

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE la RECHERCHE SCIENTIFIQUE.**

UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

Département Génie Electrique

Spécialité : électronique des systèmes embarqués

Titre de projet :

Réalisation d'un système d'osmose inverse automatique

Projet pour obtenir un diplôme /startup Dans le cadre de l'arrêté Ministériel 1275

Le logo de marque



La marque commercial

AROS « Pure Life »

Année universitaire : 2022/2023

Carte d'information

A propos de l'équipe d'encadrement et le groupe de travail.

1- Equipe d'encadrement

Equipe d'encadrement	
Encadreur principale : DR. FEKIK AREZKI	Spécialité : Electrotechnique

2- Equipe de projet

Equipe de projet	Faculté	Spécialité
ABDELLAOUI SARAH	Sciences et sciences appliquées	Électronique des systèmes embarqués
AZGAG NOR EL HOUDA	Sciences et sciences appliquées	Électronique des systèmes embarqués

Table des matières

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale

Premier axe : Présentation Du projet

I.1	<i>Idée de projet.....</i>	2
I.1.1	<i>Début de l'idée et son évolution.....</i>	2
I.1.1.1	<i>Phénomène naturel de l'osmose.....</i>	2
I.1.1.2	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	2
I.1.1.3	<i>Phénomène de l'osmose inverse.....</i>	3
I.1.1.4	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	4
I.1.1.5	<i>Membranes d'osmose inverse.....</i>	4
I.1.1.6	<i>Problématique.....</i>	5
A.	<i>Dans le coté pédagogique.....</i>	5
B.	<i>Dans le coté environnement.....</i>	5
C.	<i>Dans le coté industriel.....</i>	5
D.	<i>Dans le coté économique.....</i>	6
I.1.1.7	<i>Solution.....</i>	6
I.1.2	<i>Détermination de nos actions et les méthodes à utiliser pour ce projet.....</i>	6
I.1.3	<i>Localité d'exécution de ce projet.....</i>	7
I.1.4	<i>Domaines d'utilisations.....</i>	8
I.2	<i>Valeurs proposées dans le projet.....</i>	9
I.3	<i>Equipe de projet.....</i>	10
I.4	<i>Objectifs de projet.....</i>	10
I.5	<i>Calendrier pour la réalisation de projet.....</i>	11

Deuxième axe : Aspects innovants

II.1	<i>Nature des innovations de ce projet.....</i>	12
II.2	<i>Domaines d'innovation de ce projet.....</i>	12

Troisième axe: Analyse stratégique du marché

III.1	<i>Présentation de secteur de marché.....</i>	16
--------------	--	-----------

III.1.1	Marché potentiel	16
III.1.2	Marché cible (segment)	16
III.1.3	Contrats d'achat avec certains clients importants	18
III.2	Intensité de la concurrence	19
III.2.1	Nos concurrents directs et indirects.....	19
III.2.1.1	Concurrents directs	19
III.2.1.2	Concurrents indirects	19
III.2.2	Points forts et les points faibles de nos concurrents	20
III.2.2.1	Concurrents indirects (Filmtec, Hydranautics, Toray).....	20
A.	Points forts	20
B.	Points faibles	20
III.2.2.2	Concurrents directs (intégrateurs et distributeurs locaux)	20
A.	Points forts	20
B.	Points faibles	20
III.3	Stratégies marketing	20

Quatrième axe : Plan de production et d'organisation

IV.1	Processus de production	23
IV.1.1	Première activité	23
IV.1.2	Deuxième activité	23
IV.1.3	Troisième activité	23
IV.1.4	Quatrième activité	23
IV.1.5	Cinquième activité.....	23
IV.1.6	Sixième activité.....	23
IV.1.7	Septième activité.....	23
IV.1.8	Huitième activité	23
IV.2	Approvisionnement.....	24
IV.2.1	Politique d'achat.....	24
IV.2.1.1	Matières premières	25
IV.2.1.2	Matériaux et fournitures	25
IV.3	Equipements.....	25
IV.3.1	Fournisseurs les plus importants	26
IV.3.2	Politique de paiements et les délais de réception	26
IV.3.2.1	Paiement.....	26

IV.3.2.2	<i>Délais de réception</i>	27
IV.4	<i>Main d'oeuvre</i>	27
IV.4.1	<i>Nombre de postes que le projet peut créer</i>	27
IV.4.2	<i>Nature de main d'oeuvre et leurs emplacements</i>	27
IV.4.3	<i>Possibilité de recourir à la manutention</i>	28
IV.5	<i>Principaux partenaires</i>	28

Cinquième axe : Plan financier

V.1	<i>Coûts et charges</i>	29
V.1.1	<i>Tous les coûts de projet</i>	29
V.1.2	<i>Tableaux décrivant en détail les coûts et les charges</i>	30
V.1.3	<i>Mode et sources d'obtention de financement</i>	34
V.1.4	<i>Manière d'obtenir un remboursement</i>	34
V.2	<i>Chiffre d'affaires</i>	34
V.2.1	<i>Scénario optimiste</i>	34
V.2.2	<i>Scénario pessimiste</i>	35
V.3	<i>Comptes de résultats escomptés</i>	36
V.3.1	<i>Calcul du besoin en fonds de roulement (BFR)</i>	36
V.4	<i>Plan de trésorerie</i>	36

Sixième Axe : Prototype expérimental

VI.1	<i>Introduction</i>	37
VI.2	<i>Objectif</i>	37
VI.3	<i>Importance du prototype expérimental dans la recherche</i>	37
VI.4	<i>Matériel et Méthode</i>	37
VI.4.1	<i>Matériel</i>	37
VI.4.1.1	<i>Cuve d'alimentation d'eau brute</i>	37
VI.4.1.2	<i>Cuve des membranes d'osmose inverse</i>	38
VI.4.1.3	<i>Cuve de sortie de l'eau pure</i>	38
VI.4.1.4	<i>Un automate programmable industriel</i>	38
A.	<i>Architecteurs d'un API</i>	39
B.	<i>Programmation d'un API</i>	40
C.	<i>Traitement du programme automate</i>	41
D.	<i>Avantages de l'automate programmable industriel</i>	41

E. Présentation de L'API S7-1200 de SIEMENS	42
VI.4.1.5 Capteur de turbidité	43
VI.4.1.6 Capteur de TDS	44
VI.4.1.7 Capteur de pression différentiel	45
VI.4.1.8 Vannes TOR.....	46
VI.4.1.9 Vanne de régulation électrique.....	47
VI.4.1.10 Vanne d'air	48
VI.4.1.11 Compresseur	49
VI.4.1.12 Pompe à eau.....	50
VI.4.1.13 Capteur de niveau d'eau	51
VI.4.1.14 Ecran de la supervision.....	52
A. Présentation de L'IHM SAMKOON SK-070HS	52
B. Différents ports de connexion de l'alimentation de SK-070 HS.....	53
C. Caractéristiques techniques de SK-070HS.....	54
VI.4.1.15 Disjoncteur.....	54
VI.4.1.16 Relais électrique.....	55
A. Le relais électromagnétique.....	55
VI.4.1.17 Régulateurs de tensions	56
VI.4.2 Méthode	57
VI.4.2.1 Assemblage de système	57
VI.4.2.2 Logiciel de programmation TIA Portal	58
VI.4.2.3 Avantages du logiciel TIA Portal.....	63
VI.4.2.4 Etapes d'automatisation logicielle	63
VI.4.2.5 Configuration matérielle	64
A. La supervision.....	64
VI.5 Résultat de réalisation	65
VI.5.1 Fonctionnement de Prototype	65
VI.5.1.1 Fonctionnement automatique	65
VI.5.1.2 Fonctionnement manuel	66
VI.6 Conclusion	67

Annexe

Liste des tableaux

Premier axe : Présentation Du projet

Tableau I. 1: Equipe de projet. 10

Tableau I. 2: Calendrier de la réalisation de projet. 11

Cinquième axe : Plan financier

Tableau V. 1: Besoins total de projet. 29

Tableau V. 2: Loyer et ses charges. 30

Tableau V. 3: Prix de l'acquisition d'un véhicule de service et le transport des employés... 30

Tableau V. 4: Prix des meubles et équipements de bureau. 31

Tableau V. 5: Equipements de production des systèmes durant la première année. 32

Tableau V. 6: Salaires versés aux employeurs au cours des cinq premières années. 33

Tableau V. 7: Frais de commercialisation. 34

Tableau V. 8: Paiements. 34

Tableau V. 9: Estimation optimiste du chiffre d'affaires. 35

Tableau V. 10: Bénéfice optimiste. 35

Tableau V. 11: Estimation pessimiste de chiffre d'affaires. 36

Tableau V. 12: Bénéfice pessimiste. 36

Tableau V. 13: Besoin en fonds de roulement. 376

Sixième Axe : Prototype expérimental

Tableau VI. 1: Caractéristique technique de PVQ31-5G-23-01F-H. 48

Tableau VI. 2: Caractéristique de SK-070HS. 54

Liste des figures

Premier axe : Présentation Du projet

<i>Figure I. 1: Principe de fonctionnement de l'osmose.</i>	3
<i>Figure I. 2: Principe de fonctionnement de l'osmose inverse.</i>	4
<i>Figure I. 3: Installation d'osmose inverse automatique.</i>	7
<i>Figure I. 4: Usages d'osmose inverse automatique dans différents secteurs.</i>	9

Deuxième axe : Aspects innovants

<i>Figure II. 1: Nature des innovations.</i>	12
<i>Figure II. 2: L'écart de coût entre l'installation industrielle locale d'osmose inverse automatique et son importation.</i>	14
<i>Figure II. 3: L'écart de coût entre l'installation laboratoire locale d'osmose inverse automatique et son importation.</i>	14

Quatrième axe : Plan de production et d'organisation

<i>Figure IV. 1: Processus de production des systèmes d'osmose inverse automatiques.</i>	24
--	----

Sixième Axe : Prototype expérimental

<i>Figure VI. 1: Cuves de stockages.</i>	38
<i>Figure VI. 2: Automate programmable industriel.</i>	39
<i>Figure VI. 3: Structure externe d'un API</i>	39
<i>Figure VI. 4: Structure interne d'un API</i>	40
<i>Figure VI. 5: Fonctionnement cyclique d'un automate</i>	41
<i>Figure VI. 6: L'API S71200 avec des modules d'extension entrées sorties analogique et numérique</i>	43
<i>Figure VI. 7: Capteur de turbidité.</i>	44
<i>Figure VI. 8: Capteur de TDS</i>	45
<i>Figure VI. 9: Réservoir doté d'un capteur de pression différentielle numérique.</i>	46
<i>Figure VI. 10: Vanne tout ou rien.</i>	47
<i>Figure VI. 11: Vanne de régulation électrique.</i>	48
<i>Figure VI. 12: Vanne d'air.</i>	49
<i>Figure VI. 13: Compresseur d'Air électrique.</i>	50
<i>Figure VI. 14: Pompe à eau.</i>	51

<i>Figure VI. 15: Capteurs de niveau d'eau maximale et minimale.</i>	51
<i>Figure VI. 16: IHM SAMKOON de model SK-070HS.</i>	53
<i>Figure VI. 17: Schéma de connexion de l'écran tactile de la série SK</i>	53
<i>Figure VI. 18: Disjoncteur bipolaire.</i>	55
<i>Figure VI. 19: Relais électromagnétiques</i>	56
<i>Figure VI. 20: Régulateurs de tension.</i>	57
<i>Figure VI. 21: Schéma synoptique d'installation d'osmose inverse automatique.</i>	57
<i>Figure VI. 22: Illustration de la construction de TIA portal.</i>	58
<i>Figure VI. 23: Vues TIA portal.</i>	59
<i>Figure VI. 24: Vue du portal V13.</i>	60
<i>Figure VI. 25: Actions principale dans la vue de portal.</i>	61
<i>Figure VI. 26: vue de projet.</i>	62
<i>Figure VI. 27: Planification d'une solution d'automatisation.</i>	63
<i>Figure VI. 28: Planification de la configuration.</i>	64
<i>Figure VI. 29: Logo de logicielle SKTOOL ver.7.</i>	64
<i>Figure VI. 30: Prototype d'osmose inverse automatique</i>	65

Introduction

L'eau est une ressource essentielle pour la vie humaine, mais sa disponibilité est menacée par la raréfaction et la dégradation croissante de cette ressource. Dans ce contexte, le traitement et la purification de l'eau sont devenus des défis majeurs de notre époque. L'osmose inverse est une technique de filtration membranaire qui permet de séparer les composants d'une solution liquide, et qui est de plus en plus utilisée pour produire de l'eau potable à partir d'eau de mer ou d'eau saumâtre.

Afin de contribuer à la recherche et au développement de cette technique de pointe, nous proposons le projet AROS, qui consiste à concevoir et à réaliser un pilote d'osmose inverse contrôlé par automate programmable. Ce système nous permettra d'étudier en profondeur le processus de l'osmose inverse, d'optimiser ses performances en faisant varier certains paramètres clés tels que la pression, le débit ou la concentration, et de contribuer à la recherche dans le domaine des énergies renouvelables et de la préservation de l'environnement.

Pour réaliser ce projet ambitieux, nous utiliserons un automate programmable industriel, un appareil électronique capable d'exécuter des instructions enregistrées en mémoire en fonction de signaux d'entrée pour commander des actionneurs suivant une logique prédéterminée. Nous devons également utiliser des membranes d'osmose inverse semi-perméables pour la filtration d'eau brute, des pompes doseuses pour l'alimentation en eau, des capteurs analogiques et logique pour la mesure des grandeurs physiques, des vannes de ligne motorisées pour la distribution de l'eau et des vannes de régulations électriques pour le recyclage d'eau et la régulation de débit et pression dans le système, et des compétences en conception électronique et mécanique.

En somme, notre projet AROS représente une avancée significative dans la recherche et le développement des techniques de traitement de l'eau, notamment dans le domaine de l'osmose inverse. Nous sommes convaincus que notre contribution à ce domaine permettra d'améliorer la qualité de vie de la population en fournissant de l'eau potable de qualité, tout en préservant notre environnement.

Ce travail s'organise en plusieurs axes. Tout d'abord, nous avons présenté notre projet dans le premier axe, suivi dans le deuxième axe par une mise en avant des aspects innovants de notre projet. Le troisième axe est consacré à une analyse stratégique du marché, tandis que le quatrième axe traite de notre plan de production et d'organisation. Nous avons ensuite abordé l'étude financière dans le cinquième axe. Enfin, dans le sixième et dernier axe, nous avons présenté notre premier prototype.



Premier axe

Présentation Du projet



I.1 Idée de projet

I.1.1 Début de l'idée et son évolution

Avant de présenter notre projet, nous accordons une priorité à la présentation de la technologie utilisée dans notre solution, ainsi qu'à l'explication des problématiques qui motivent notre thématique et son évolution. Cette approche nous permet d'offrir une meilleure compréhension de notre proposition au lecteur.

I.1.1.1 Phénomène naturel de l'osmose

L'osmose est un phénomène naturel qui se produit lorsque deux liquides de concentrations différentes sont séparés par une membrane semi-perméable. La membrane semi-perméable permet le passage des molécules d'eau mais empêche les solutés (particules dissoutes dans l'eau) de passer à travers elle.

Lorsque la concentration d'un soluté est plus élevée dans un des liquides par rapport à l'autre, les molécules d'eau ont tendance à se déplacer du liquide avec une concentration plus faible de soluté vers celui avec une concentration plus élevée de soluté, afin d'équilibrer les concentrations de chaque côté de membrane.¹ Ce processus continue jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint et que les concentrations de chaque côté de la membrane soient égales.

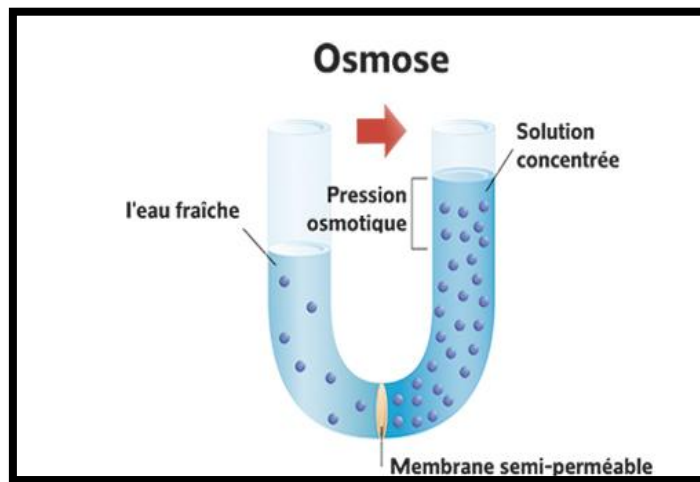
I.1.1.2 Principe de fonctionnement

Une baignoire divisée en deux parties égales par une membrane semi-perméable. La partie gauche de la baignoire est remplie d'eau pure tandis que la partie droite contient une solution de sel très concentrée (**figure I .1**).

Au début, il y a une différence de concentration entre les deux côtés de la membrane, car il y a peu de sel dans l'eau pure et beaucoup de sel dans la solution concentrée. Les molécules d'eau vont alors naturellement migrer de la partie gauche vers la partie droite de la baignoire, dans un processus appelé osmose. Au fur et à mesure que les molécules d'eau passent à travers la membrane, la partie droite de la baignoire se remplit d'eau, diluant la concentration de la solution de sel. Finalement, l'équilibre sera atteint lorsque la concentration de sel sera la

¹ Bostock, C. A. & Baker, K. F. (2013). *Plant Physiology and Biochemistry from Functional Plant Biology*. Wiley-Blackwell, 623 pages.

même des deux côtés de la membrane et qu'il n'y aura plus de mouvement net de molécules d'eau à travers la membrane.¹



*FIGURE I.1: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OSMOSE.*²

I.1.1.3 Phénomène de l'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous, qui utilise des membranes semi-perméables sous l'effet d'une pression élevée (environ 54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Contrairement à d'autres méthodes, l'osmose inverse se déroule à température ambiante et ne nécessite pas de changement de phase. Les membranes polymères employées permettent uniquement le passage des molécules d'eau, tout en excluant les particules, les sels dissous et les molécules organiques de taille inférieure à 10⁻⁷mm. Le processus d'osmose inverse ne requiert que de l'électricité pour alimenter les pompes haute pression, et la teneur en sels de l'eau obtenue par osmose inverse est généralement d'environ 0,5 g/l.³ Cette technologie est couramment utilisée pour la production d'eau potable, l'industrie alimentaire et pharmaceutique, ainsi que dans d'autres applications nécessitant une eau hautement purifiée.

¹ Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). *Campbell Biology*, 10^{ème} édition. Pearson Education, 1488 pages.

² Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). *Campbell Biology*, 10^{ème} édition. Pearson Education, 1488 pages.

³ Elimelech, M. et Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717. <https://doi.org/10.1126/science.1200488>

I.1.1.4 Principe de fonctionnement

Il existe deux récipients remplis d'eau. L'un contient de l'eau de mer, tandis que l'autre contient de l'eau douce. Avec une membrane semi-perméable entre les deux récipients (**figure I .2**), l'eau de mer commence à traverser la membrane et à s'accumuler dans le récipient d'eau douce. Cela se produit parce que la membrane semi-perméable ne permet pas aux ions et aux molécules plus grosses, tels que le sel, de passer à travers, mais elle permet à l'eau pure de passer. En conséquence, l'eau de mer, qui contient une concentration plus élevée de sel, va migrer à travers la membrane vers l'eau douce, qui a une concentration de sel plus faible. Le processus d'osmose inverse utilise une pompe pour forcer l'eau à travers la membrane semi-perméable à une pression élevée, ce qui permet de purifier l'eau et d'éliminer les impuretés telles que les sels, les métaux lourds et autres contaminants.

