant avec le Centre d'Études et de Recherches sur les Partenariats avec les Entreprises et les Professions (CERPEP).

- **CERPEP** : Stäubli Robotics a été invité, le 23 mai 2016, à la soirée anniversaire des 60 ans du CERPEP. Nous mettons à disposition des dates de formation.

- **Éduscol** : sur la plateforme Éduscol, Stäubli met à disposition des enseignants et étudiants un support pédagogique. Ce dernier donne des informations à propos des différents types de robotique, des robots industriels et de leurs enjeux sociaux économiques. Sont également disponibles des exercices d'applications pédagogiques et de compréhension à destination des étudiants.

- **L'École Numérique et Industrie** : en collaboration avec des enseignants, Stäubli Robotics participe à la conception et la réalisation de supports numériques pour les collèges et les lycées. L'objectif est d'utiliser la robotique à travers diverses disciplines telles que l'économie, la technologie, la gestion des sciences sociales, la physique-chimie, la géographie...

- **CANOPÉ** : réseau de création et d'accompagnement pédagogique. Financement à hauteur de 100 000 € sur 3 ans.





## E. L'offre Stäubli

En tant qu'industriel français, nous avons un rôle à jouer : celui de **rapprocher le système éducatif du monde professionnel, avec du matériel issu de vraies applications robotiques dans l'industrie.**

### Nos objectifs :

- Enseigner la robotique aux professionnels de demain avec une offre complète et adaptée aux différents niveaux techniques de nos étudiants.
- Permettre aux étudiants de se former sur du matériel réel

Stäubli Robotics a spécialement conçu, pour le milieu éducatif, une offre complète permettant aux futurs professionnels de tous niveaux (du baccalauréat à la formation d'ingénieurs) de se familiariser et se former à la robotique.

### 1. Robots seuls ou avec équipements

Stäubli Robotics vous propose une gamme de robots aux performances et à la qualité inégalées, des petits robots de type SCARA jusqu'aux gros porteurs 6 axes, capables de manipuler des charges jusqu'à 150 kg.



### 2. Robots reconditionnés

Pour réaliser vos projets, Stäubli Robotics vous propose des robots reconditionnés à des prix attractifs.



### 3. Cellule didactique

Stäubli propose une cellule robotique compacte, collaborative et évolutive dédiée au monde de l'enseignement et de la formation professionnelle. Cette cellule offre la possibilité de découvrir

tout l'environnement robotique (différentes façons de programmer un robot, installation d'outils de préhension, suivi de trajectoires, paramétrage d'un radar de sécurité, d'un système de vision, d'interface homme-ma-

chine, etc...).

Adaptée aux besoins des écoles, la cellule est compacte et facile à déplacer dans vos locaux, tout en étant alimentée par une simple prise (230 monophasée).



**Robot collaboratif TX2-40**



- Poly articulé 6 axes
- Rayon d'action : 515 mm
- Charge transportable maximale : 2,3 kg
- Électrovanne intégrée
- Répétabilité : ± 0,02 mm (ISO 9283)

**Préhension**



- Ventouse
- Interface de connexion pour préhenseur (réalisé par impression 3D)

**Pendant d'apprentissage SP2**



- Compact, robuste, léger et ergonomique
- Écran tactile couleur LCD 7"
- Page utilisateur personnalisable (mode IHM)
- Orientation portrait ou paysage (support rotatif)
- Interface utilisateur fournie

**Cellule déplaçable**



- Ouverture en face avant (collaboration)
- Structure en inox brossé
- 4 roulettes avec freins
- 4 pieds stabilisateurs
- 2 poignées
- Dimensions :  
Longueur 1300mm x largeur 792mm x hauteur 1893mm



**Système de vision**



- Éclairage intégré par LED
- Logiciel de paramétrage

**Outils pédagogiques (réalisés par impression 3D)**



- Posages pour pick and place :
  - 1 horizontal
  - 1 incliné
  - 4 pièces de forme



- Outillage pour suivi de trajectoires

**Scrutateur laser**



- Portée du champ de protection : 2 mètres
- Angle de balayage : 270°
- Nombre de champs : 3

**Contrôleur CS9**



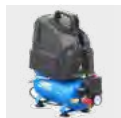
- Alimentation 230 V monophasée
- Fonction de sécurité «Safe Cell+» permettant la définition de zones de sécurité
- Niveau de sécurité SIL3 et PLe
- Compatible protocole OPC UA
- Accès possible aux informations du contrôleur via un smartphone



**Options disponibles :**

**Compresseur**

- Pression : 8 bars
- Volume : 6 litres
- Poids : 9 kg
- Intégration possible dans la partie inférieure de la cellule



**Programmation par langage automate**

- Licence uniVAL plc
- Bibliothèque de blocs de fonctions



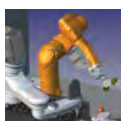
**Suivi de convoyeur (tracking)**

- Licence VALtrack
- Convoyeur à bande (Longueur 550mm x largeur 220mm)



**Logiciel de programmation et de simulation hors ligne**

- Stäubli Robotics Suite 2019 (dongle local ou réseau)
- Programmation avec l'éditeur VAL 3
- Simulation 3D
- Transfert du programme vers le robot



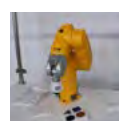
**Préhension pince et accessoires**

- Pince électrique ou pneumatique
- Posages pour pick and place
- Pions à manipuler



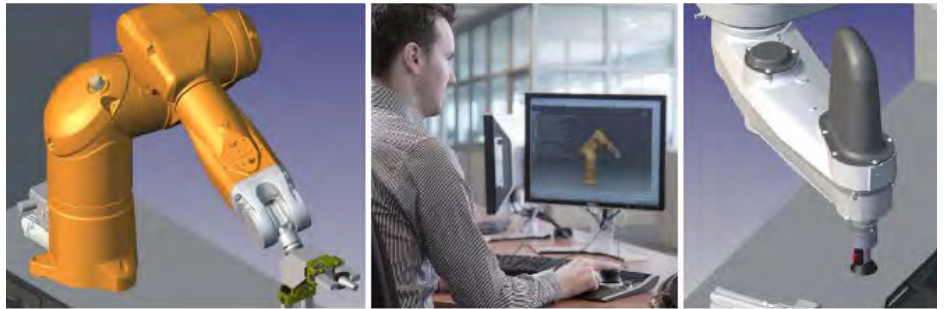
**Variante cellule fermée**

- 2 portes battantes en face avant
- Même configuration que la cellule ouverte (sans scrutateur laser)



#### 4. Logiciel de programmation et de simulation hors ligne

Atelier logiciel sur PC, Stäubli Robotics Suite permet de créer une cellule robotique (avec importation de fichiers 3D possible). À l'aide d'outils performants, ce logiciel accompagne les établissements pour développer, simuler et déboguer des programmes jusqu'à la validation de l'ensemble avant transfert vers la cellule réelle.



#### 5. Complément pédagogique dédié « filière maintenance »

Afin de réaliser des travaux pratiques de maintenance et de permettre aux étudiants de se former sur du matériel réel, nous proposons de fournir à nos partenaires des compléments pédagogiques :

- **Un robot ou un sous-ensemble mécanique** (articulation ou poignet) permettant d'aborder :
  - la maintenance préventive (niveaux d'huile, vidanges, contrôle des serrages, tension de courroies...)
  - la maintenance curative (diagnostic de pannes, préparation des interventions, principe des accouplements moteurs, réducteurs, poignet, changement de courroies...)

- **Le plan de maintenance préventive des robots**



## XXII. Vocabulaire du roboticien





## A

- **Actionneur** : Bien d'équipement fini permettant une action mécanique sur un produit. Les plus classiques sont les vérins, les plus élaborés sont en mécanique, qui associe mécanique, électronique et programmation en temps réel.
- **AGV (Automated Guided Vehicle - Véhicule à Guidage Automatique)** : Chariot de manutention mobile et autonome utilisé pour déplacer des charges ou des outils en toute sécurité dans des usines. Il est conçu pour travailler en interface avec des opérateurs et communiquer avec d'autres outils. Le système robotique mobile navigue seul et en toute sécurité vers son poste de travail en suivant une trajectoire tracée ou programmée à l'avance. Il est capable de réduire sa vitesse ou de s'arrêter lorsque des collègues humains s'approchent de lui.
- **Anneau électromécanique** : Dispositif permettant la mise en rotation d'un ensemble au sein d'une application industrielle.
- **Automate** : Un automate est un dispositif équipé d'un micro-processeur, d'entrées et de sorties reliés électriquement aux divers équipements constituant la machine industrielle.
- **Automatisation** : Utilisation des machines pour accomplir des tâches habituellement réalisées manuellement. L'automatisation assure le fonctionnement d'une machine sans intervention humaine et vient substituer aux utilisateurs les tâches fastidieuses ou dangereuses.
- **Axe** : Un axe est en réalité un degré de liberté laissé à l'équipement. Il y a 2 types de degrés de liberté : la translation et la rotation.
- **Axe linéaire** : Dans une ligne robotisée,