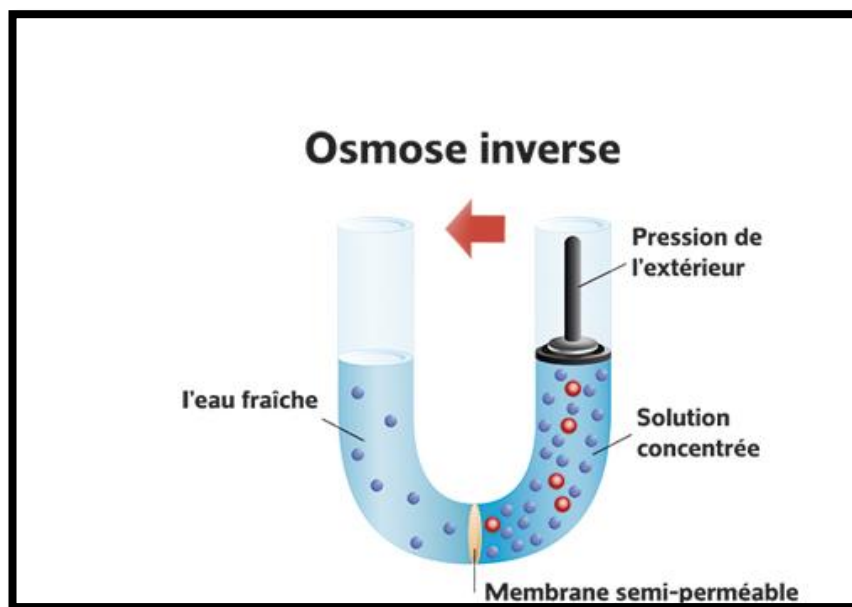


FIGURE I .2: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OSMOSE INVERSE.¹

I.1.1.5 Membranes d'osmose inverse

Une membrane est une barrière de quelques centaines de nanomètres à quelques millimètres d'épaisseur, sélective, quo us l'effet d'une force de transfert, permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances, dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de

¹ Elimelech, M. et Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. Science, 333(6043), 712-717. <https://doi.org/10.1126/science.1200488>

Transfer.¹ Elles sont utilisées dans les systèmes d'osmose inverse pour filtrer l'eau et éliminer les contaminants.

I.1.1.6 Problématique

Après avoir acquis une compréhension approfondie de ces nouveaux termes liés au domaine de l'hydraulique en général et en particulier, distincts de notre domaine d'études (Electronique des Systèmes embarqués), nous avons identifié quatre problèmes majeurs qui ont servi de catalyseur et de moteur principal pour la progression de ce projet :

A. Dans le coté pédagogique

Le manque d'équipements dans les laboratoires universitaires algériens pose un défi important pour les étudiants dans divers domaines techniques. Plus particulièrement, les travaux pratiques portant sur le principe de l'osmose inverse sont souvent affectés par la rareté de cet équipement. Dans ces conditions, les étudiants éprouvent des difficultés à assimiler ce principe de manière pratique et efficace, en raison du partage d'un seul équipement entre plus de 40 d'entre eux.

B. Dans le coté environnement

Au cours des récentes années, l'Algérie fait face à une tendance croissante de l'exposition à la sécheresse, une problématique majeure pouvant survenir dans tout pays.

La sécheresse est une situation climatique caractérisée par une insuffisance des précipitations pendant une période prolongée, entraînant des déficits en eau dans les sols et les réserves d'eau de surface et souterraines, ce qui a des effets négatifs sur l'agriculture, l'environnement et la société en général²

C. Dans le coté industriel

Dans de nombreuses installations industrielles opérant dans les secteurs de l'alimentation, de la pharmacie et des boissons, l'acquisition d'un équipement d'osmose inverse est impérative pour assurer la qualité et la sécurité de la production, exemples :

- L'usine de production de Coca-Cola.
- L'usine de fabrication de fromage.

¹ Elimelech, M. et Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717. <https://doi.org/10.1126/science.1200488>

² Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2020). La sécheresse en chiffres. Récupéré sur <http://www.fao.org/3/ca9692fr/CA9692FR.pdf>

- L'usine de production de médicaments diversifiés.

D. Dans le coté économique

L'acquisition de ce système depuis l'étranger est soumise à des coûts significatifs dus aux frais élevés de production et d'importation, donc ces systèmes ont un cout très élevé pour l'achat et l'installation ainsi que la maintenance.

I.1.1.7 Solution

Face aux différentes problématiques rencontrées, nous avons étudié la faisabilité de la conception d'un système d'osmose inverse en Algérie (local), tout en l'améliorant pour qu'il réponde aux dernières avancées technologiques et soit automatisé.

I.1.2 Détermination de nos actions et les méthodes à utiliser pour ce projet

Dans le cadre de ce projet nous allons généralement procéder à La conception d'un banc d'étude hydraulique à base d'un automate programmable donc la mise en place d'un système d'osmose inverse automatique, Nos action et méthodes sont :

- ✓ Conception et planification
- ✓ Choix des composants
- ✓ Construction et programmation du système
- ✓ Test et débogage
- ✓ Documentation

Pour la construction d'un système d'osmose inverse, il est essentiel de sélectionner avec soin les équipements nécessaires, Toutefois, avant de procéder à la construction, il convient de déterminer les spécifications relatives à la quantité d'eau à filtrer et aux exigences de qualité d'eau. Cette démarche garantit l'efficacité et la fiabilité du système et Il est recommandé d'installer le système d'osmose inverse selon des normes professionnelles et des procédures techniques précises en respectant l'ordre des équipements indiqués dans le schéma synoptique correspondant.

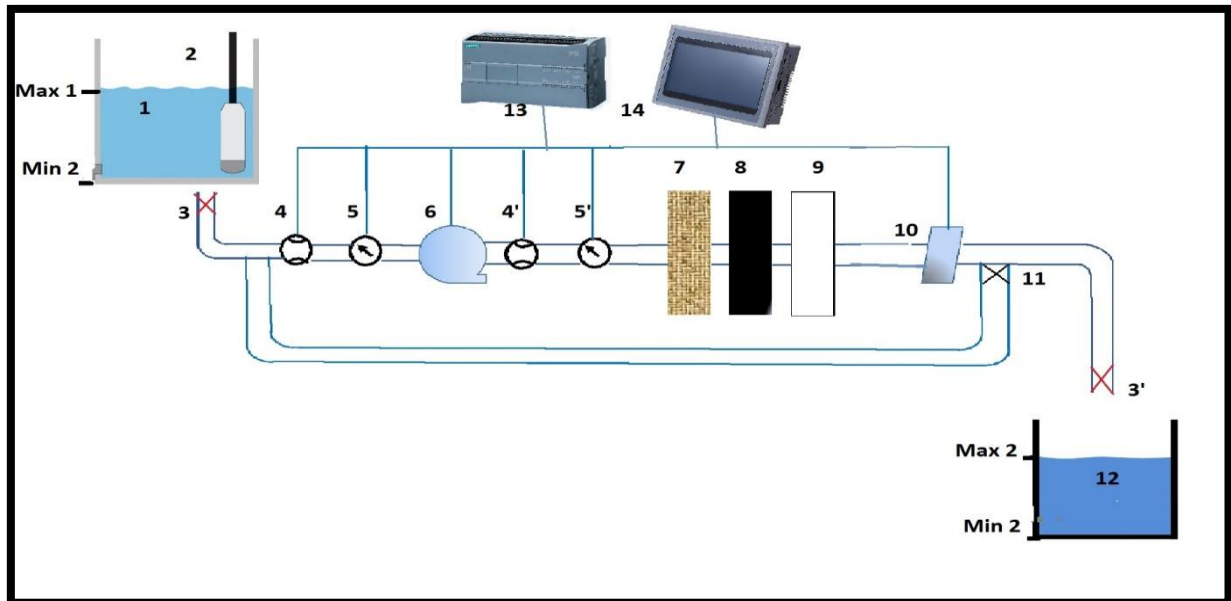


Figure I. 2: Installation d'osmose inverse automatique.

- 1 - Une cuve d'alimentation d'eau brute
- 2- Un capteur de turbidité
- 3- Une vanne TOR
- 4- Un capteur de débit
- 5- Un capteur de pression
- 6- La pompe en eau
- 4'- Un capteur de débit
- 5'- Un capteur de pression
- 7- Cartouche de membrane à filtre à sable
- 8- Cartouche de membrane à filtre à charbon actif
- 9- Cartouche de membrane d'osmose inverse
- 10- Un capteur de conductivité
- 11- une vanne de régulation
- 3'- Une vanne TOR
- 12- Une cuve d'eau brute
- 13- Un automate programmable
- 14- Un écran de supervision

I.1.3 Localité d'exécution de ce projet

Après une entente complète entre les membres de l'équipe en charge de réaliser ce projet et sa présentation aux responsables de la formation des étudiants porteurs de projets de start-up, ces derniers ont décidé d'incuber et de concrétiser le projet dans l'incubateur de l'Université

de BOUIRA. À cette fin, l'ensemble du matériel nécessaire à sa réalisation sera fourni, ainsi qu'un environnement de travail propice. En conséquence, le projet débutera officiellement dans cet incubateur.

I.1.4 Domaines d'utilisations

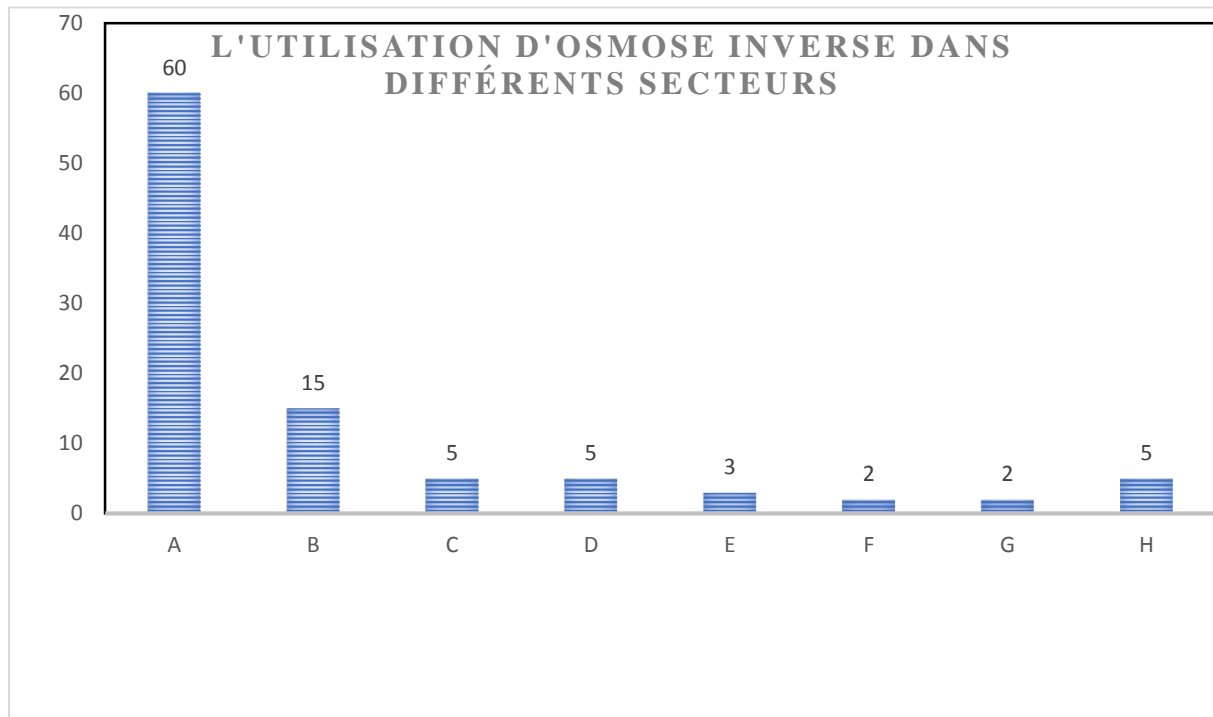
La technologie de l'osmose inverse automatique est largement utilisée dans de nombreux secteurs professionnels pour fournir de l'eau propre et sûre en éliminant les contaminants et les impuretés à l'aide d'une membrane semi-perméable voici une liste détaillée des secteurs où l'osmose inverse automatique est utilisée :

- A.** Traitement de l'eau et dessalement : Environ 60% de l'osmose inverse est utilisée pour le traitement de l'eau potable et le dessalement de l'eau de mer.
- B.** Industrie agroalimentaire : Environ 10-15% de l'osmose inverse est utilisée dans l'agroalimentaire pour la concentration des jus, le lavage des équipements, etc.
- C.** Industrie pharmaceutique : Environ 5% de l'osmose inverse est utilisée pour produire de l'eau purifiée dans l'industrie pharmaceutique.
- D.** Industrie électronique : Environ 5% de l'osmose inverse est utilisée pour produire de l'eau ultra-pure dans la fabrication des semi-conducteurs.
- E.** Traitement des eaux usées : Environ 3% de l'osmose inverse est utilisée pour le traitement et le recyclage des eaux usées.
- F.** Industrie chimique : Environ 2% de l'osmose inverse est utilisée dans l'industrie chimique.
- G.** Aquaculture et aquariophilie : Environ 1-2% de l'osmose inverse est utilisée pour l'aquaculture et les aquariums.
- H.** Autres (énergie, médical, automobile) : Environ 5%.¹

Avec ces données, on peut faire l'histogramme suivant pour représenter les usages de l'osmose inverse automatique dans différents secteurs

¹ Linares, R. V., Falcao, A. X., & Velizarov, S. (2017). A review on the main processes for water treatment used in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 10(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1827-6>

FIGURE I. 3: USAGES D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUE DANS DIFFERENTS SECTEURS.



I.2 Valeurs proposées dans le projet

Dans ce projet de réalisation d'un système d'osmose inverse automatique en Algérie, développé par des étudiants en génie électrique et en hydraulique de l'université de BOUIRA, voici quelques-unes des valeurs proposées pour les clients :

- ✓ **Innovation technologique** : En développant un système d'osmose inverse automatique, le projet apporte une innovation technologique dans le domaine de la purification de l'eau, offrant aux clients une solution plus efficace et plus pratique que les technologies de purification d'eau traditionnelles.
- ✓ **Accessibilité financière** : En tant que startup, le projet peut offrir des prix compétitifs pour son système d'osmose inverse automatique, rendant la purification de l'eau accessible à une plus grande partie de la population.
- ✓ **Facilité d'utilisation** : Le système d'osmose inverse automatique est conçu pour être facile à utiliser, ce qui permet aux clients de bénéficier d'une eau pure et saine sans avoir besoin d'une expertise technique.
- ✓ **Durabilité environnementale** : En fournissant une solution de purification d'eau durable, le projet aide les clients à réduire leur impact environnemental en évitant

l'achat de bouteilles en plastique et en réduisant les déchets liés à la purification de l'eau.

- ✓ **Formation et développement de compétences** : En impliquant des étudiants locaux dans le projet, il offre une opportunité de formation pratique et de développement de compétences pour la prochaine génération d'ingénieurs et de techniciens. Cela peut également contribuer à la création d'emplois et au développement économique local.

I.3 Equipe de projet

Une équipe qualifiée est destinée à concrétiser le projet, depuis la planification jusqu'à la livraison finale. Elle est composée, comme l'illustre le **Tableau 1.1.** de deux étudiantes spécialisées en électronique des systèmes embarqués, formées dans l'incubateur de l'université de BOUIRA , d'un promoteur expérimenté dans l'automatisation industrielle, de collaborateurs issus de la communauté universitaire en général, de la Faculté des sciences et des sciences appliquées, et en particulier du département de génie électrique. Cette équipe technique et professionnelle collabore étroitement pour garantir le succès du projet dans les délais impartis et en respectant les normes de qualité requises, depuis la conception du prototype expérimental initial jusqu'à la mise en place de la start-up prospère.

Tableau 1.1: Equipe de projet.

Nom et prénom	La profession	Spécialité	Niveau
DR.AREZKI FEKIK	Encadreur	Electrotechnique	maitre des conférences classe A au département de génie électrique
ABDELLAOUI SARAH	Etudiante 1	Electronique des systèmes embarqués	Master 2
AZGAG NOUR EL HOUDA	Etudiante 2	Electronique des systèmes embarqués	Master 2

I.4 Objectifs de projet

La mise en place de ce projet a pour but d'atteindre plusieurs objectifs professionnels :

- Offrir une technologie de traitement de l'eau de haute qualité, à un coût abordable, aux clients algériens.

- Proposer un système d'osmose inverse automatique performant, capable d'éliminer efficacement les impuretés et les contaminants, conformément aux normes et réglementations en vigueur, pour contribuer à améliorer la qualité de l'eau potable en Algérie.
- Éduquer les consommateurs algériens sur l'importance de l'eau potable de qualité, ainsi que sur l'utilisation de technologies de traitement de l'eau fiables et professionnelles, pour favoriser une meilleure gestion de l'eau.
- Développer une entreprise rentable et durable qui permettra de créer des emplois et de soutenir la croissance économique en Algérie.
- Élargir la portée de l'entreprise au-delà de l'Algérie pour atteindre des marchés internationaux et accroître son influence dans l'industrie du traitement de l'eau, en proposant une technologie innovante, efficace et respectueuse de l'environnement.

I.5 Calendrier pour la réalisation de projet

Il est possible que la réalisation d'un système d'osmose inverse automatique industriel prenne plusieurs mois. Voici un calendrier approximatif pour ce projet avec l'explication de chaque phase

TABLEAU I. 2: CALENDRIER DE LA REALISATION DE PROJET.

Phases à suivre	Nombre de semaines au cours d'une phase
1. Conception et planification	3 jusqu'à 4
2. Approvisionnement des composants	2 jusqu'à 3
3. Construction et programmation du système	4 jusqu'à 5
4. Tests et débogage	2 jusqu'à 3
5. Documentation	4 jusqu'à 5

- ✓ **Conception et planification** : cette phase implique la définition des spécifications du système, la conception d'un schéma de principe détaillé, la sélection des composants et l'établissement d'un plan de travail détaillé. En raison de la complexité de l'industrialisation du système, cette phase peut prendre plus de temps que pour un prototype.
- ✓ **Approvisionnement des composants** : il s'agit de commander les composants nécessaires à la construction du système, tels que les membranes d'osmose inverse, les

pompes, les capteurs et les vannes, en tenant compte des exigences spécifiques de l'industrie.

- ✓ **Construction du système** : lors de cette étape, vous construirez physiquement le système en assemblant les composants selon le schéma de principe établi. Vous effectuerez également les connexions électriques et électroniques, en vous assurant que le système est conforme aux normes de sécurité et de qualité en vigueur dans l'industrie.
- ✓ **Tests et débogage** : après avoir construit le système, vous devrez effectuer une série de tests pour vérifier que le système fonctionne comme prévu. Cette phase comprendra également le débogage et l'optimisation du système pour atteindre les performances requises.
- ✓ **Documentation** : la dernière étape consiste à documenter le système en produisant des manuels d'utilisation, des manuels d'entretien, des fiches techniques, des rapports techniques détaillant le fonctionnement du système et les résultats des tests, ainsi que tous les autres documents pertinents pour la gestion du système.



Deuxième axe

Aspects innovants



II.1 Nature des innovations de ce projet

Ce projet est caractérisé par l'intégration de plusieurs types d'innovations majeures, notamment :

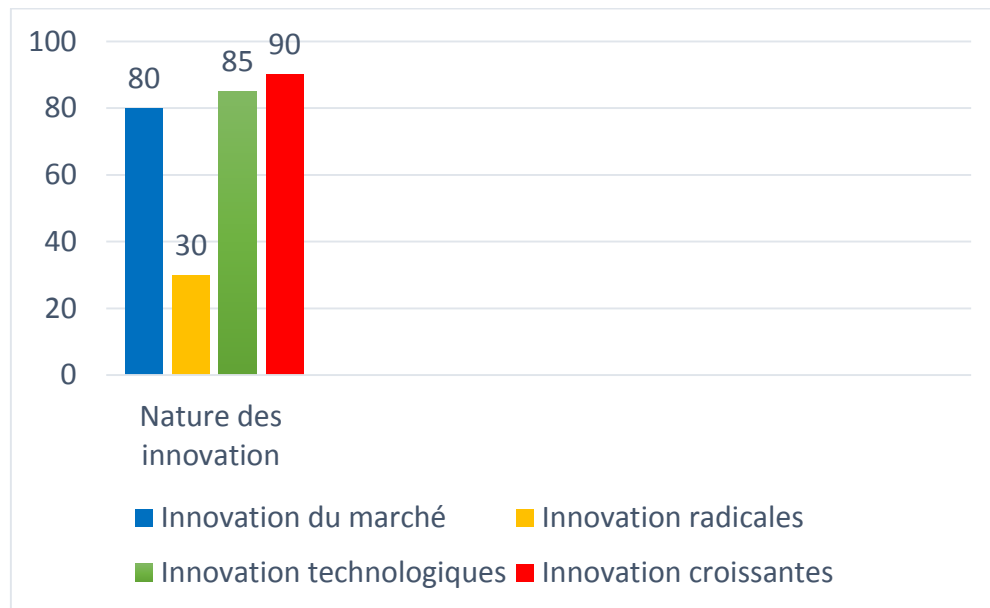


FIGURE II. 1: NATURE DES INNOVATIONS.

II.2 Domaines d'innovation de ce projet

Les domaines d'innovation de ce projet de réalisation d'un système d'osmose inverse automatique pour la première fois en Algérie pourraient inclure :

1. L'adoption de la technologie de l'osmose inverse représente une véritable avancée en matière de purification de l'eau. En effet, ce procédé est très efficace pour éliminer les impuretés et les contaminants présents dans l'eau, tels que les sels, les bactéries, les virus et les particules en suspension. En outre, L'utilisation d'un automate programmable dans le système d'osmose inverse offre de nombreux avantages professionnels et techniques. L'automate permettra un contrôle précis et efficace du processus de désalinisation de l'eau, en s'adaptant aux différentes conditions de fonctionnement du système. Il permettra également une surveillance à distance, une analyse en temps réel des performances du système, et une prise de décisions automatisée pour optimiser les performances et réduire les coûts de maintenance. Ces fonctionnalités innovantes aideront les techniciens à détecter rapidement les problèmes et à optimiser l'efficacité énergétique du système, tout en augmentant la durée de vie des composants.

2. La mise en place de systèmes d'osmose inverse automatique peut présenter des avantages environnementaux significatifs pour les ménages. Du point de vue technique, ces systèmes fonctionnent en forçant l'eau à travers une membrane semi-perméable pour éliminer les

impuretés et les contaminants, réduisant ainsi considérablement la quantité d'eau nécessaire pour les activités ménagères. Cette réduction de la consommation d'eau peut contribuer à préserver les ressources en eau et à réduire la pression sur les sources d'eau douce. De plus, sur le plan professionnel, les systèmes d'osmose inverse automatique peuvent éliminer une large gamme de polluants de l'eau, tels que les métaux lourds, les nitrates, les pesticides et les produits chimiques industriels. En éliminant ces polluants, ils peuvent contribuer à préserver la qualité de l'eau et à réduire la pollution. L'utilisation de bouteilles en plastique pour stocker et transporter de l'eau potable peut également avoir un impact environnemental négatif. Les systèmes d'osmose inverse automatique peuvent réduire considérablement la quantité de bouteilles en plastique utilisées et jetées chaque année, contribuant ainsi à réduire la pollution plastique.

En outre, ces systèmes peuvent également contribuer à réduire l'empreinte carbone (quantité totale de gaz à effet de serre émis par une personne, une entreprise, un produit ou un événement, exprimée en équivalent CO₂) associée à la production, au transport et à l'élimination des bouteilles en plastique. Les ménages peuvent réduire leur empreinte carbone en produisant leur propre eau potable à l'aide d'un système d'osmose inverse automatique.

Enfin, l'utilisation d'énergies renouvelables telles que l'énergie solaire ou éolienne pour alimenter les systèmes d'osmose inverse automatique peut contribuer à une utilisation efficace des ressources et réduire la dépendance aux combustibles fossiles. Les systèmes d'osmose inverse automatique sont également conçus pour être durables et nécessitent peu d'entretien, ce qui peut contribuer à réduire la quantité de matériaux et de ressources nécessaires pour les fabriquer et les maintenir en bon état.

3. Le projet peut avoir des retombées économiques très positives, car il permettra aux industries (agroalimentaires) et les laboratoires (technique, pharmaceutique) et aux stations de dessalements d'obtenir ce système à moindre coût par rapport à l'importation (le coût local est trois fois moins le coût de l'importation), ce qui peut contribuer à améliorer la santé et le bien-être des populations locales et à promouvoir le développement économique à long terme.

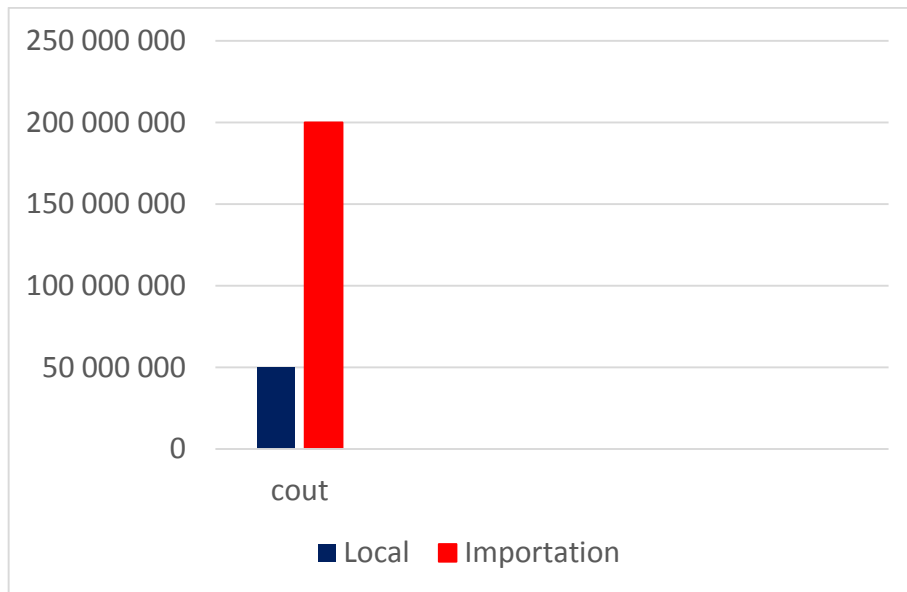


FIGURE II. 2: L'ECART DE COUT ENTRE L'INSTALLATION INDUSTRIELLE LOCALE D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUE ET SON IMPORTATION.

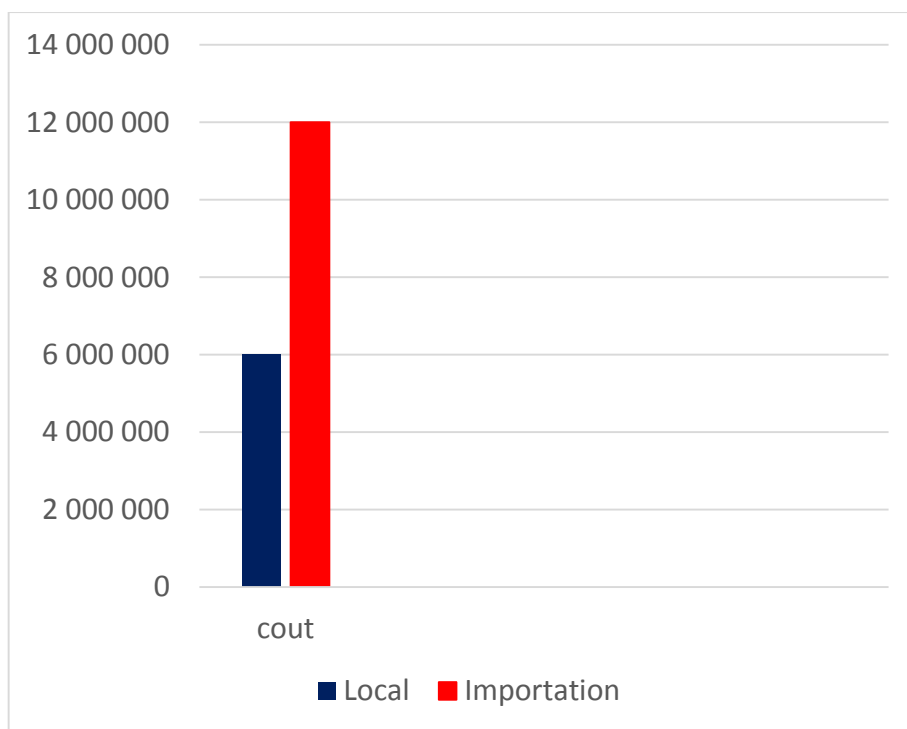


FIGURE II. 3: L'ECART DE COUT ENTRE L'INSTALLATION LABORATOIRE LOCALE D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUE ET SON IMPORTATION.

4. Ce projet aura un impact important sur la création d'emplois directs pour les spécialistes et les techniciens qui seront engagés dans la conception, la mise en place, la maintenance et

l'exploitation du système de désalinisation automatique de l'eau. De plus, l'expansion future du projet nécessitera l'embauche d'un plus grand nombre de travailleurs et de techniciens pour fournir des services de maintenance et de support aux clients. Les jeunes intéressés par les technologies de l'eau, la conception d'ingénierie et la maintenance des systèmes auront ainsi l'opportunité de développer leurs compétences techniques et de contribuer à la réalisation du projet. Ce projet contribuera également au développement économique local en stimulant la création d'industries de services liées à la conception, la mise en place et la maintenance du système de désalinisation automatique de l'eau. Il fournira également des services importants à la communauté locale, stimulant ainsi la croissance économique et créant des emplois supplémentaires dans d'autres secteurs. En conclusion, la mise en œuvre de ce projet de système de désalinisation automatique de l'eau par des méthodes technologiques avancées aura un impact significatif sur l'amélioration de la situation économique de la région environnante en réduisant les taux de chômage.



Troisième axe

Analyse stratégique du marché



III.1 Présentation de secteur de marché

III.1.1 Marché potentiel

Voici une analyse détaillée du marché potentiel pour un projet de startup de conception d'osmose inverse piloté par un automate programmable :

✚ Le marché de l'eau potable et de l'assainissement est très vaste. Selon certaines estimations, il devrait atteindre 480.6 milliards de dollars d'ici 2026.¹ L'osmose inverse est une technologie clé pour le traitement de l'eau et le dessalement, ce qui offre un marché potentiellement énorme.

✚ Les systèmes d'osmose inverse sont utilisés dans de nombreuses industries: production d'eau potable, purification de l'eau de process, dessalement, aquariums publics, hôpitaux, etc. cette solution innovante basée sur un automate programmable pourrait intéresser tous ces segments.

✚ Le marché de l'automatisation industrielle est également en pleine croissance, ce qui pourrait augmenter l'intérêt pour cette solution qui associe osmose inverse et automate programmable.

✚ Les marchés émergents ont également un grand besoin en solutions d'accès à l'eau potable et d'assainissement abordables. Cette solution pourrait répondre à ce besoin.

III.1.2 Marché cible (segment)

Segment 1 : les industries

✚ Les industries agroalimentaires (IAA) : Dans les industries agroalimentaires, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Purification de l'eau nécessaire à la fabrication des produits alimentaires.
2. Concentration de jus, sirops et extraits naturels.
3. Récupération et concentration des eaux de rinçage.
4. Réduction des volumes d'eaux usées avant traitement.

✚ Les industries productrices d'eau pour consommation humaine : Dans les industries productrices d'eau pour consommation humaine, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Purification de l'eau de source ou de l'eau de puits pour la rendre potable.
2. Élimination des micro-organismes, bactéries et virus.
3. Réduction des concentrations de nitrates, métaux lourds et autres contaminants.

¹ MarketsandMarkets. (janvier 2021). Global Drinking Water Market by Product Type, Distribution Channel, and Region - Global Forecast to 2026. MarketsandMarkets Research Private Ltd. Consulté le [12/06/2023], à partir de (<https://www.marketsandmarkets.com/>).

✚ Les industries médicales : Dans les industries médicales, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les processus de stérilisation.
2. Fabrication de solutions d'hémodialyse.
3. Purification d'eau pour les équipements de diagnostic et d'analyse médicale.

✚ Les industries pharmaceutiques : Dans les industries pharmaceutiques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les processus de fabrication.
2. Purification d'eau pour les équipements de recherche et de production.
3. Élimination des impuretés et des contaminants pour garantir la qualité des produits finis.

✚ Les industries cosmétiques : Dans les industries cosmétiques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau purifiée pour la fabrication des produits cosmétiques.
2. Élimination des impuretés et des contaminants pour garantir la qualité des produits finis.

✚ Les industries chimiques : Dans les industries chimiques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les processus de fabrication.
2. Purification d'eau pour les équipements de recherche et de production.
3. Séparation et concentration de produits chimiques.

✚ Les industries électroniques : Dans les industries électroniques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les processus de fabrication de semi-conducteurs et de circuits imprimés.
2. Nettoyage des surfaces et des composants électroniques.

✚ Les industries biotechnologiques : Dans les industries biotechnologiques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les processus de fabrication.
2. Purification d'eau pour les équipements de recherche et de production.

Segment 2: Les laboratoires universitaires

✚ Les labos techniques : Dans les labos techniques, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Production d'eau ultra pure pour les expériences et les analyses.
2. Purification d'eau pour les équipements de recherche et d'analyse.

Segment 3 (après que la startup connu une croissance significative et ait été transformée en une entreprise) : Les stations de dessalement

1. Conversion d'eau de mer ou d'eau saumâtre en eau douce pour la consommation humaine, l'irrigation ou l'industrie.

2. Élimination des sels et des minéraux dissous.

Segment 4 (après que la startup connu une croissance significative et ait été transformée en une entreprise): Offre la pratique de réutilisation des eaux usées pour les grandes industries

✚ Industries pétrolières et gazières : Dans les industries pétrolières et gazières, l'osmose inverse est utilisée pour :

1. Traitement des eaux usées pour la réutilisation dans les processus de production.

2. Récupération d'eau pour le refroidissement et le nettoyage des équipements.

III.1.3 Contrats d'achat avec certains clients importants

1) Pour le secteur agroalimentaire, nous pourrions proposer un « **contrat d'approvisionnement de solutions intégrées de traitement des effluents par osmose inverse** ». Ces contrats incluraient la conception, l'installation et la mise en service de systèmes automatisés d'osmose inverse pour une production optimisée d'eau déminéralisée conforme aux normes alimentaires. Nous proposerions d'assurer la gestion complète du projet jusqu'à la livraison finale des équipements et la formation du personnel à la conduite de l'installation. Des clauses de performance et de pénalités garantiraient la qualité microbiologique de l'eau produite.

2) Pour les villes et compagnies des eaux, nous pourrions proposer des « **contrats de délégation du traitement de potabilisation des eaux par osmose inverse** ». Ces contrats incluraient la conception des unités de traitement par osmose inverse sur la base d'analyses approfondies de la ressource en eau, la fabrication sur mesure d'équipements automatisés, l'installation et la mise en exploitation des unités, et la formation de techniciens à la conduite et à la maintenance du procédé. Des garanties de performance sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau produite seraient incluses.

3) Dans le domaine médical, des « **contrats de production externalisée d'eau pure conforme aux pharmacopées** » pourraient être proposés. Nous assurerions la conception redondante de systèmes automatisés et qualifiés de production d'eau pure, leur installation certifiée dans les unités de soins, et leur exploitation par du personnel qualifié sous la responsabilité de notre startup. Des obligations de moyens et de résultat sur la qualité chimique et microbiologique de l'eau garantiraient son aptitude à un usage médical.

Des contrats similaires pourraient être proposés à l'industrie électronique, avec des exigences encore plus drastiques sur la qualité de l'eau ultra pure fournie.

III.2 Intensité de la concurrence

III.2.1 Nos concurrents directs et indirects

En présentant notre analyse de la concurrence pour mettre en avant les avantages compétitifs de notre startup par rapport à ses concurrents.

III.2.1.1 Concurrents directs

1) Sociétés algériennes d'équipements de traitement d'eau : quelques entreprises locales proposent des solutions d'osmose inverse, comme Aquatec, Aqua Filter, HydroTech. Cependant, elles semblent surtout axées sur l'importation et la distribution de produits, moins sur la conception de solutions automatisées sur mesure. Nous aurions un avantage sur la personnalisation des systèmes.

2) Filiales algériennes de multinationales du traitement de l'eau : des compagnies comme Veolia Eau et Suez proposent des solutions d'osmose inverse en Algérie, mais plutôt destinées aux très gros projets municipaux. Pour des clients moyens, on peut offrir une alternative plus agile et orientée services.

III.2.1.2 Concurrents indirects

1) Fournisseurs internationaux d'équipements d'osmose inverse:

FILMTEC (Dow Chemical Company) : C'est le leader mondial des membranes d'osmose inverse, ils fabriquent également des systèmes complets. Ils ont une part de marché très importante, supérieure à 50%.¹

Hydranautics (Nitto Denko) : Autre acteur majeur, fabricant de membranes et de systèmes d'osmose. Plus de 30% de part de marché.²

Toray : Société japonaise, plus de 10% de part de marché. Spécialisée dans les membranes notamment.³

Il existe quelques autres acteurs de taille plus modeste comme Dow/Dupont, Toyobo, etc.

¹ ResearchAndMarkets. (mai 2021). Global Reverse Osmosis Membrane Market Outlook to 2026. ResearchAndMarkets.com. Consulté le [12/06/2023], à partir de ([https://www.researchandmarkets.com/reports/5306088/global-reverse-osmosis-membrane-market-outlook-to-2026?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=6q3gfv&utm_campaign=1538447+-+Global+Reverse+Osmosis+Membrane+Market+Outlook+to+2026\)%3a+Key+Players+are+The+Dow+Chemical+Company%2c+Toray+Industries+and+Hydranautics&utm_exec=joca220prd](https://www.researchandmarkets.com/reports/5306088/global-reverse-osmosis-membrane-market-outlook-to-2026?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=6q3gfv&utm_campaign=1538447+-+Global+Reverse+Osmosis+Membrane+Market+Outlook+to+2026)%3a+Key+Players+are+The+Dow+Chemical+Company%2c+Toray+Industries+and+Hydranautics&utm_exec=joca220prd))

² Jones, T. (2020). Membrane manufacturers take top spots in RO membrane market. Filtration + Séparation, 57(2), 22-23.

³ Filtration + Séparation. 2019. "Toray beats Hydranautics to become world's biggest RO membrane maker." Filtration + Séparation 56(1): 11.

2) Entreprises étrangères spécialisées dans les équipements de traitement d'eau automatisés: des sociétés leaders comme Xylem (USA) et Evoqua (USA) proposent des solutions très avancées d'osmose inverse et de traitement des eaux industrielles avec une forte composante logicielle et de services associés. Cependant, elles restent axées sur les marchés plus matures.

En définitive, même si la concurrence est réelle, il existe des opportunités sur certains segments de marché et une place pour une startup algérienne axée sur l'automatisation avancée et les services à forte valeur ajoutée. Avec un positionnement bien choisi, on peut devenir un acteur de premier plan dans ce domaine en Algérie.

III.2.2 Points forts et les points faibles de nos concurrents

III.2.2.1 Concurrents indirects (Filmtec, Hydranautics, Toray)

A. Points forts :

- ✓ Expertise et expérience approfondie dans les membranes et systèmes d'osmose inverse.
- ✓ Produits de haute qualité avec des performances élevées.
- ✓ Marques reconnues et références prestigieuses.
- ✓ Capacités de production et financières importantes.

B. Points faibles :

- ✓ Prix généralement élevés, peu adaptés aux marchés à budget limité.
- ✓ Peu de proximité avec les clients locaux algériens.
- ✓ Offre peu personnalisable aux besoins spécifiques.