la mise en place d'un axe linéaire permet au robot de se déplacer dans son environnement et d'interagir avec différentes zones de travail.

## B

- **Barrière immatérielle** : Dispositif composé d'un émetteur et d'un récepteur, émettant un faisceau infra-rouge permettant la détection d'une zone sécurisée. Il permet d'adapter le comportement du robot selon les paramètres configurés.
- **Bol vibrant** : Équipement permettant l'alimentation de pièces initialement positionnées en vrac, vers un poste de travail.
- **Bras** : Les robots sont morphologiquement proches d'un bras humain. Nous parlons d'épaule, de coude et de poignets.
- **Bus de terrain** : Système de communication numérique dédié.
- **Calibration absolue** : Consiste à améliorer les performances de précision du robot pour une application dédiée.
- **Caméra de sécurité** : Équipement de sécurité collectant et analysant des données sur l'ensemble d'un environnement à surveiller.
- **Capteur** : Un capteur permet de percevoir un signal physique. Il s'agit, pour un robot par exemple, de détecter son environnement, et, pour le contrôleur principal du robot, d'obtenir des informations sur son fonctionnement interne.
- **Cartésien** : Mécanique traditionnelle qui opère dans un repère cartésien X, Y et Z. Certains cartésiens peuvent aussi opérer des rotations. Un robot est un cartésien avec 4, 5 ou 6 degrés de liberté, mais avec des spécificités de syn-

chronisation des axes.

- **Changeur d'outil** : Équipement péri-robotique assurant un changement rapide des équipements en bout de bras du robot ainsi que la transmission des énergies nécessaires : fluides hydrauliques, air comprimé, données électrique, etc...
- **Charge utile** : Charge maximale que peut porter le robot sans dégrader la répétabilité et les performances dynamiques.
- **Client final** : Utilisateur final du produit.
- **Cobotique** : Contraction de « collaborative » et de « robotique » pour désigner la robotique collaborative. La robotique collaborative entre dans l'industrie et dans nos foyers, les robots collaborent avec les humains pour les aider dans certaines tâches pour plus de flexibilité.
- **Connectivité** : Liaison entre deux choses ou deux personnes. Lorsque nous parlons de connectivité en robotique industrielle, nous faisons référence à la capacité du robot à communiquer et interagir avec son environnement. Il peut s'agir d'une interaction avec l'utilisateur : descendante avec le pilotage du robot par l'utilisateur via un logiciel de programmation, ou ascendante avec la remontée de données de production en temps réel par le robot. Il peut également s'agir d'une interaction entre machines : les équipements sont connectés entre eux. (Source « L'Internaute »)
- **Contrôleur** : Ordinateur qui va interpréter les instructions demandées à un robot en termes de trajectoire et de courants moteurs. Il est usuel de comparer les puissances des contrôleurs (mémoire vive, fréquence de calculs, etc...).
- **Convoyeur** : Système transitique permettant le transport d'une pièce d'un point A à un point B.
- **Couteau ultrasons** : Dispositif per-



mettant la découpe sans pression d'un élément avec une lame excitée par ultrasons.

## D

- **Degrés de liberté** : Axes associés à un actionneur (moteur). Le nombre de degrés de liberté est un paramètre important dans la description du robot : il détermine les mouvements possibles du robot.
- **Dongle** : Périphérique matériel se présentant sous la forme d'un clé USB. Sur cette clé sont stockées les licences d'un produit logiciel. En fonction de son type (local ou réseau), le dongle sera capable d'activer les fonctionnalités correspondantes sur un seul poste (sur lequel il sera physiquement connecté), ou sur plusieurs postes connectés à un même réseau (le dongle sera alors connecté à un des postes du réseau).