III.2.2.2 Concurrents directs (intégrateurs et distributeurs locaux)

A. Points forts :

- ✓ Bonne connaissance du marché local et des clients algériens.
- ✓ Capacité à proposer des solutions sur mesure et personnalisées.
- ✓ Prix potentiellement plus compétitifs.

B. Points faibles :

- ✓ Expertise technique limitée dans les systèmes d'osmose inverse complexes.
- ✓ Dépendance vis-à-vis des fournisseurs de composants.
- ✓ Capacités financières et de production plus modestes.
- ✓ Image de marque peu valorisante par rapport aux grands acteurs.

III.3 Stratégies marketing

Notre entreprise développera une solution d'osmose inverse automatisée pour répondre aux besoins de clients variés, allant des industries aux clients résidentiels. Pour promouvoir notre produit, nous mettrons en place des stratégies marketing efficace

1) Étude de marché : Nous mènerons une étude de marché pour comprendre la demande potentielle pour notre produit, identifier les segments de clients et étudier la concurrence et les tendances du marché. Nous constaterons un fort potentiel de marché, en particulier dans les industries et les entreprises de traitement de l'eau. Nous identifierons deux segments cibles prioritaires : les industries et les clients résidentiels. Nous étudierons également la concurrence pour développer une stratégie de positionnement efficace.

2) Segmentation, ciblage et positionnement : Nous segmenterons le marché en fonction de critères tels que le type d'industrie, la taille de l'entreprise et le niveau de consommation d'eau. Nous choisirons les segments cibles prioritaires en fonction de leur potentiel de croissance et de leur capacité à générer des revenus. Nous positionnerons notre produit en mettant en avant ses avantages et caractéristiques uniques, tels que l'efficacité énergétique, la facilité d'utilisation et d'entretien, la réduction des coûts d'exploitation et la durabilité.

3) Marketing mix : Nous développerons notre stratégie marketing en utilisant les 4 P : Produit, Prix, Publicité et promotion, Placement. Nous développerons une gamme de produits pour répondre aux besoins des différents segments de clients. Nous adopterons une stratégie de tarification compétitive pour maximiser nos ventes. Nous utiliserons différentes techniques de publicité et de promotion pour faire connaître notre produit, notamment la création d'un site web professionnel, la rédaction d'articles de blog et l'utilisation des réseaux sociaux. Nous choisirons également des canaux de distribution efficaces pour atteindre nos segments cibles prioritaires.

4) Création de contenu : Nous développerons un site web dédié pour informer les clients potentiels sur notre produit, ses spécifications techniques, ses avantages et des études de cas. Nous créerons également des fiches techniques, des vidéos et des guides d'utilisation pour aider les clients à comprendre le fonctionnement de notre produit.

5) Relation client : Nous mettrons en place un service client pour répondre aux questions avant l'achat et assurerons un bon service après-vente avec une hotline technique, des formations, des pièces de rechange disponibles, etc. Nous utiliserons également des techniques de marketing par e-mail pour rester en contact avec nos clients et leur fournir des informations et des offres promotionnelles régulières.

6) Marketing digital : Nous utiliserons des techniques de marketing digital pour accroître notre visibilité et toucher un public plus large. Nous ferons notamment de la publicité en ligne, sur les moteurs de recherche et les réseaux sociaux. Nous pratiquerons également l'emailing et enverrons une newsletter régulière à nos contacts.

7) Événementiel : Nous participerons à des salons professionnels, organiserons des journées portes ouvertes dans nos locaux et ferons des démonstrations de notre produit chez des clients clés ou distributeurs pour promouvoir notre produit.

8) Partenariats : Nous nouerons des partenariats avec des acteurs complémentaires pour toucher de nouveaux clients potentiels, tels que des vendeurs d'adoucisseurs d'eau, des traiteurs ou des hôtels-restaurants.

9) Veille technologique : Nous suivrons les innovations dans le domaine de l'osmose inverse et de l'automatisation pour faire évoluer notre produit et préserver notre avance technologique sur les concurrents.

En conclusion avec l'utilisation de ces techniques et méthodes de marketing, nous réussirons à promouvoir efficacement notre solution d'osmose inverse automatisée auprès de nos segments cibles prioritaires, en maximisant nos ventes et en augmentant notre visibilité sur le marché. Nous continuerons à utiliser ces stratégies pour maintenir notre position de leader sur le marché.



Quatrième axe

Plan de production et d'organisation



IV.1 Processus de production

Les processus de production de notre startup, qui produit des systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable, peuvent varier en fonction des spécificités de chaque produit et de la startup elle-même.

IV.1.1 Première activité

Conception et planification du produit : Cela implique la définition des spécifications techniques, la conception du produit, la sélection des matériaux, des composants et des équipements nécessaires, ainsi que la planification du processus de production.

IV.1.2 Deuxième activité

Approvisionnement en matières premières et composants : membranes d'osmose inverse semi perméable, pompes, vannes, tuyaux, automate programmable, etc. Ces composants sont commandés chez des fournisseurs spécialisés.

IV.1.3 Troisième activité

Fabrication et assemblage : Les différentes étapes de fabrication et d'assemblage des composants sont effectuées en utilisant des équipements de production et des outils appropriés. Cela peut inclure la découpe, le perçage, le moulage, le soudage, l'assemblage et le test des différents composants.

IV.1.4 Quatrième activité

Programmation de l'automate : L'automate programmable est configuré et programmé pour contrôler le processus de production et assurer le bon fonctionnement du système d'osmose inverse.

IV.1.5 Cinquième activité

Test de l'ensemble du système : on fait circuler de l'eau à travers le système pour s'assurer que toute la tuyauterie est étanche et que les pompes, vannes et membranes fonctionnent correctement. L'automate est aussi testé pour vérifier qu'il pilote bien l'ensemble du processus.

IV.1.6 Sixième activité

Conditionnement et stockage : le système est étiqueté et entreposé de façon à être protégé avant expédition chez le client.

IV.1.7 Septième activité

Expédition et livraison : le système est chargé sur un camion et livré au client final avec une documentation technique complète lui permettant de l'installer et de l'utiliser.

IV.1.8 Huitième activité

Maintenance et support : Les clients peuvent avoir besoin d'une assistance technique et de maintenance pour les produits achetés, ce qui implique la mise en place d'un système de support

client pour répondre à leurs besoins. Alors la startup assure le service après-vente et la maintenance des systèmes installés avec possibilité de dépannage sur site et fourniture de pièces détachées.

Nous pouvons utiliser un schéma qui explique les étapes du processus de production :

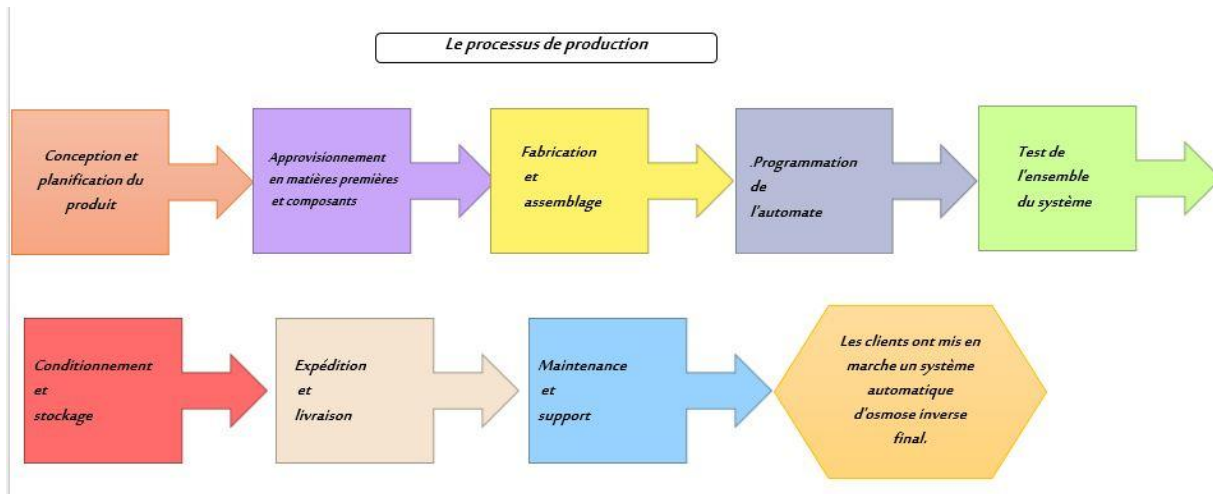


FIGURE IV. 1: PROCESSUS DE PRODUCTION DES SYSTEMES D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUES.

IV.2 Approvisionnement

IV.2.1 Politique d'achat

La politique d'achat d'une startup de fabrication de systèmes d'osmose inverse automatique dépendra de plusieurs facteurs, notamment le budget disponible, les besoins de l'entreprise, les caractéristiques des produits proposés par la startup et les objectifs à court et à long terme de l'entreprise.

Voici quelques étapes pour mettre en place une politique d'achat efficace :

- ✓ Minimiser les coûts initiaux en trouvant les fournisseurs les moins chers tout en maintenant une certaine qualité.
- ✓ Privilégier les fournisseurs locaux pour réduire les délais et les frais de transport.
- ✓ Diversifier les fournisseurs avec au moins deux par composant clé pour éviter les ruptures.
- ✓ Négocier des conditions avantageuses grâce aux volumes croissants.
- ✓ Mettre en place des procédures de contrôle qualité.
- ✓ Évaluer régulièrement les performances des fournisseurs et en tester de nouveaux.

IV.2.1.1 Matières premières

Membrane d'osmose inverse semi-perméable : Il est important de choisir une membrane de haute qualité pour assurer une filtration efficace et une longue durée de vie du système. Les membranes peuvent être achetées auprès de fabricants spécialisés dans les membranes d'osmose inverse.

IV.2.1.2 Matériaux et fournitures

- Tuyaux : Les tuyaux doivent être résistants à la corrosion et durables pour assurer la fiabilité et la durée de vie du système. Les tuyaux peuvent être achetés auprès de fournisseurs spécialisés dans les tuyaux pour les systèmes d'osmose inverse.

- Connecteurs : Les connecteurs doivent être de haute qualité pour éviter les fuites et assurer une connexion étanche entre les différents éléments du système. Les connecteurs peuvent être achetés auprès de fournisseurs spécialisés dans les connecteurs pour les systèmes d'osmose inverse.

- Vannes : Les vannes doivent être de haute qualité et fiables pour assurer le bon fonctionnement du système. Les vannes peuvent être achetées auprès de fournisseurs spécialisés dans les vannes pour les systèmes d'osmose inverse.

- Capteurs : Les capteurs doivent être de haute qualité et précis pour mesurer les différentes variables du système, Les capteurs peuvent être achetés auprès de fournisseurs spécialisés dans les capteurs pour les systèmes d'osmose inverse.

- Automate programmable et écran de supervision : L'automate programmable et l'écran de supervision doivent être de haute qualité et fiables pour assurer le bon fonctionnement et la surveillance du système. Ils peuvent être achetés auprès de fournisseurs spécialisés dans les automates programmables et les écrans de supervision pour les systèmes d'osmose inverse.

- Pompe : La pompe doit être de haute qualité pour assurer un débit suffisant d'eau brute dans le système. Les pompes peuvent être achetées auprès de fournisseurs spécialisés dans les pompes pour les systèmes d'osmose inverse.

IV.3 Equipements

- Réservoir de stockage de l'eau brute.
- Capteur de niveau de l'eau brute.
- Capteur de turbidité.
- Deux vannes de la ligne motorisée.
- Pompe d'alimentation en eau.
- Capteur de débit.
- Capteur de pression.

- Capteur de conductivité.
- Vanne de régulation électrique.
- Réservoir de stockage de l'eau pure.
- Capteur de niveau de l'eau pure.

IV.3.1 Fournisseurs les plus importants

- Fournisseurs d'automates programmables
- Fournisseurs d'équipements d'osmose inverse
- Fournisseurs des capteurs et instrumentation
- Fournisseurs de vannes
- Fabricants de pompes
- Fabricants de réservoirs de stockage
- Fournisseurs d'écran de supervision
- Fournisseurs de services : fournisseurs d'eau brute, services d'analyse d'eau, société de

location

IV.3.2 Politique de paiements et les délais de réception

En tant que startup de production de systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable, nos politiques de paiement et délais de livraison peuvent dépendre de divers facteurs, tels que la taille de la commande de notre client, notre relation avec le client, nos coûts de production et notre marge bénéficiaire, etc. Cependant, voici quelques éléments que nous devrions considérer pour définir une politique de paiement et des délais de réception:

IV.3.2.1 Paiement

Acompte : Il est courant pour nous de demander un acompte de 30 à 50 % du montant total de la commande de notre client avant la production pour couvrir nos coûts de production initiaux.

Paiement à la livraison : Le solde de la commande de notre client peut être payé à la livraison de nos systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable. Cette méthode de paiement offre une sécurité supplémentaire pour le client et nous permet de recevoir le paiement à la fin de notre processus de production.

Paiement à crédit : Si le client est une entreprise avec une bonne solvabilité, il nous est possible de proposer un paiement à crédit, c'est-à-dire un paiement échelonné sur plusieurs mois. Cette méthode de paiement peut être avantageuse pour le client et peut nous aider à fidéliser notre clientèle.

IV.3.2.2 Délais de réception

Délai de production : Nos délais de production des systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable peuvent varier en fonction de la taille de la commande de notre client et de nos capacités de production. Il est important pour nous de communiquer clairement nos délais de production au client dès le début de sa commande.

Délai de livraison : Nos délais de livraison des systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable peuvent varier en fonction de la distance entre notre startup et le client, de la méthode de livraison choisie, etc. Il est important pour nous de communiquer clairement nos délais de livraison au client pour éviter toute confusion ou déception.

En résumé, une politique de paiement et des délais de réception pour notre startup de production de systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable pourraient inclure un acompte de 30 à 50 % avant la production, un paiement à la livraison des systèmes, ou un paiement à crédit si le client est une entreprise avec une bonne solvabilité. Nos délais de réception pourraient inclure le délai de production des systèmes et le délai de livraison qui peuvent varier en fonction de la distance et de la méthode de livraison choisie. Il nous est conseillé de communiquer clairement nos politiques de paiement et délais de réception au client dès le début de sa commande pour éviter toute confusion ou déception.

IV.4 Main d'œuvre

IV.4.1 Nombre de postes que le projet peut créer

Dans les premières phases de notre entreprise en tant que start-up, nous prévoyons d'employer initialement environ 15 travailleurs. Toutefois, ce chiffre devrait connaître une croissance rapide pour atteindre 50 employés dès la première année et augmenter progressivement avec l'évolution du projet.

IV.4.2 Nature de main d'œuvre et leurs emplacements

Pour un projet de conception de systèmes d'osmose inverse piloté par un automate programmable, nous aurions probablement besoin d'une main-d'œuvre qualifiée dans les domaines suivants:

1. Ingénieurs en automatisation: Ils seront responsables de la programmation et de la mise en service des automates programmables qui piloteront le système d'osmose inverse.
2. Ingénieurs en électronique: pour aider à la conception et à la mise en service et la programmation des systèmes de contrôle automatisés.
3. Ingénieurs en génie de l'eau : Ils seront responsables de la conception et de l'optimisation des processus d'osmose inverse, y compris la sélection des membranes, la conception des systèmes de récupération d'énergie et le dimensionnement des équipements.

4. Ingénieurs mécaniques: Ils seront responsables de la conception des équipements mécaniques nécessaires au processus d'osmose inverse, tels que les pompes, les vannes, les échangeurs de chaleur et les filtres.

5. Techniciens de laboratoire: Ils seront responsables de la réalisation des tests de qualité de l'eau et de la surveillance des performances du système d'osmose inverse.

6. Techniciens d'installation et de maintenance: Ils seront responsables de l'installation, de la mise en service Le projet de conception de systèmes d'osmose inverse pilotés par un automate programmable nécessite une main-d'œuvre qualifiée dans plusieurs domaines. Voici quelques exemples de postes clés qui pourraient être nécessaires pour ce projet:

7. Responsable commercial: pour développer et gérer les relations avec les clients et les partenaires commerciaux.

8. Comptable : pour qu'il fournisse une vision précise et fiable de la situation financière qui permet de prendre les bonnes décisions.

IV.4.3 Possibilité de recourir à la manutention

Notre projet de production de systèmes d'osmose inverse automatisés impliquera vraisemblablement des opérations de manutention pour manipuler avec précaution les composants mécaniques, électroniques et informatiques tout au long du processus de fabrication. Ces opérations pourront inclure le déchargement de matériaux en vrac, le transport de composants entre les différents postes de travail, l'assemblage des sous-ensembles et des produits finis, ainsi que le chargement des produits finis sur des palettes ou dans des conteneurs pour le transport. Il est essentiel de noter que la manutention présente des risques pour la sécurité des travailleurs, tels que les blessures musculo-squelettiques et les accidents de manipulation de charges lourdes. Par conséquent, nous devons mettre en place des mesures de sécurité appropriées, telles que l'utilisation d'équipements de levage mécaniques, la formation des travailleurs sur les techniques de manutention sûres et la mise en place de procédures de travail appropriées, afin de minimiser ces risques et d'assurer la qualité du produit final.

IV.5 Principaux partenaires

- Les fournisseurs les plus importants
- Des partenaires technologiques : pour intégrer de nouvelles technologies de traitement des eaux et améliorer les performances et fonctionnalités des systèmes comme les membranes spéciales et l'oxydation avancée de l'eau et le bio-traitement
- Des investisseurs : pour financer le développement de notre startup par exemple l'extension de l'équipe commerciale et le développement de nouveaux produits.



Cinquième axe

Plan financier



V.1 Coûts et charges

V.1.1 Tous les coûts de projet

Ci-dessous se trouve un tableau détaillant à la fois les coûts totaux du projet et la somme totale de ses dépenses.

TABLEAU V. 1: BESOINS TOTAL DE PROJET.

Charges		Cout en DA /an
Loyer et ses charges		650 000
Véhicule de service et transport des employés		4 420 000
Meubles et équipements de bureau		1 033 100
Equipements pour production		19 356 000
Salaire des employeurs		6 480 000
Frais de commercialisation		350 000
Totale	/	32 289 100

V.1.2 Tableaux décrivant en détail les coûts et les charges

Après avoir donné un aperçu global des coûts totaux nécessaires à notre projet, nous fournissons maintenant des informations plus précises sur les éléments suivants : le loyer et ses charges, le coût d'acquisition d'un véhicule de service ainsi que les frais de transport des employés, le prix des meubles et équipements de bureau, les équipements de production des systèmes pour la première année, les salaires versés aux employés au cours des cinq premières années et les frais de commercialisation. Ces informations se trouvent Dans les tableaux *Tableau V. 2 à Tableau V. 7.*

TABLEAU V. 2: LOYER ET SES CHARGES.





Charge		Cout en DA/an
Loyer		300 000
Facture eau et électricité		200 000
Facture internet		36 000
Produits détergents et nettoyage		15 000
Totale	/	551 000

TABLEAU V. 3: PRIX DE L'ACQUISITION D'UN VEHICULE DE SERVICE ET LE TRANSPORT DES EMPLOYES.



Charge		Cout en DA/an
Véhicule		2 920 000
Transport des employés		1 500 000
Totale	/	4 420 000

TABLEAU V. 4: PRIX DES MEUBLES ET EQUIPEMENTS DE BUREAU.









Equipement		Quantité et Cout en DA		
		Prix unitaire	Quantité	Cout en DA/an
Ordinateurs		81 800	03	245 400
Imprimantes		28 500	02	57 000
Téléphone fixes		5 800	05	29 000
Pc Portable		38 300	02	76 600
Modem		6 300	02	12 600
Ensemble de bureau		63 000	05	315 000
Les climatiseurs		70 000	03	210 000
Les chauffages		17 500	05	87 500
Totale		/	/	1 033 100

TABLEAU V. 5: EQUIPEMENTS DE PRODUCTION DES SYSTEMES DURANT LA PREMIERE ANNEE.

Equipement		Quantité et Cout en DA		
		Prix unitaire	Quantité	Cout
Osmoseur		350 000	12	4 200 000
Automate programmable		250 000	12	3 000 000
Ecran de supervision		200 000	12	2 400 000
Capteur de turbidité		42 000	12	504 000
Capteur de conductivité		42 000	12	504 000
Capteur de pression		28 000	24	672 000
Capteur de débit		42 000	24	504 000
Capteur de niveau		14 000	48	672 000
vanne de régulation électrique		35 000	12	420 000
vanne de ligne TOR		35 000	24	840 000
Pompe d'alimentation		150 000	12	1 800 000




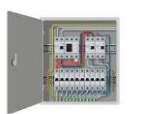


Réservoir eau pure		40 000	12	480 000
Réservoir eau brute		40 000	12	480 000
Tuyauterie PVC et raccords		100 000	12	1 200 000
Coffret électrique		140 000	12	1 680 000
Totale	/	1 508 000	/	19 356 000

TABLEAU V. 6: SALAIRES VERSES AUX EMPLOYEURS AU COURS DES CINQ PREMIERES ANNEES.

Année	Nombre d'employés					Salaire en DA/mois
	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	
Ingénieurs pour développement du système	03	03	05	06	10	66 666
Technicien pour assemblage et test	04	06	08	15	20	37 500
Comptable	01	01	01	01	02	50 000
Assistants administratifs	02	02	03	04	06	25 000
Employé de nettoyage	01	01	02	02	04	25 000
Agents de contrôle d'accès	02	02	03	04	08	25 000

TABLEAU V. 7: FRAIS DE COMMERCIALISATION.

Charge		Cout en DA/an
Site web		200 000
Vidéos		150 000
Totale	/	350 000

V.1.3 Mode et sources d'obtention de financement

Nous estimons pouvoir obtenir le financement via les banques, les investisseurs en capital, les prêts personnels.

V.1.4 Manière d'obtenir un remboursement

Tel qu'illustré dans le *Tableau V. 8*, Nous comptons sur l'augmentation progressive de nos bénéfices au fil des cinq premières années afin de rembourser nos crédits, et donc de nous assurer la pérennité de notre activité.

TABLEAU V.8: PAIEMENTS.

Les années	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Le bénéfice	39 710 900 DA	79 421 800 DA	119 132 700 DA	158 843 600 DA	277 967 300 DA
Remboursement	10 000 000 DA	30 000 000 DA	40 000 000 DA	/	/

V.2 Chiffre d'affaires

Le chiffre d'affaires (CA) représente le montant total des ventes réalisées par notre startup sur une période donnée.

V.2.1 Scénario optimiste :

Tel qu'illustré dans le *Tableau V. 9*, Dans le scénario optimiste, notre chiffre d'affaires devrait être relativement élevé durant les cinq prochaines années, car nous envisageons une forte demande pour nos systèmes d'osmose inverse automatique, se traduisant par une augmentation substantielle de nos ventes et donc de notre chiffre d'affaires.

TABLEAU V. 9: ESTIMATION OPTIMISTE DU CHIFFRE D'AFFAIRES.

Produit a destiné client	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit A	-	-	-	12	24	36	48	84
Prix HT produit A	-	-	-	6000 000 DA	6000 000 DA	6000 000 DA	6000 000 DA	6000 000 DA
Ventes produit A	-	-	-	12	24	36	48	84
Chiffre d'affaires global	-	-	-	72 000 000 DA	144 000 000 DA	216 000 000 DA	288 000 000 DA	504 000 000 DA

Remarque : le bénéfice dans ce cas

TABLEAU V. 10: BENEFICE OPTIMISTE.

Année	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Cout de production	32 289 100 DA	64 578 200 DA	96 867 300 DA	129 156 400 DA	226 032 700 DA
Chiffre d'affaires optimiste	72 000 000 DA	144 000 000 DA	216 000 000 DA	288 000 000 DA	504 000 000 DA
Le bénéfice	39 710 900 DA	79 421 800 DA	119 132 700 DA	158 843 600 DA	277 967 300 DA

V.2.2 Scénario pessimiste :

Tel qu'illustré dans le *Tableau V. 11*, Dans le scénario pessimiste, notre chiffre d'affaires serait plutôt faible car nous prévoyons une demande insuffisante pour nos produits, entraînant une baisse significative de nos ventes et donc de notre chiffre d'affaires.

TABLEAU V.11: ESTIMATION PESSIMISTE DE CHIFFRE D'AFFAIRES.

Produit a destiné client	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit A	-	-	-	12	24	36	48	84
Prix HT produit A	-	-	-	6000 00 0 DA	6000 000 DA	6000 000 DA	6000 000 DA	6000 000 DA
Ventes produit A	-	-	-	06	12	17	22	38
Chiffre d'affaire s global	-	-	-	36 000 000 DA	72 000 00 0 DA	102 000 00 0 DA	132 000 00 0 DA	228 000 00 0 DA

Remarque : le bénéfice dans ce cas

TABLEAU V.12: BENEFICE PESSIMISTE.

Année	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Cout de production	32 289 100 DA	64 578 200 DA	96 867 300 DA	129 156 400 DA	226 032 700 DA
Chiffre d'affaires pessimiste	36 000 000 DA	72 000 000 DA	102 000 000 DA	132 000 000 DA	228 000 000 DA
Le bénéfice	3 710 900 DA	7 421 800 DA	5 132 000 DA	2 843 600 DA	1 967 300 DA

V.3 Comptes de résultats escomptés

Référez-vous à l'Annexe 1 et 2.

V.3.1 Calcul du besoin en fonds de roulement (BFR)

Le tableau ci-dessus concernant le besoin en fonds de roulement de notre startup montre qu'il est positif, ce qui signifie que nous avons besoin de financement extérieur.

TABLEAU V. 13: BESOIN EN FONDS DE ROULEMENT.

	PREVISION				
	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Actif courant	55 393 100 DA	110 749 100 DA	166 105 100 DA	221 461 100 DA	387 529 100 DA
Passif courant	10 606 679 DA	25 186 576 DA	89 504 460 DA	79 428 352 DA	58 117 720 DA
Besoin en fonds de roulement	44 786 421 DA	85 562 524 DA	76 600 640 DA	142 032 748 DA	329 411 380 DA

Telle que :

Passif Courant = PASSIFS COURANTS (tableau de bilan).

Actif courant = Stock en encours + Clients (tableau de bilan).

Besoin en fonds de roulement = Actif courant - Passif courant.

V.4 Plan de trésorerie

Référez-vous à l'Annexe 3.



Sixième Axe

Prototype expérimental



VI.1 Introduction

Cet axe expose les techniques employées pour la conception et l'implémentation d'un système d'osmose inverse automatisé, Le but de ce projet était de mettre en place un processus automatisé de purification et de traitement de l'eau par osmose inverse. La méthode de l'osmose inverse utilise des membranes semi-perméables pour séparer les molécules d'eau et les ions en solution, ce qui permet de produire de l'eau purifiée. Cette technique est de plus en plus employée pour la production d'eau potable à partir d'eau salée ou non potable.

VI.2 Objectif

L'objectif de l'étude était de piloter ce système de traitement d'eau par osmose inverse à l'aide d'un automate programmable et d'une interface homme-machine, afin de maximiser le rendement et la qualité de l'eau produite.

VI.3 Importance du prototype expérimental dans la recherche

La mise au point de prototypes expérimentaux est une étape cruciale dans le développement de systèmes industriels automatisés. Elle permet de tester et valider de manière contrôlée les différents composants, algorithmes et fonctions avant un déploiement à plus grande échelle.

Notre prototype expérimental d'osmose inverse automatique se veut ainsi une plateforme flexible et réactive pour tester et évaluer diverses options techniques : nouvelles membranes, pompes, capteurs, programmation des automates, interfaces utilisateurs etc. L'objectif est d'optimiser les performances globales du système en termes de productivité, de qualité de l'eau produite et d'efficacité énergétique. Les résultats obtenus au niveau du prototype nous permettront ainsi de proposer des recommandations et lignes directrices pour le développement de futurs systèmes industriels d'osmose inverse automatisés à haute performance.

VI.4 Matériel et Méthode

VI.4.1 Matériel

Notre prototype expérimental d'osmose inverse automatique comprend les équipements suivants :

VI.4.1.1 Cuve d'alimentation d'eau brute

La cuve de stockage pour l'eau non purifiée est équipée d'un capteur de turbidité.

VI.4.1.2 Cuve des membranes d'osmose inverse

La cuve est conçue pour fixer normalement les membranes d'osmose inverse et est équipée d'un capteur de pression différentielle numérique. Elle dispose de deux entrées, l'une pour l'eau brute et l'autre pour l'air.

VI.4.1.3 Cuve de sortie de l'eau pure

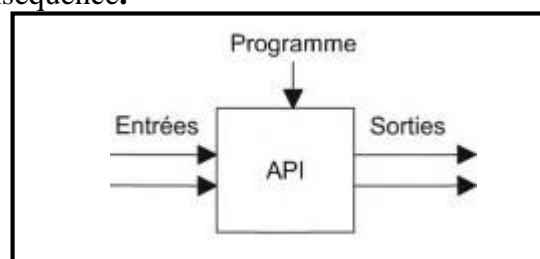
La cuve destinée au stockage de l'eau pure (l'eau osmosée) est équipée de capteurs de niveau maximal et minimal.



FIGURE VI.1: LES CUVES DE STOCKAGES.

VI.4.1.4 Un automate programmable industriel

Un automate programmable industriel est un ordinateur spécialisé dont la fonction est de contrôler en temps réel les processus industriels (**figure VI.2**). Il est capable de recevoir des signaux d'entrée, de les traiter grâce à un programme qui lui est spécifique, et de produire des signaux de sortie en conséquence.¹



¹ OpenClassrooms. Définition de l'automate programmable industriel (API). OpenClassrooms. 29 juillet 2020 [consulté le 4 juillet 2023]. Disponible sur : <https://openclassrooms.com/fr/courses/4011851->

FIGURE VI. 2: AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL.

A. Architecteurs d'un API

L'automate programmable industriel possède deux structures : **externe** et **interne**.

➤ Structure externe

La structure externe d'un API est présentée sur la (**figure VI.3**)¹

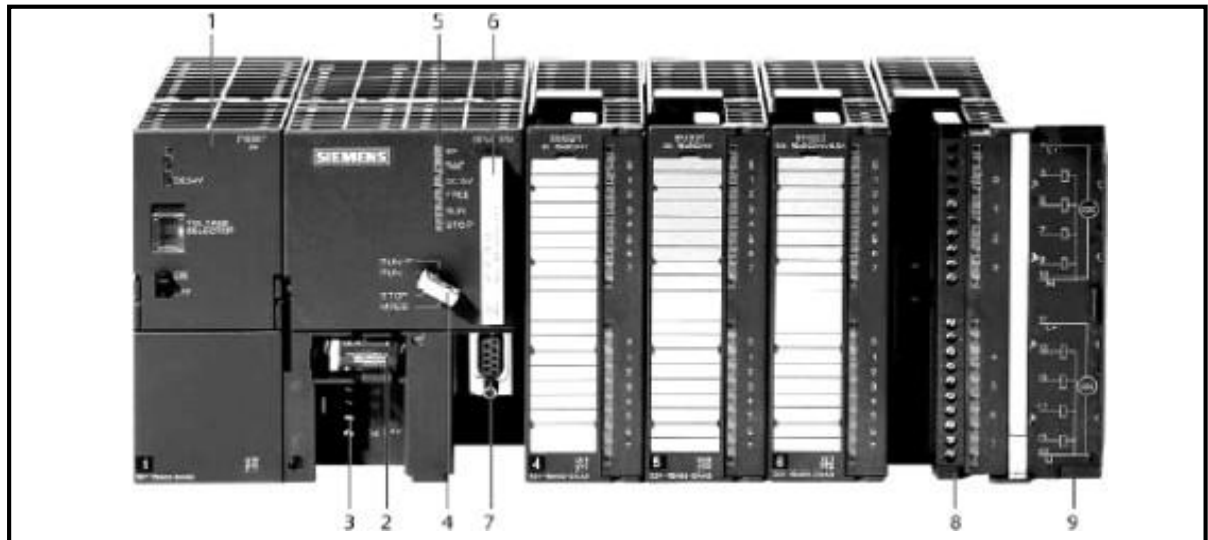


FIGURE VI. 3: STRUCTURE EXTERNE D'UN API²

Avec :

1. Module d'alimentation.
2. Pile de sauvegarde.
3. Connexion au 24V cc.
4. Commutateur de mode (à clé).
5. LED de signalisation d'état et de défauts.
6. Carte mémoire.
7. Interface multipoint (MPI).
8. Connecteur frontal.
9. Volet en face avant.

➤ Structure interne

[initiez-vous-a-linformatique-industrielle/4938936-definition-de-lautomate-programmable-industriel-api.](https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/automates_programmables_industriels.pdf)

¹ A. Gonzaga, « Les automates programmables industriels », 2004, [En ligne] https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/automates_programmables_industriels.pdf

² A. Gonzaga, « Les automates programmables industriels », 2004, [En ligne] https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/automates_programmables_industriels.pdf

La structure interne d'un API est assez voisine de celle d'un système informatique simple. Les API comportent quatre parties principales :

- ✓ Une alimentation 230V AC, 50/60 Hz ; 24V (DC).
- ✓ Unité centrale (Processeur).
- ✓ Interfaces d'entrées / sorties.
- ✓ Mémoires.

Ces quatre parties (**figure VI.4**) sont reliées entre elles par des bus (ensemble câble autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API). Ces quatre parties réunies forment un ensemble compact appelé automate.¹

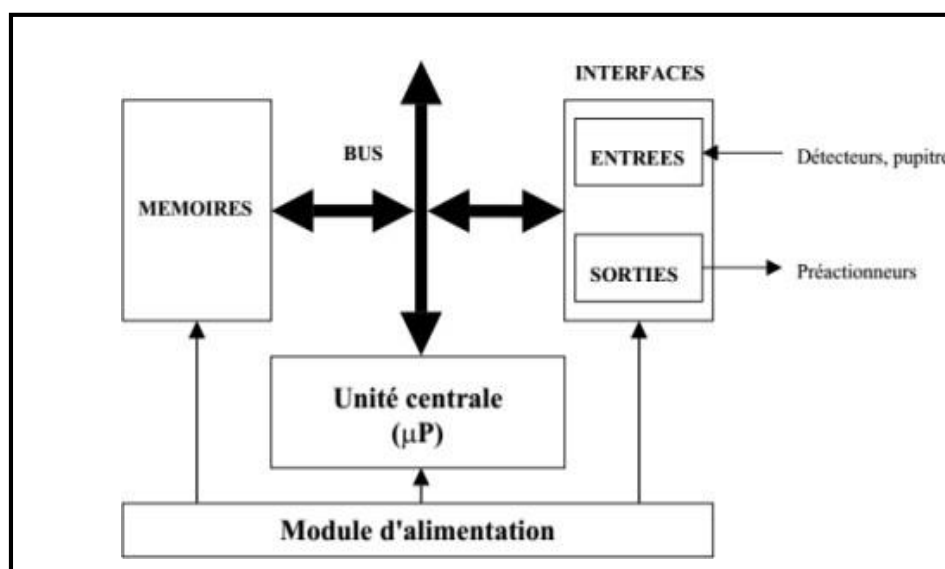


FIGURE VI. 4: STRUCTURE INTERNE D'UN API²

B. Programmation d'un API

La programmation d'un API consiste à traduire dans le langage spécialisé de l'automate, les équations de fonctionnement du système à automatiser.

Parmi les langages normalisés, on cite quelques-uns des plus connus et des plus utilisés:

- Langage LADDER ou schéma à contacts.
- Langage List d'instructions (Instruction List).
- Langage GRAFCET.
- Langage littéral structuré.

Généralement, les constructeurs d'API proposent des environnements logiciels graphiques

¹ Bolton, W. Automate programmable industriel. Dunod. 2015.

² Bolton, W. Automate programmable industriel. Dunod. 2015.

pour la programmation.

C. Traitement du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire montré ci-dessous (figure VI.5)

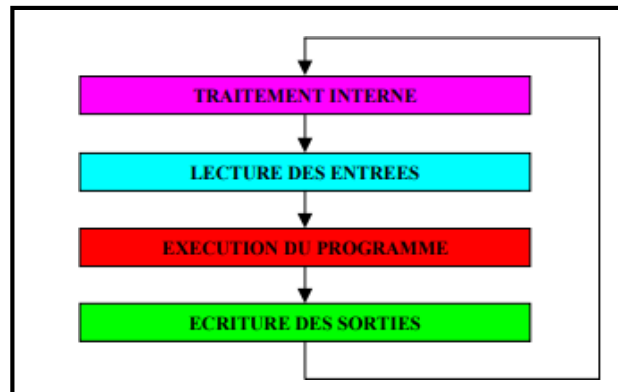


FIGURE VI. 5: FONCTIONNEMENT CYCLIQUE D'UN AUTOMATE¹

Où :

- **Traitement interne** : L'automate y effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes « détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur ».
- **Lecture des entrées** : L'automate lit les entrées « de façon synchrone » et les recopie dans la mémoire image des entrées.
- **Exécution du programme** : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.
- **Écriture des sorties** : L'automate bascule les différentes sorties « de façon synchrone » aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate en fonctionnement cyclique.²

D. Avantages de l'automate programmable industriel

Les avantages de l'automate sont nombreux. Pour l'utilisateur, ils se situent à plusieurs niveaux :

- ✓ Logiciel
- ❖ Gain en temps.

¹ A. Gonzaga, « Les automates programmables industriels », 2004, [En ligne] https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/automates_programmables_industriels.pdf.

² A. Gonzaga, « Les automates programmables industriels », 2004, [En ligne] https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/automates_programmables_industriels.pdf.

- ❖ Simplicité des langages de programmation.
- ❖ Sauvegarde les programmes.
- ✓ Industriel
 - ❖ Economies.
 - ❖ Sécurité.
 - ❖ Possibilité de dialogue avec son entourage.
 - ❖ Cahier des charges accessible à tous (souplesse d'application).
- ✓ **Exploitation**
 - ❖ Intervention sur processus en cours.
 - ❖ Suivi en temps réel de l'évolution de l'automatisme.
 - ❖ Exploitation (fonctionnement) en conditions sévères.