## E

- **Électrobroche** : Équipement péri-robotique permettant la réalisation d'opérations d'usinage robotisées avec une haute précision.
- **Énergie cinétique** : Masse embarquée multipliée par la vitesse. L'énergie cinétique s'exprime en Joule (J).
- **Environnement ESD (electrostatic discharge)** : La décharge électrostatique est un passage de courant électrique entre deux objets possédant des potentiels électriques différents sur un temps extrêmement court. Ce phénomène crée de l'électricité statique, ce qui génère une charge et conduit à un événement ESD. Dans l'industrie, des zones protégées contre les décharges électrostatiques sont créées pour la production de systèmes électroniques. Cet environnement ne doit être ni capacitif ni conducteur. Les robots utilisés dans cet environnement doivent respecter des normes pour assurer leur uti-

lisation en toute sécurité. Pour se faire, les robots sont recouverts d'une peinture spéciale anti ESD, les connexions sont intégrées dans le bras et toute la structure est fermée. Les robots sont soumis à différents tests pour s'assurer de leur résistance aux ESD et de la sécurité pour les utilisateurs.

- **Environnement humide HE (Humid environment)** : Les gammes de robots HE sont conformes à des préconisations en termes d'hygiène et permettent de manipuler des produits nus. Elles peuvent être utilisées dans des environnements sensibles et particulièrement humides grâce à leur résistance aux processus de nettoyage de la démarche qui prévalent dans l'industrie agroalimentaire.
- **Environnement Stericlean** : Les robots, pour travailler dans les environnements stérilisés, sont conçus pour répondre aux exigences de décontamination au Peroxyde d'Hydrogène. Ces robots sont capables d'évoluer dans des environnements sensibles pour diverses applications dans le secteur des sciences de la vie.

## F

- **Feeder** : L'installation d'un feeder a pour but d'orienter les pièces avec lesquelles le robot doit interagir. Il travaille en collaboration avec un système de vision (caméra).

## I

- **IFR (International Federation of Robotics)** : Organisation professionnelle à but non lucratif créée en 1987 pour promouvoir, renforcer et protéger l'industrie robotique dans le monde.
- **Îlot robotisé** : Concentration dans un même espace de plusieurs opérations, réalisées par un ou plusieurs robots qui travaillent en concordance. Les îlots robotisés servent à augmenter le rythme

et la quantité de production en déchargeant les opérateurs des tâches dangereuses, répétitives et pénibles.

- **Industrie du futur** : Évolution des méthodes de production dans l'industrie. Cette évolution se base sur l'innovation et les nouvelles technologies (robotique collaborative, intelligence artificielle, objets connectés, réalité augmentée). L'objectif est de tendre vers une industrie plus agile et plus intelligente : les industries doivent être capables d'une plus grande flexibilité dans leur processus de production.
- **Intégrateur** : Intermédiaire entre le client final et les fabricants de composants d'une ligne. Il détermine comment réaliser la fonction demandée, et avec quels moyens. Il a un engagement juridique à la réalisation de la ligne.
- **Interrupteur de sécurité** : Système permettant le verrouillage de l'accès aux zones de sécurité lorsqu'un risque pour l'Homme ou l'installation est détecté.

## L

- **Langage de programmation** : Notation conventionnelle destinée à formuler des algorithmes et produire des programmes informatiques qui les appliquent.

## M

- **Mécatronique** : Combinaison synergique et systémique de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique en temps réel.

## N

- **Notions de «World», «Repère» et «Tool»** : On ne programme pas chaque segment indépendamment. On programme une trajectoire et on pilote les actionneurs. L'interpolation des différents segments pour respecter les trajectoires attendues est directement

réalisée par l'unité de contrôle du robot. Pour comprendre la robotique, il faut savoir que 3 repères dans l'espace coexistent en permanence. Le premier («World») consiste à déclarer où sont les différents organes des équipements. Le second «Repère» concerne le point précis du produit que l'on souhaite traiter avec le robot. Et enfin le dernier («Tool») concerne le repère dans lequel l'outil évolue. Lorsqu'une application robotique est développée, le roboticien commence toujours par identifier ces repères, puis il les fait interagir.