E. Présentation de L'API S7-1200 de SIEMENS

Les caractéristiques essentielles de l'API S7-1200 pour la CPU 1214C DC/ DC/ DC (**figure 6.6**) :

Référence produit : 6ES7214-1AG40-0XB0

Processeur : CPU 1214C DC/DC/DC

Adresse IP : 130.130.130.1

Mémoire : 460 Ko utilisateur + 460 Ko système

Entrées/sorties :

- Entrées digitales : 12 (sourcing)/24 V DC
- Sorties digitales : 8 (sourcing)/24 V DC
- Entrées analogiques : 4 (0-10 V)/15 bits
- Sorties analogiques : 2 (0-10 V)/12 bits

Communication :

- 1 port Ethernet 10/100 Mbit/s supportant les protocoles TCP/IP, ISO-on-TCP et UDP
- Vitesse jusqu'à 100 Mbit/s

Performance :

- Temps de cycle entre 0,1 et 1 ms
- 1 000 instructions par ms
- Alimentation : 24 VDC (18 à 30 VDC)



FIGURE VI. 6: L'API S71200 AVEC DES MODULES D'EXTENSION ENTRE SORTIES ANALOGIQUE ET NUMERIQUE

Les modules d'extension utilisée sont :

Module des Entrées et Sorties numérique (8DQ et 8DI) de référence 6ES7223-1BH32-0XB0

Module des Entrées analogique (4AI) de référence 6ES7231-4HD32-0XB0

Module des Sorties analogique (4AQ) de référence 6ES7232-4HD32-0XB0

Remarque :

Possibilité d'étendre jusqu'à 256 E/S numérique et 64 E/S analogiques avec des modules d'extension

VI.4.1.5 Capteur de turbidité

Le capteur de turbidité est un dispositif utilisé pour mesurer la quantité de particules en suspension dans un liquide, souvent de l'eau (**figure VI.7**). Le principe de mesure de turbidité est basée sur la diffusion de la lumière par les particules en suspension. Le capteur de turbidité émet un faisceau lumineux à une longueur d'onde donnée, qui traverse le liquide à mesurer. Les particules en suspension dans le liquide diffusent la lumière émise, ce qui est détecté par un récepteur placé à un angle de 90 degrés par rapport au faisceau lumineux émis. La quantité de lumière diffusée est proportionnelle à la quantité de particules en suspension dans le liquide, et donc à sa turbidité.¹

A. Les broches de capteur :

G= GND

A = analog output

D = digital output

V= 5v, 30 mA

¹ Pas d'auteur spécifié. Capteur de turbidité. Futura Sciences. 7 août 2017 [consulté le 4 juillet 2023]. Disponible sur : <https://www.futurasciences.com/sciences/definitions/physique-turbidite-12938/>.

B. La plage de mesure de capteur :

0-1000 NTU



FIGURE VI. 7: CAPTEUR DE TURBIDITE.¹

VI.4.1.6 Capteur de TDS

Le capteur de TDS (Total Dissolved Solids) est un dispositif utilisé pour mesurer la concentration de solides dissous dans une solution (**figureVI .8**). Le principe de mesure de TDS est basé sur la conductivité électrique de la solution. Le capteur de TDS mesure la conductivité électrique de la solution, qui est directement proportionnelle à la concentration de solides dissous dans la solution. La conductivité électrique est déterminée en mesurant la résistance électrique entre deux électrodes placées dans la solution. La mesure de la résistance est convertie en conductivité électrique, puis en concentration de TDS².

A. Les broches de capteur

SIG : La sortie de signal analogique

Gnd : La masse

A : Alimentation électrique (5v)

B. La plage de mesure de capteur

0 à 9999 ppm (parties par million)

¹ Pas d'auteur spécifié. Capteur de turbidité. Futura Sciences. 7 août 2017 [consulté le 4 juillet 2023]. Disponible sur : <https://www.futurasciences.com/sciences/definitions/physique-turbidite-12938/>.

² Conductivity Measurements for Total Dissolved Solids (TDS)," J. M. Scanlan and R. W. Puls, Analytical Chemistry, vol. 26, no. 10, pp. 1732-1736, 1954.

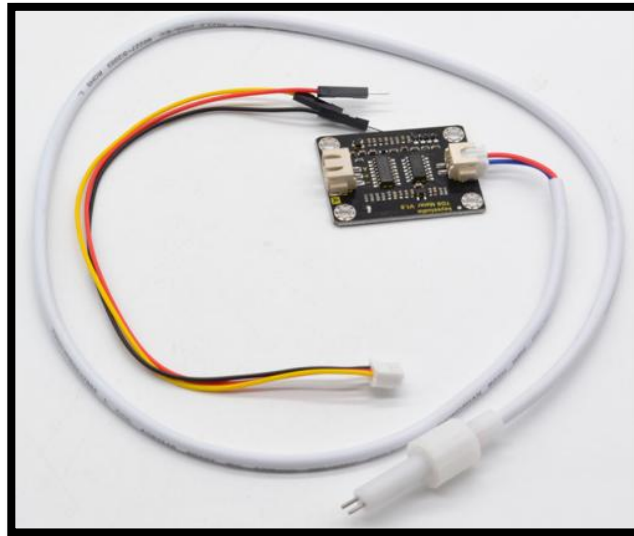


FIGURE VI. 8: CAPTEUR DE TDS¹

VI.4.1.7 Capteur de pression différentiel :

Un capteur de pression différentielle numérique est un dispositif qui mesure la différence de pression entre deux points et convertit cette mesure en un signal numérique.²

Les capteurs de pression différentielle numériques sont basés sur des éléments de détection tels que des jauges de contrainte, des capteurs de pression piézorésistifs ou capacitifs, qui transforment la différence de pression en un signal électrique proportionnel à la pression différentielle mesurée. Le fonctionnement de ce type de capteur est basé sur la mesure de la pression à deux points différents, généralement à travers deux orifices ou deux tubes reliés au capteur. La différence de pression entre ces deux points est convertie en signal électrique par le capteur, qui peut alors être traité numériquement par un microcontrôleur ou un ordinateur. Les capteurs de pression différentielle numériques sont couramment utilisés pour mesurer la vitesse de l'air dans les conduits de ventilation, la pression de l'air dans les systèmes de climatisation, le débit de liquides dans les tuyaux, et dans de nombreuses autres applications industrielles et scientifiques où la mesure précise de la pression différentielle est importante.

Dans notre cas : En mesurant la différence de pression entre l'entrée et la sortie de la cuve de membranes d'osmose inverse, ce capteur permet le contrôle de la pression interne du ce réservoir (**figure VI.9**).

¹ Conductivity Measurements for Total Dissolved Solids (TDS)," J. M. Scanlan and R. W. Puls, Analytical Chemistry, vol. 26, no. 10, pp. 1732-1736, 1954.

² Digital differential pressure sensor based on piezoresistive microcantilevers for flow measurement," Y. Yang, F. Xu, and Y. Liu, Sensors and Actuators A: Physical, vol. 240, pp. 142-149, 2016.

Plage de mesure de capteur : -0,1 à 1,0 Mpa (Mega pascal)



FIGURE VI. 9: RESERVOIR DOTE D'UN CAPTEUR DE PRESSION DIFFERENTIELLE NUMERIQUE.

VI.4.1.8 Vannes TOR

Les vannes tout ou rien sont des dispositifs de régulation qui permettent de contrôler le débit d'un fluide de manière binaire, c'est-à-dire en l'arrêtant complètement ou en le laissant passer entièrement. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de distribution d'eau, les systèmes hydrauliques, les réseaux de gaz et les systèmes de ventilation. Le fonctionnement des vannes tout ou rien repose sur un mécanisme de blocage ou d'ouverture totale du passage du fluide. Elles sont équipées d'un actionneur qui peut être électrique, pneumatique, hydraulique ou manuel. Lorsque l'actionneur est activé, la vanne se ferme ou s'ouvre complètement, selon la commande reçue.

Les vannes tout ou rien (**figure VI.10**) ont un temps de réponse rapide et sont adaptées à des applications nécessitant une régulation binaire du débit.¹

¹ "Fundamentals of Process Control Theory," P. L. Lee, Instrumentation and Control Systems, vol. 40, no. 7, pp. 67-70, 1998.

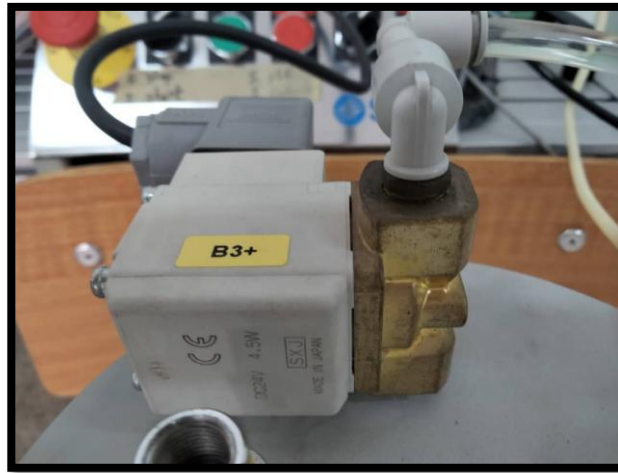


FIGURE VI. 10: VANNE TOUT OU RIEN.

VI.4.1.9 Vanne de régulation électrique

Une vanne de régulation électrique est un dispositif de régulation qui permet de contrôler le débit d'un fluide en continu en fonction d'un signal électrique. Elle est utilisée dans les systèmes industriels pour réguler le débit de fluides tels que l'eau, le gaz, l'huile, etc.

Le fonctionnement d'une vanne de régulation électrique repose sur l'actionnement d'un moteur électrique qui agit sur la position de la vanne. Le moteur est commandé par un signal électrique qui peut être émis par un système de contrôle automatisé. La position de la vanne est déterminée par un système de retour d'information qui mesure le débit de fluide. Plus précisément, la vanne de régulation électrique est composée d'un corps de vanne où passe le fluide, d'un actionneur électrique, d'un dispositif de positionnement et d'un système de commande. L'actionneur électrique est généralement un moteur qui permet de déplacer la vanne dans une ouverture ou une fermeture partielle en fonction du signal reçu. Le dispositif de positionnement permet de mesurer la position de la vanne, généralement à l'aide d'un capteur de position. Le système de commande est responsable de l'émission du signal électrique pour actionner le moteur en fonction des paramètres de régulation.¹

Les vannes de régulation électriques sont largement utilisées en raison de leur faible coût, de leur précision de régulation et de leur capacité à être intégrées dans des systèmes automatisés, et que les vannes de régulation électriques peuvent être plus sensibles aux perturbations que les vannes de régulation pneumatiques, en raison de la présence de composants électriques sensibles aux interférences électromagnétiques²

¹ "Fundamentals of Process Control Theory," P. L. Lee, Instrumentation and Control Systems, vol. 40, no. 7, pp. 67-70, 1998.

² "Fundamentals of Process Control Theory," P. L. Lee, Instrumentation and Control Systems, vol. 40, no. 7, pp. 67-70, 1998.

Caractéristiques technique (Datasheet – PVQ31-5G-23-01F-H): Ci-dessous se trouve le (Tableau 6.1) qui présente les caractéristiques techniques de la vanne de régulation électrique que nous avons utilisée (figure VI.11).

TABLEAU VI. 1: CARACTERISTIQUE TECHNIQUE DE PVQ31-5G-23-01F-H.

Attribut	Valeur
Tension d'alimentation	24 vc.c.
Taille de connexion	R 1/8 pouce
Raccord	R 1/8 pouce
Commande	Direct
Position normale	NF



FIGURE VI. 11: VANNE DE REGULATION ELECTRIQUE.

VI.4.1.10 Vanne d'air

Une vanne d'air, également connue sous le nom de purgeur d'air, est un dispositif mécanique utilisé dans les systèmes de distribution de liquides pour éliminer l'air piégé dans les conduites (figure VI.12). L'air peut entrer dans les conduites lors de la mise en service du système, de la maintenance ou de la réparation des conduites, ou encore en raison de la formation de bulles d'air dans le liquide.

La vanne d'air est conçue pour permettre à l'air de s'échapper du système de manière contrôlée, tout en empêchant le liquide de s'écouler. Elle est généralement placée en haut des conduites pour permettre à l'air piégé de s'échapper naturellement. Il existe plusieurs types de vannes d'air, notamment les vannes manuelles et les vannes automatiques. Les vannes d'air sont couramment utilisées dans les systèmes de distribution d'eau, de chauffage, de ventilation et de

climatisation, ainsi que dans les systèmes de traitement des eaux usées et de l'industrie chimique.¹

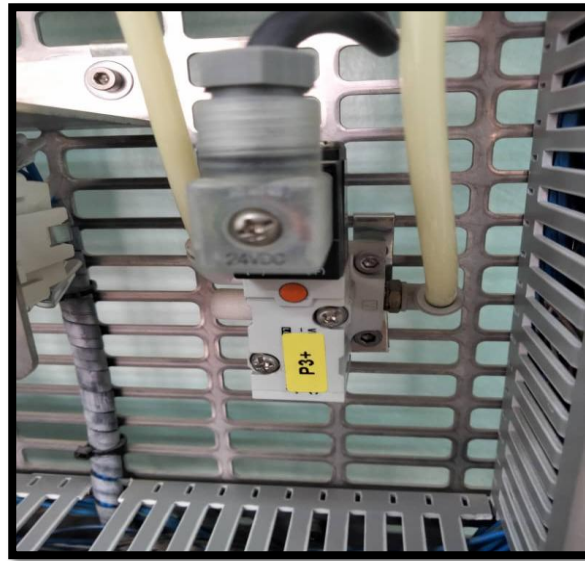


FIGURE VI.12: VANNE D'AIR.

VI.4.1.11 Compresseur

Un compresseur est un dispositif mécanique utilisé pour comprimer un fluide (gaz ou air) et augmenter sa pression. Le fluide comprimé peut ensuite être utilisé pour effectuer un travail mécanique, comme dans les systèmes de climatisation, les outils pneumatiques, les systèmes de réfrigération, etc...(Figure VI.13).

Le fonctionnement d'un compresseur est basé sur la compression adiabatique, où la température du fluide augmente pendant la compression. Le compresseur utilise un piston, une vis ou une turbine pour comprimer le fluide et le forcer à travers une sortie où sa pression est élevée. La plupart des compresseurs ont également un système de refroidissement qui aide à dissiper la chaleur générée pendant la compression.²

¹ "Air Valves in Water and Wastewater Systems," D. A. Hansen, M. J. Fisher, and J. C. Hooper, Water Environment Federation, 2000

² "Compressor Handbook: Principles and Practice," T. J. Eschenbach, M. D. Sullenberger, and P. E. Kelleher, McGraw-Hill Education, 2010.



FIGURE VI. 13: COMPRESSEUR D'AIR ELECTRIQUE.

VI.4.1.12 Pompe à eau

Une pompe à eau réglable en termes de vitesse est un type de pompe qui permet de régler la vitesse de rotation du moteur pour ajuster le débit d'eau en sortie. Elle peut être utilisée dans des applications où la demande en eau varie, comme dans les systèmes d'irrigation, les systèmes de traitement des eaux usées, ou encore les systèmes de chauffage et de climatisation (figure VI .14).

Le fonctionnement d'une pompe à eau réglable en termes de vitesse est basé sur l'utilisation d'un variateur de fréquence (ou onduleur), qui permet de modifier la fréquence du courant électrique alimentant le moteur de la pompe. En modifiant la fréquence, on peut donc modifier la vitesse de rotation du moteur, et donc le débit d'eau en sortie. Les pompes à eau réglables en termes de vitesse présentent de nombreux avantages, notamment une efficacité énergétique accrue, une durée de vie plus longue et une réduction des coûts de maintenance.¹

¹ "Variable Speed Pumping: A Guide to Successful Applications," American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2012.



FIGURE VI. 14: POMPE A EAU.

VI.4.1.13 Capteur de niveau d'eau

Un capteur de niveau d'eau est un dispositif utilisé pour mesurer la quantité d'eau présente dans un réservoir ou un système de tuyauterie. Il peut être utilisé pour surveiller le niveau d'eau dans une variété d'applications, telles que les réservoirs d'eau potable, les réservoirs d'eaux usées, les piscines, les puits, les rivières et les océans (**figure VI.15**). Le capteur de niveau d'eau fonctionne en mesurant la pression exercée par l'eau sur un élément sensoriel, tel qu'un diaphragme ou un capteur de pression. En fonction de la pression mesurée, le capteur peut déterminer le niveau d'eau dans le réservoir ou le système de tuyauterie. Certains capteurs de niveau d'eau utilisent également des technologies telles que la mesure de la conductivité électrique ou de la capacité pour déterminer le niveau d'eau.



FIGURE VI. 15: CAPTEURS DE NIVEAU D'EAU MAXIMALE ET MINIMALE.

VI.4.1.14 Ecran de la supervision

Un écran de supervision industriel est un périphérique informatique utilisé pour afficher des informations en temps réel concernant les processus industriels, les équipements et les systèmes de contrôle. Il est conçu pour permettre aux opérateurs et aux ingénieurs de surveiller et de contrôler les processus de production et de maintenir un niveau élevé d'efficacité et de sécurité.

A. Présentation de L'IHM SAMKOON SK-070HS

Le système d'interface homme-machine (HMI) est une plate-forme permettant aux opérateurs de surveiller et de contrôler des processus industriels complexes à travers un écran de supervision industriel. L'HMI est un élément essentiel qui permet aux utilisateurs de collecter et de visualiser des données, de contrôler les équipements, et d'effectuer des tâches de diagnostic et de maintenance en temps réel.

La série SK IHM de SAMKOON est un produit d'interface Homme-Machine de haute qualité. Il intègre entièrement une unité centrale, une unité d'entrée et de sortie, un écran, une mémoire et d'autres unités de module. Il peut être largement appliqué dans les systèmes de contrôle industriels de tous les secteurs de l'industrie (**figure VI .16**).

Avec une conception optimale via matériel et logiciel, il est conforme aux exigences de contrôle de la machine pour la précision et la précision du toucher, ainsi que pour les couleurs d'écran.

Sur la base de la version précédente, l'IHM de la série SK apporte de grandes améliorations avec un temps de démarrage plus rapide, vitesse de communication supérieure et une sensibilité plus élevée qu'auparavant.

Il fournit une interface série standard pouvant être connectée à d'autres périphériques. Principalement compatible avec la communication série, il peut communiquer avec les principaux API du marché, tels que SAMKOON, MITSUBISHI, SIEMENS, OMRON, MODICON.



FIGURE VI. 16: IHM SAMKOON DE MODEL SK-070HS.

B. Différents ports de connexion de l'alimentation de SK-070 HS

La figure ci-dessous (**Figure VI .17**) représente les différents ports de connexion e d'alimentation de SK-070 HS.

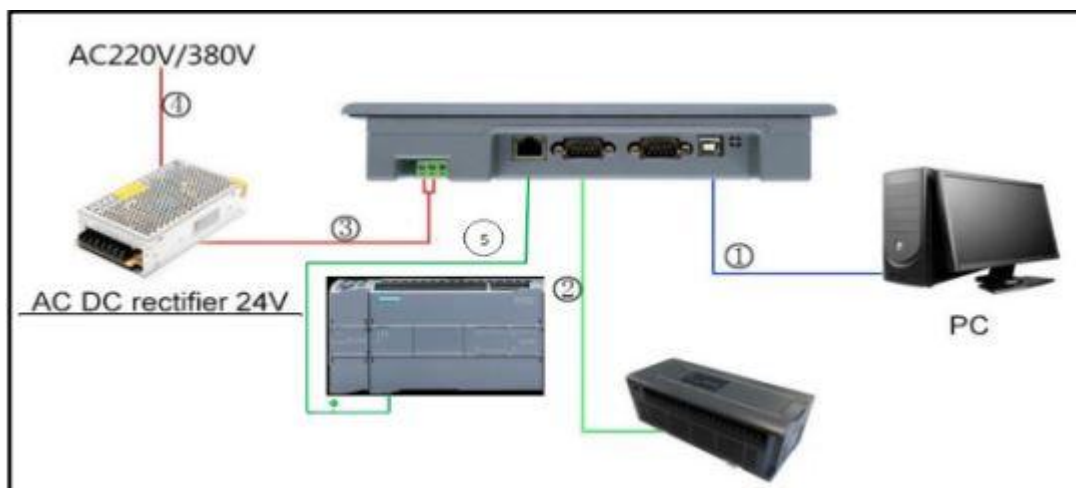


FIGURE VI. 17: SCHEMA DE CONNEXION DE L'ECRAN TACTILE DE LA SERIE SK

1. Un port de programmation (USB).
2. Deux ports de programmation (COM).
3. Un connecteur d'alimentation (24V DC).
4. Alimentation de 220V ou 380V alternative.
5. Un connecteur de connexion (Ethernet RG45).

C. Les caractéristiques techniques de SK-070HS

Le tableau suivant représente les caractéristiques techniques du SK-070HS.

TABLEAU VI. 2: CARACTERISTIQUE DE SK-070HS.

Tension d'alimentation	24V DC (+/-15%)
Consommation d'énergie	6W
Portes séries	COM1 et COM2 pour liaison série RS232/422/485
Port USB-A	Support pour une vitesse de transmission de 10M/S
Port USB-B	Support pour flash disc, imprimante, souris et autres périphériques USB
Porte Ethernet	Réaliser la communication entre les IHM ou IHM et le dispositif de commande via Ethernet (S7-1200).
Mémoire	128M FLASH + 128M DDR2
Processeur	Processeur hautes performances de qualité industrielle : cortex A8, jusqu'à 600 MHz
Logiciel de programmation	SKTOOL 7.0

VI.4.1.15 Disjoncteur

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique qui protège un circuit électrique contre les surcharges et les courts circuits en interrompant le courant électrique lorsque celui-ci dépasse une valeur critique. Il est composé d'un interrupteur automatique, d'un dispositif de détection de surintensité et d'un mécanisme de déclenchement (**figure VI.18**).

Le déclenchement est obtenu par une action électromagnétique ou thermique sur un organe mobile qui commande l'ouverture des contacts de l'interrupteur. Le fonctionnement du disjoncteur se caractérise par trois phases : la détection de la surintensité, le déclenchement et l'ouverture des contacts de l'interrupteur.¹

¹ "Électrotechnique : machines électriques et équipements industriels" de Jean-Luc Aillerie et Gilbert Sybille, éditions Dunod, 2015, page 195.



FIGURE VI. 18: DISJONCTEUR BIPOLAIRE.

VI.4.1.16 Relais électrique

Un relais électrique est un interrupteur commandé électriquement. Il contient une bobine de fil électrique et une ou plusieurs paires de contacts. Lorsqu'un courant traverse la bobine, cela produit un champ magnétique qui actionne les contacts soit pour les fermer, soit pour les ouvrir. Ainsi, un petit courant peut contrôler un circuit de plus grande puissance.

A. Le relais électromagnétique

Est un commutateur actionné par un électroaimant. Il consiste essentiellement en une bobine de fil conducteur enroulée sur un noyau de matériau magnétique doux. Lorsqu'un courant traverse la bobine, un champ magnétique est produit, ce qui fait bouger une armature magnétique et ouvre ou ferme un jeu de contacts. Ainsi, un petit signal de courant continu peut commander un grand courant alternatif (figure VI .19).¹ Le fonctionnement d'un relais électromagnétique typique implique :

1. À l'état inactif, les contacts sont dans leur position normale, ouverte ou fermée.
2. Lorsqu'un courant traverse la bobine du relais, il produit un champ magnétique qui attire l'armature et actionne les contacts.
3. Les contacts restent dans la nouvelle position tant que le courant circule dans la bobine.
4. Quand le courant de la bobine est coupé, le champ magnétique disparaît, et les contacts retournent à leur position normale par le biais d'un ressort.
5. Ce cycle peut se répéter rapidement pour effectuer la commutation.

¹ "Électrotechnique : machines, réseaux et installations" de Thierry Borel et Gilbert Sybille, éditions Dunod, 2018, page 115

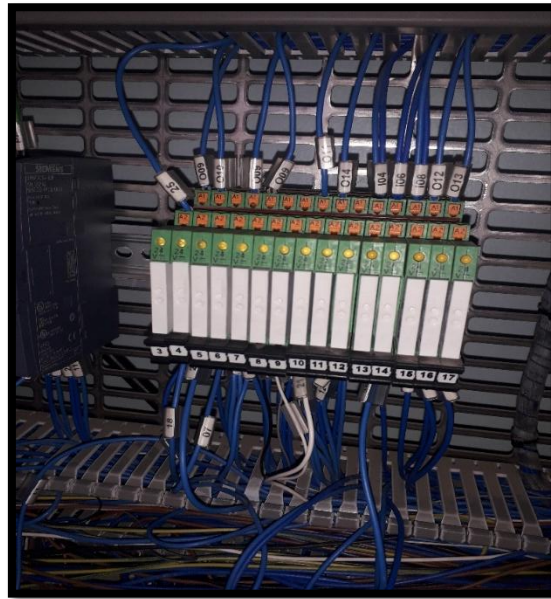


FIGURE VI. 19:RELAIS ELECTROMAGNETIQUES

VI.4.1.17 Régulateurs de tensions :

Un régulateur de tension abaisse la tension d'entrée élevée à une tension de sortie plus basse et régulée. Il contient des composants électroniques qui produisent une tension de sortie constante quelle que soit la variation de la tension d'entrée ou de la charge. ¹

Le fonctionnement d'un régulateur de tension 220V vers 24V typique qu'on a utilisé (**figure VI.20**) implique :

1. La tension d'entrée de 220V AC est d'abord rectifiée en une tension continue pulsée de 220V DC par un pont de diodes.
2. Cette tension DC est ensuite filtrée par des condensateurs pour produire une tension DC lisse d'environ 220V.
3. Un transistor de puissance est utilisé comme commutateur contrôlé pour abaisser la tension à la valeur de sortie désirée de 24V DC.
4. Un circuit de rétroaction contrôle le transistor de puissance. Il compare la tension de sortie réelle aux 24V souhaités.
5. Si la tension de sortie augmente au-dessus de 24V, le circuit de rétroaction réduit le courant fourni par le transistor, abaissant ainsi la tension. Et vice versa si elle diminue trop.
6. Ce processus de contrôle en boucle fermée permet de maintenir constante la tension de sortie même en cas de variation de la tension d'entrée ou de la charge.

¹ "Électronique pour les Nuls" de Cathleen Shamieh, éditions First, 2015, page 337.

7. Des filtres supplémentaires sur la sortie produisent 24V DC stables et propres pour alimenter les charges sensibles.

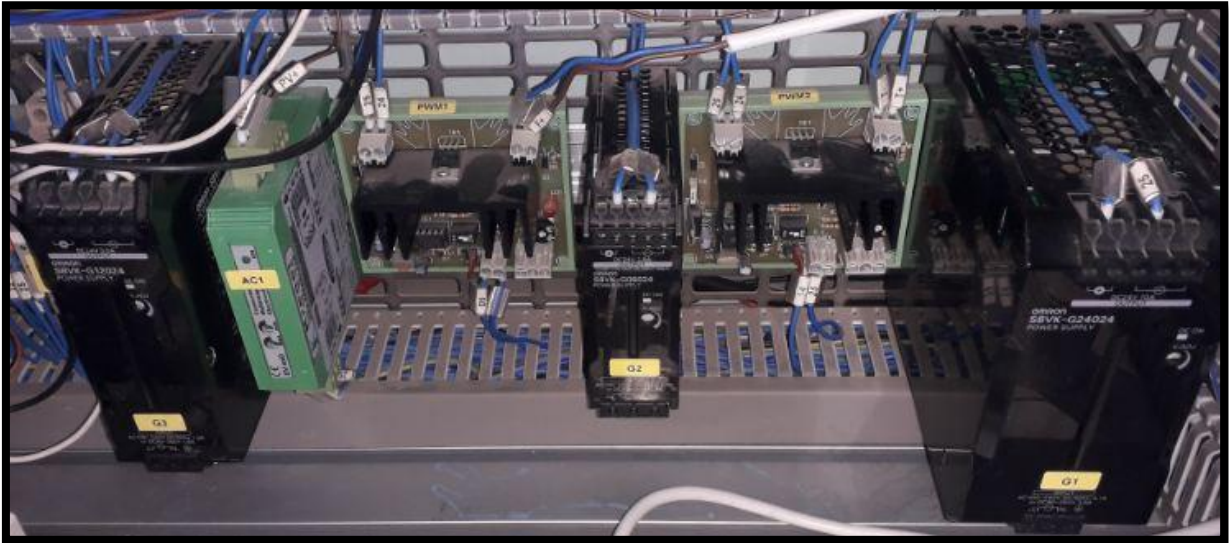


FIGURE VI. 20:REGULATEURS DE TENSION.

VI.4.2 Méthode

VI.4.2.1 Assemblage de système

On a travaillé au laboratoire de génie électrique de l'université de BOUIRA. Nous avons utilisé un banc d'essai que nous avons modifié jusqu'à ce que nous obtenions l'assemblage du système souhaité. (Figure VI.21)

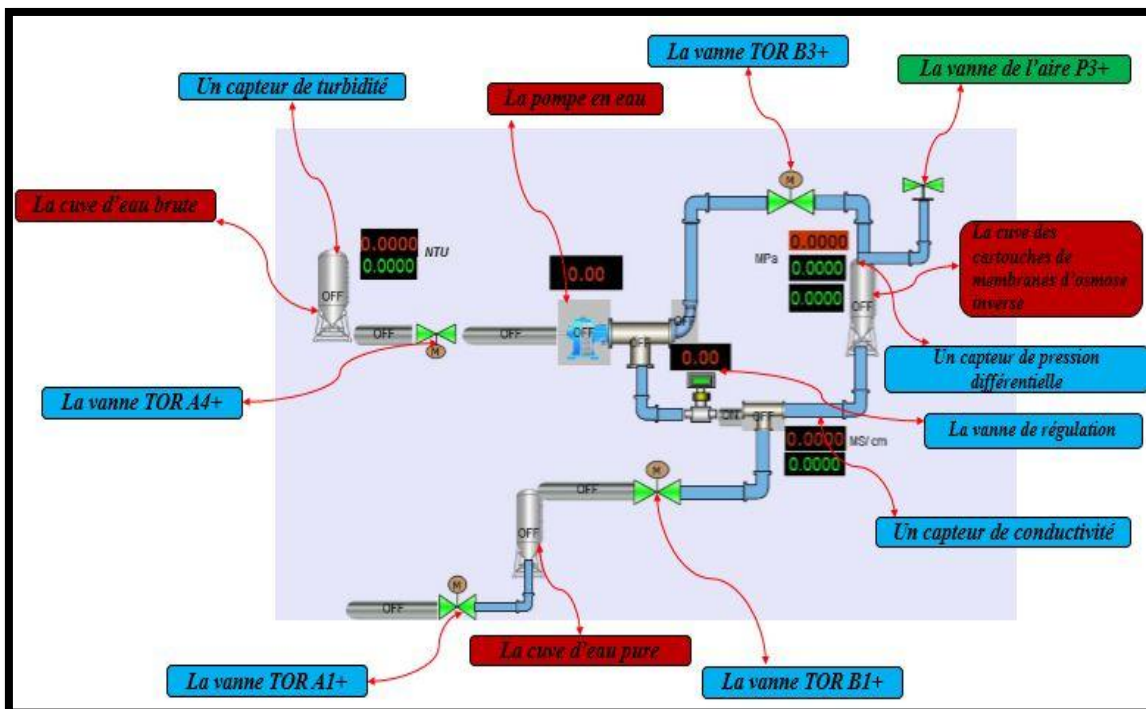


FIGURE VI. 21: SCHEMA SYNOPTIQUE D'INSTALLATION D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUE.

VI.4.2.2 Logiciel de programmation TIA Portal

Le logiciel de Siemens « Totally Integrated Automation Portal» apporte une réponse optimale à toutes les exigences et offre un concept ouvert vis à vis des normes internationales et de systèmes tiers, le TIA Portal accompagne l'ensemble du cycle de vie d'une machine ou d'une installation. Ce logiciel est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC Step7 et SIMATIC WinCC.¹

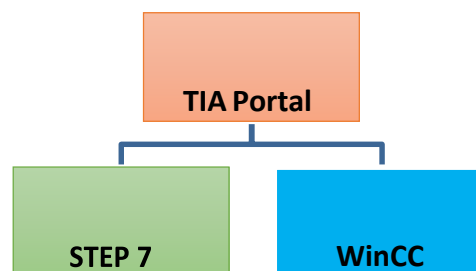


FIGURE VI. 22: ILLUSTRATION DE LA CONSTRUCTION DE TIA PORTAL.

➤ SIMATIC STEP 7

SIMATIC STEP 7 est le logiciel d'ingénierie le plus connu et le plus utilisé dans le monde pour l'automatisation industrielle. SIMATIC STEP 7 Version 13 est un système d'ingénierie fonctionne sous le logiciel Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). Avec SIMATICSTEP 7 V13, l'utilisateur peut configurer, programmer, tester et faire le diagnostic de tous les automates SIMATIC ²

➤ SIMATIC WinCC

WinCC (TIA portal) est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, de PC industriel SIMATIC et de PC standard par le logiciel de visualisation. Le SIMATIC WinCC dans le TIA portal fait partie d'un nouveau concept d'ingénierie intégré qui offre un environnement d'ingénierie homogène pour la programmation et la configuration de solution de commande, de visualisation d'entraînement, c'est le logiciel pour toutes les applications IHM allant de solutions de commande simples avec basic panels

¹ S- MELLALI / L- YOUSFI « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL» Mémoire de master, Université de Bejaia, 2017.

² S- MELLALI / L- YOUSFI « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL» Mémoire de master, Université de Bejaia, 2017.

aux applications SCADA pour système multipostes basé sur PC.¹

Vues du TIA Portal

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose de deux types de vue:

- **Vue du portail** : elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide ²
- **Vue du projet** : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet, les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue.³

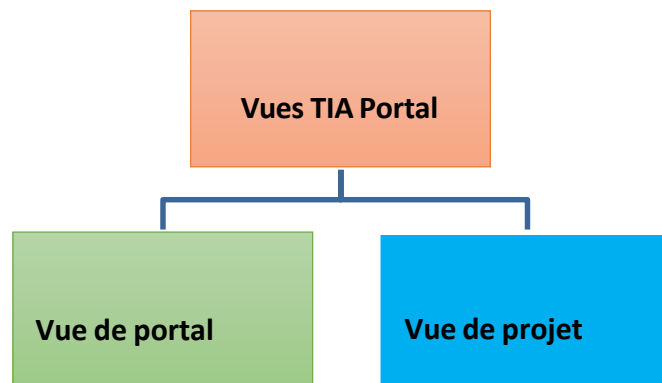


FIGURE 6. 23: VUES TIA PORTAL.

¹ Siemens, « SIMATIC S7 Automate programmable, Manuel système), livre, 2011

² S- MELLALI / L- YOUSFI « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL » Mémoire de master, Université de Bejaia, 2017.

³ Siemens AG, « SIMATIC STEP 7 dans le portail Totally Integrated Automation Portal », livre, 2013

Vue du portail

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâche (action) la fenêtre affiche la liste des actions peuvent être réalisées pour la tâche sélectionnée¹

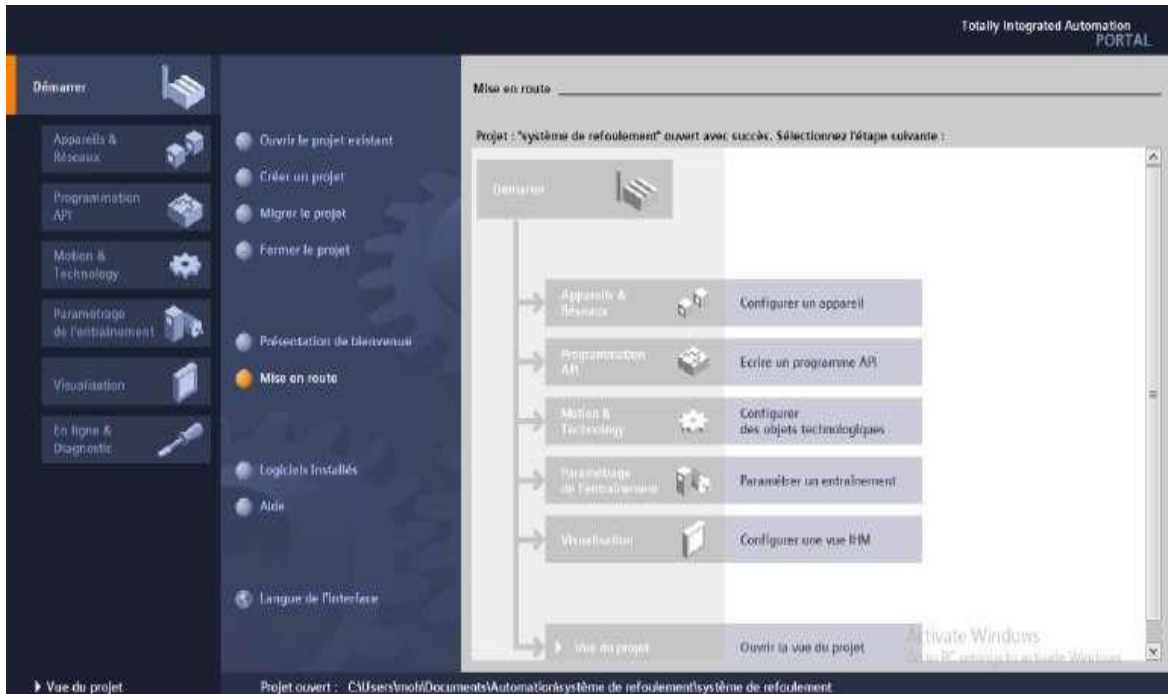


FIGURE VI. 24: VUE DU PORTAL VI3.

La **figure VI.25** représente les actions principales dans la vue de portail.

¹ S- MELLALI / L- YOUSFI « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL » Mémoire de master, Université de Bejaia, 2017.

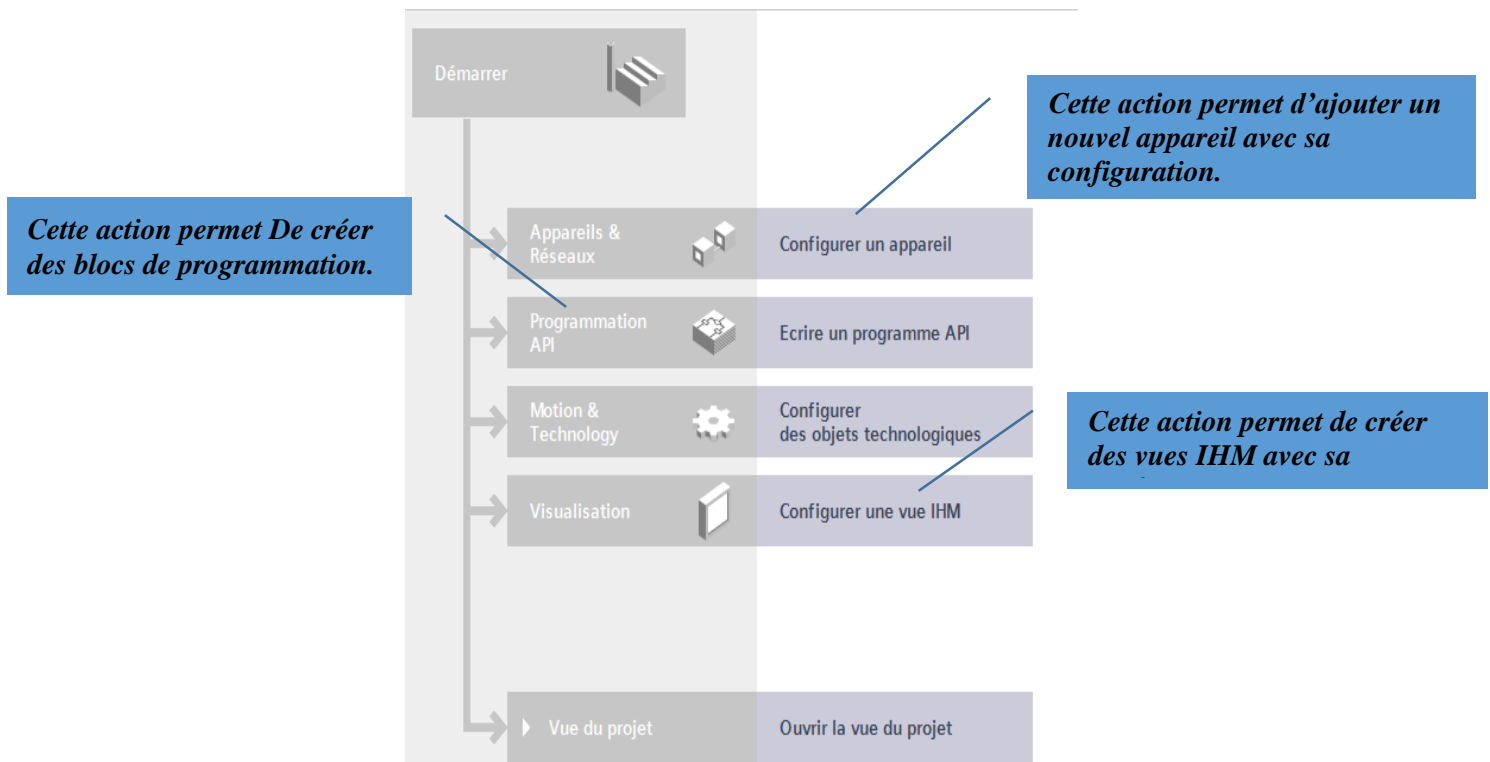


FIGURE VI. 25: ACTIONS PRINCIPALE DANS LA VUE DE PORTAL.