## O

- **OEM (Original Equipment Manufacturer - fabricant d'équipement d'origine)** : Intervenant d'un projet robotique qui conceptualise des machines spéciales en intégrant un robot dans celles-ci.

## P

- **Pendant d'apprentissage** : Le pendant d'apprentissage est l'interface de « pied de machine » du robot. Il permet la commande manuelle des mouvements, le réglage de paramètres divers ainsi que l'édition de programmes via une interface graphique tactile.
- **Pick and place** : Application industrielle de prise et de dépose qui consiste à saisir un objet, le déplacer et le reposer.
- **Préhenseur** : Dispositif mécanique terminal servant à la saisie et à la manipulation.
- **Process** : Ensemble des étapes ou transformations nécessaires à la fabrication d'un produit.
- **Processeur** : Composant qui exécute les programmes informatiques.
- **Programmation par apprentissage** : Fonction que l'on retrouve sur certains robots. Les robots sont souvent dédiés à être utilisés et manipulés par des opé-

rateurs novices ou sans connaissance poussée en programmation. Plus besoin de taper de longues lignes de code dans des langages informatiques obscurs. La programmation par apprentissage consiste à montrer directement au robot la tâche qu'il doit reproduire en le manipulant et en lui montrant les gestes qu'il doit faire.

## R

- **Rayon d'action** : Distance entre le centre du robot et l'extrémité du bras (aussi appelée portée du robot). La portée maximale varie en fonction du modèle du robot.
- **Réducteur** : Élément interne au robot modifiant le rapport de vitesse entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie d'un mécanisme. Les réducteurs ont plusieurs utilités : augmentation de l'effort physique, réducteur de vitesse ou orientation des axes. Dans le secteur de la robotique, nous retrouvons surtout des motoréducteurs : ensemble constitué d'un réducteur équipé d'un moteur électrique.
- **Répétabilité** : Capacité du robot à obtenir le même résultat lors de la mesure du positionnement répété du robot sur un point. Elle est calculée selon la norme ISO 9283.
- **Robot Picker** : Robot extrêmement rapide utilisé pour des opérations de maintenance de pièces petites et légères (<1kg). Il est spécifiquement développé pour les applications de Pick and Place et peut atteindre des vitesses très élevées supérieures à 200 coups/minute.
- **Robots polyarticulés** : Ces robots disposent de 6 degrés de liberté, également appelés 6 axes.
- **ROI : Return On Investment - Retour Sur Investissement.** Il s'agit d'un ratio permettant de calculer le pourcentage de gain à attendre d'un investissement

par rapport à la mise de départ. La formule générale du retour sur investissement est (gains - coûts de l'investissement) / coûts de l'investissement. La durée de rentabilité est le temps nécessaire pour que la mise de départ puisse être récupérée (retour sur investissement égal à zéro).

## S

- **SCARA** : Acronyme de Selective Compliance Articulated Robot Arm. Il s'agit des premiers robots.
- **Scrutateur** : Module de sécurité destiné à détecter les mouvements d'un opérateur proche d'une cellule pour ralentir ou arrêter le robot en mouvement.
- **SIL/PLE** : Sigles de sécurité dans l'industrie. SIL signifie « Safety Integrity Level » (niveau d'intégrité de sécurité), et PL signifie « Performance Level » (niveau de performance). Ils définissent la mesure d'efficacité des systèmes de sécurité, basée sur la probabilité d'accidents tolérables qui pourraient apparaître selon un nombre défini de sollicitations. Leur objectif est de minimiser ou d'éliminer les risques pouvant compromettre le fonctionnement de la machine. Ces sigles permettent de garantir une utilisation sûre de la machine et de quantifier la réduction du risque en vue de satisfaire les exigences de l'utilisateur. La mesure du SIL va de 1 à 3, une exigence peu élevée signifie que seule une réduction faible du risque est nécessaire ; dans le cas d'une exigence élevée, le niveau de réduction est plus important et doit être rapidement mis en place.
- **Smart Production** : Concept clé de l'Industrie 4.0. La Smart Production caractérise l'intégration des nouvelles technologies dans les processus de fabrication intelligente. Avec ce concept, la production est maximisée à moindre coût. Ceci implique la mise en place d'une nouvelle organisation de produc-

tion, les machines doivent être connectées entre elles et des capteurs mis en place pour échanger des informations. Cette communication entre les machines permet d'optimiser les processus manufacturiers et d'améliorer la flexibilité afin de s'adapter à la demande en temps réel et donc de mieux satisfaire les besoins de chaque client.

- **SYMOP** : Syndicat des Machines et Technologies de Production. C'est l'organisation professionnelle des créateurs de solutions industrielles, fabricants de machines, technologies et équipements pour la production industrielle.

## T

- **Table d'indexage** : Système ayant pour rôle d'assurer la précision du positionnement et la cadence de la production.
- **Tapis sensible de sécurité** : Dispositif permettant la protection des opérateurs grâce à un système de commutation intégré dans le tapis.
- **Tracking** : Capacité d'un robot à suivre et à participer à l'assemblage d'un produit se déplaçant sur un convoyeur.

## V

- **Valeurs articulaires** : Transformation des coordonnées cartésiennes en valeurs d'axes : angles du robot (aucune contrainte géométrique).
- **Valeurs cartésiennes** : Coordonnées d'un point exprimées dans un repère x, y, z par des valeurs x, y, z, rx, ry, rz.
- **Vision industrielle** : La vision industrielle peut être utilisée pour gérer des flux d'objets via l'intégration d'une caméra. Exemple : la lecture optique d'un code à barres ou d'une adresse postale sur un colis pour l'orienter dans un centre de tri.

## W

- **WMS (Working Mode Selection)** : Sélecteur de mode de marches (automatique ou manuel).

# Contacts





- **BAUD INDUSTRIES**  
renald.baud@baud-industries.com  
04 50 98 22 39
- **CAMPUS DES MÉTIERS**  
Marie-Pierre Porret  
marie-pierre.porret@ac-grenoble.fr  
06 24 06 45 12
- **CAPÉO**  
benoit.renaut@capeo.net  
06 07 68 43 53
- **COVAL**  
coval@coval.com  
04 75 59 91 91
- **IMERIR**  
Laurent Denet  
laurent.denet@imerir.com  
04 68 56 80 18
- **IUT CLERMONT-FERRAND**  
Département GIM  
secretariat.gim.clermont.iut@uca.fr  
04 73 71 71 50
- **LYCÉE PRÉ DE CORDY**  
ce.0240035h@ac-bordeaux.fr  
05 53 31 70 70
- **MCPI**  
mcpimail@mcpi.fr  
04 50 33 90 20
- **PÔLE MONT-BLANC INDUSTRIES**  
contact@montblancindustries.com  
04 50 18 73 84
- **PRO-QSE**  
Fanny Olivetto  
contact@pro-qse.fr  
06 13 07 88 65
- **SCHUNK**  
info@fr.schunk.com  
01 64 66 38 24
- **SICK**  
info@sick.fr  
01 64 62 35 00
- **TECHPLUS**  
Lionel Sublet  
lionel.sublet@techplus.net  
04 50 03 97 10
- **TÉTRAS**  
info@tetras.univ-smb.fr  
04 50 23 03 72
- **UIMM LYON / IRI**  
Stéphane Rödel  
s.rodell@uimmlyon.com  
04 78 77 35 89

## STÄUBLI

- **Service Commercial**  
04 50 65 62 87  
robot.sales@staubli.com  
www.staubli.com
- **Service Formation**  
04 50 65 60 72  
a.denat@staubli.com  
<https://www.staubli.com/fr-fr/robotics/support-clients/formation-robotique/>
- **Service Après-Vente**  
04 50 65 61 52  
robot.spareparts@staubli.com  
<https://www.staubli.com/fr-fr/robotics/support-clients/service-apres-vente/>
- **Contact Éducation Nationale**  
Maxence Thevenin  
07 60 78 78 58  
m.thevenin@staubli.com



# Notes



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing or drawing.



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, providing a template for writing or drawing.



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for technical drawing or notes.

A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, providing a template for writing or drawing.



■ Unités Staubli    ○ Agents

# Présence globale du groupe Staubli

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