Vue du projet

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée ¹

¹ S- MELLALI / L- YOUSFI « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL » Mémoire de master, Université de Bejaia, 2017.

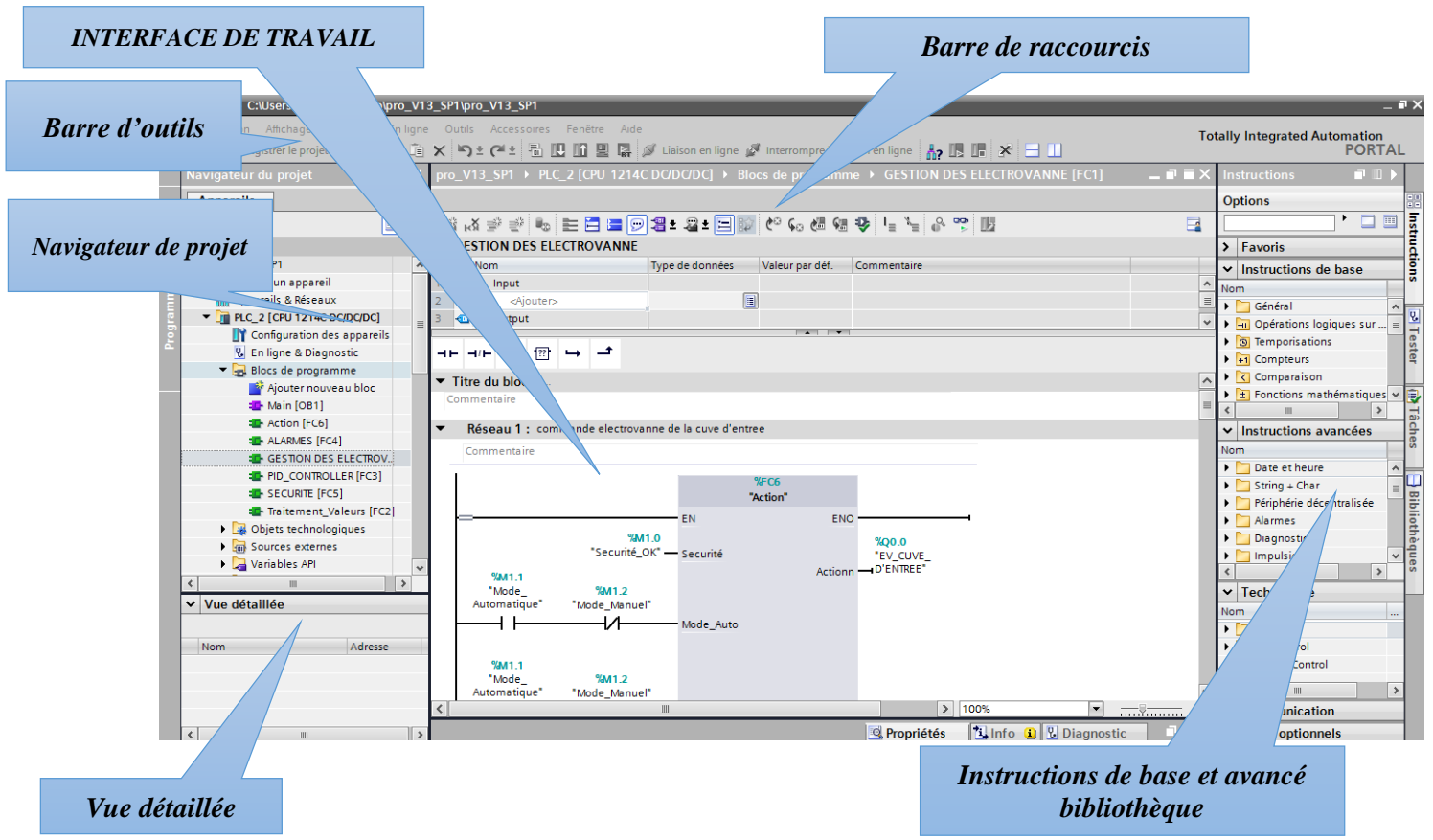


FIGURE VI. 26: VUE DE PROJET.

VI.4.2.3 Avantages du logiciel TIA Portal

Les avantages du TIA Portal sont résumés comme suit :

- **Programmation intuitive et rapide** : avec des éditeurs de programmation nouvellement développés SCL, CONT, LOG, LIST et GRAPH.
- **Efficacité accrue grâce aux innovations linguistiques de STEP 7** : programmation symbolique uniforme, Boite à calculs, ajout de blocs durant le fonctionnement, et bien plus encore.
- **Performance augmentée grâce à des fonctions intégrées** : simulation avec PLCSIM, télémaintenance avec TeleService et diagnostic système cohérent.
- **Technologie flexible** : Fonctionnalité motion control évolutive et efficace pour les automates S7-1500 et S7-1200.
- **Sécurité accrue avec Security Integrated** : Protection du savoir-faire, protection contre la copie, protection d'accès et protection contre la falsification.
- **Environnement de configuration** commun avec pupitres IHM et entraînements dans l'environnement d'ingénierie TIA Portal.¹

VI.4.2.4 Etapes d'automatisation logicielle

Dans cette partie, nous présentons les tâches fondamentales nécessaires à la planification d'une solution d'automatisation à base d'un automate programmable (API). Il existe de nombreuses méthodes pour concevoir une solution d'automatisation.²

La figure suivante représente ces tâches :

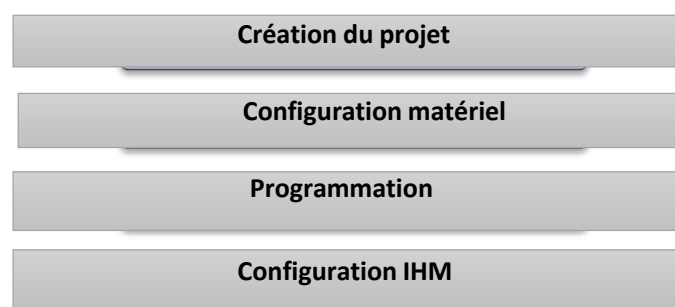


FIGURE VI. 27: PLANIFICATION D'UNE SOLUTION D'AUTOMATISATION.

¹ Siemens AG, «SIMATIC STEP 7 dans le portail Totally Integrated Automation Portal», 2013, [En ligne] <https://documents.pub/document/simatic-step-7-dans-le-ortail-totally-integrated-automation-portal-.html?page=1>

² Site, www.siemens.com/mcms/automation/en/pages/automation-technology. 09/05/2018

VI.4.2.5 Configuration matérielle

Après la création du projet nous allons configurer les appareils qui on a choisi parmi le large Choix d'automates et d'HMI proposés par TIA PORTAL.

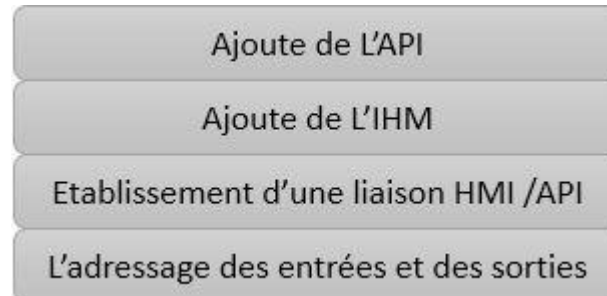


FIGURE VI. 28: PLANIFICATION DE LA CONFIGURATION.

A. La supervision

Créé pour la série IHM de SAMKOON SK à partir de Shenzhen SAMKOON Technologie, SKTOOL est un logiciel d'édition de configuration de SAMKOON IHM, SKTOOL prend en charge les pilotes de communication PLC des principaux fabricants mondiaux.

Le logiciel de configuration SKTOOL est un système de développement avec un environnement de développement intégré et de nombreuses fonctions avancées, il est facile à apprendre et à appliquer, ainsi les ingénieurs peuvent facilement développer leurs propres projets pour la configuration utilisée dans SKTOOL (**figure VI .29**).



FIGURE VI. 29: LOGO DE LOGICIELLE SKTOOL VER.7.

VI.5 Résultat de réalisation

Lors de la phase initiale de conception de notre prototype d'osmose inverse automatique (figure VI.30), nous avons élaboré une procédure précise pour son fonctionnement. Tout d'abord, l'eau brute entre dans le réservoir de stockage, où elle est soumise à une vérification de turbidité à l'aide d'un capteur analogique dédié. Si les conditions sont remplies, la vanne TOR A4+ s'ouvre, permettant à l'eau de circuler dans la tuyauterie en direction de la pompe MB, qui fournit la pression nécessaire aux membranes. La pression dans la cuve des membranes d'osmose inverse est contrôlée à l'aide d'un capteur de pression différentielle numérique, qui est relié à son tour à des conditions d'air, réglés donc par l'ouverture et la fermeture de la vanne d'air P3+. Une fois l'eau purifiée, la conductivité de l'eau est vérifiée à l'aide de capteurs analogiques. Si les conditions sont satisfaisantes, la vanne B1+ s'ouvre tandis que la vanne de régulation électrique A3+ se ferme complètement afin d'éviter le recyclage de l'eau. L'eau pure est alors stockée dans le réservoir dédié, équipé d'un capteur de niveau analogique qui mesure en temps réel le niveau d'eau pure. Lorsque le niveau maximal est atteint, la vanne A1 s'ouvre pour évacuer l'eau pure dans le réservoir final et le système s'arrête. Si les conditions ne sont pas satisfaisantes, la vanne de régulation électrique A3+ s'ouvre et la vanne TOR B1+ se ferme pour réguler la pression et le débit dans le système.

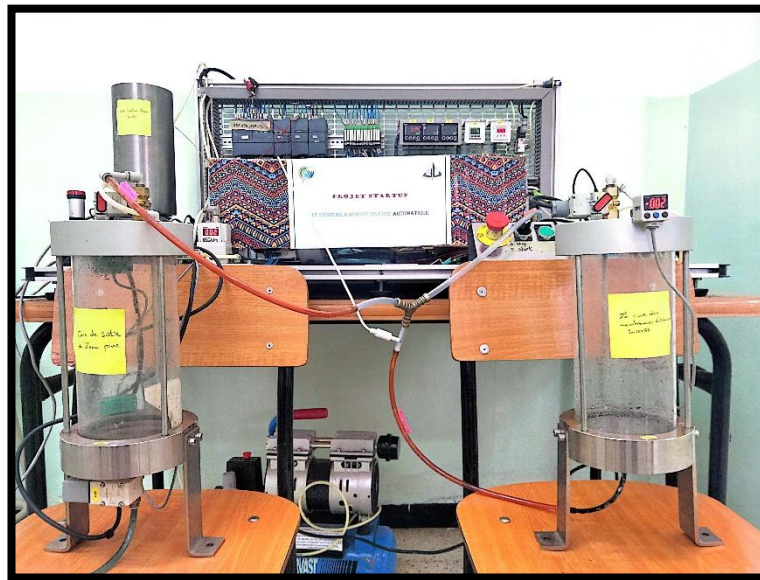


FIGURE VI. 30: PROTOTYPE D'OSMOSE INVERSE AUTOMATIQUE

VI.5.1 Fonctionnement de Prototype

VI.5.1.1 Fonctionnement automatique

Le système d'osmose inverse automatique fonctionne de la manière suivante :

L'utilisateur doit d'abord remplir la cuve d'eau brute et alimenter le système en électricité. Ensuite, il doit configurer les paramètres de turbidité, de pression, de conductivité, de pompe et d'électrovanne de régulation électrique selon ses besoins. Une fois que tous les paramètres sont réglés, l'utilisateur n'a qu'à appuyer sur le bouton de démarrage automatique puis Start automatique dans l'écran de supervision pour lancer le traitement de l'eau et le contraire ça sera par le bouton stop automatique. Si non Lorsque la cuve d'eau pure est pleine, le système s'arrête de manière automatique. En cas de difficulté de compréhension du fonctionnement du système, l'utilisateur peut se référer aux instructions affichées sur l'écran de supervision en cliquant sur le bouton dédié pour une meilleure compréhension.

VI.5.1.2 Fonctionnement manuel

Avant de pouvoir utiliser le système, l'utilisateur doit remplir la cuve d'eau brute et l'alimenter en électricité. Grâce à notre écran de supervision convivial, l'utilisateur peut facilement alimenter les actionneurs en fonction de ses besoins.

Ce mode permet de vérifier l'état des actionneurs du système et il s'agit d'un mode de maintenance.

VI.6 Conclusion

En conclusion, le prototype expérimental de système d'osmose inverse contrôlé par un automate programmable et supervisé via un écran de supervision IHM représente une avancée significative dans le domaine de la purification de l'eau. Les résultats obtenus montrent que ce système est efficace et fiable, avec une grande précision de contrôle et une facilité d'utilisation grâce à l'IHM. Les avantages de ce système incluent une réduction des coûts et une amélioration de l'efficacité des processus de traitement de l'eau. En outre, la conception modulaire du système permet une grande flexibilité et une facilité de maintenance. Ce prototype Il est donc prometteur pour La fondation d'une startup de fabrication des systèmes d'osmose inverse automatisés dans l'Algérie à plus grande échelle, Le développement continu de ce prototype a permis son utilisation dans une variété d'applications pédagogiques et industrielles, ainsi que dans des stations de dessalement.



Liste des annexes



Annexe 2

Comptes de résultats escomptés



En DZD	REALISATION			PREVISION				
	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Vente et produits annexes				72 000 000	144 000 000	216 000 000	288 000 000	504 000 000
Variation des stocks produits finis et en cours								
Production immobilisée								
Subvention d'exploitation								
Production de l'exercice	-	-	-	72 000 000,00	144 000 000,00	216 000 000,00	288 000 000,00	504 000 000,00
Achats consommés				19 907 000	39 263 000	58 123 100	77 975 000	136 043 000
Services Extérieurs et autres consommations				686 000	686 000	686 000	686 000	686 000
Consommation de l'exercice	-	-	-	20 593 000,00	39 949 000,00	58 809 100,00	78 661 000,00	136 729 000,00
Valeur ajoutée d'exploitation	-	-	-	51 407 000,00	104 051 000,00	157 190 900,00	209 339 000,00	367 271 000,00
Charges de personnel				6 299 679	7 199 976	10 599 960	15 149 952	23 599 920
Impôts et taxes et versement assimilés								
Excédent Brut d'Exploitation	-	-	-	45 107 321,00	96 851 024,00	146 590 940,00	194 189 048,00	343 671 080,00
Autres produits opérationnels								
Autres charges opérationnelles								
Dotations aux amortissements, Provisions								
Preprise sur pertes de valeurs et provisions								
Résultat opérationnel	-	-	-	45 107 321,00	96 851 024,00	146 590 940,00	194 189 048,00	343 671 080,00
Produits Financiers								
Charges financières								
Résultat financier	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat Ordinaire avant impôt	-	-	-	45 107 321,00	96 851 024,00	146 590 940,00	194 189 048,00	343 671 080,00
Impôt exigible sur résultat ordinaire								
Impôt différé (variation) sur résultat ordinaire								
TOTAL DES PRODUITS DES ACTIVITES ORDINAIRES	-	-	-	72 000 000	144 000 000	216 000 000	288 000 000	504 000 000
TOTAL DES CHARGES DES ACTIVITES ORDINAIRES	-	-	-	26 892 679	47 149 976	69 409 060	93 810 952	160 329 920
RESULTA NET DES ACTIVITES ORDINAIRES	-	-	-	45 107 321	96 851 024	146 590 940	194 189 048	343 671 080
Eléments extraordinaire (produits)								
Eléments extraordinaire (charges)								
Résultat extraordinaire	-	-	-	-	-	-	-	-
RESULTAT NET DE L'EXERCICE	-	-	-	45 107 321	96 851 024	146 590 940	194 189 048	343 671 080

Annexe 4

Modèle d'affaires



BUSINESS MODEL CANVAS

Réalisé pour : La fondation d'une start-up spécialisée dans la conception de systèmes d'osmose inverse pilotés par l'automate programmable

Réalisé par : Abdelkader Sarah & AZGAG NOR EL HOUDA

Date: 05/06/2023

Version: 01

Partenaires clés

1. Fabricants d'automates programmables
2. Fournisseurs d'équipements d'osmose inverse
3. Fabricants des capteurs et instrumentation
4. Fournisseurs de vannes
5. Fabricants de pompes
6. Fabricants de réservoirs de stockage
7. Fabricants d'écran de supervision
8. Des fournisseurs de services : fournisseurs d'eau brute, services d'analyse d'eau, société de location
9. Des partenaires technologiques : pour intégrer de nouvelles technologies de traitement des eaux et améliorer les performances et fonctionnalités des systèmes comme les membranes spéciales et l'oxydation avancée de l'eau et le bio-traitement
10. Des investisseurs : pour financer le développement de notre startup par exemple l'extension de l'équipe commerciale et le développement de nouveaux produits.



Activités clés



Ressources clés

1. Équipements et matériaux
2. Logiciels et licences
3. Expertise et main d'œuvre
4. Budget et financement
5. Réglementation et permis

Propositions de valeur

- Pureté de l'eau améliorée grâce à cette technologie d'osmose inverse
- L'automatisation de ce système offre des avantages énormes:
 - Un gain considérable en matière de coûts de production
 - Une réduction des erreurs et des temps de cycle grâce à l'automatisation des processus
 - Une meilleure gestion des données et une meilleure prise de décision grâce à l'utilisation d'algorithmes avancés
 - Un gain de temps et une réduction des coûts de maintenance
- Une importante réduction des prix pour l'acquisition de cet appareil, en comparaison avec les tarifs pratiqués pour l'importation à l'étranger
- Créer des emplois qualifiés dans le domaine de l'ingénierie de la technologie, et de la maintenance de système
- Réduire la dépendance de l'Algérie aux technologies étrangères dans le domaine de l'eau et assurer une plus grande souveraineté hydrique nationale
- Améliorer l'image technologique de l'Algérie et son attractivité pour les investissements dans les technologies propres et les éco-activités
- Générer des revenus et de la valeur économique
- Apporter une réponse écologique au problème de pénurie d'eau en limitant le prélèvement dans les nappes phréatiques surexploitées.

Relations avec les clients

- La mise en place d'un service client qui se préoccupe des soucis de tout le monde
- La mise en place d'un service d'aide proactif avec un chat en ligne
- Récupérer le feedback des clients
- Construire un contact de confiance en étant honnête avec notre client, le contact peut être : Face à face, Réseaux sociaux, Emails, Les appels.

Canaux de distribution

- La vente directe
- Une plateforme de commerce électronique
- Via un partenaire distributeur (les distributeurs en gros)

Segments de clientèle

- Segment 1 : les industries
- Les industries agroalimentaires (IAA)
 - Les industries productrices d'eau pour consommation humaine
 - Les industries médicales
 - Les industries pharmaceutiques
 - Les industries cosmétiques
 - Les industries chimiques
 - Les industries électroniques
 - Les industries biotechnologiques
- Segment 2 : Les laboratoires universitaires les labos techniques
- Segment 3 : Les stations de dessalement
- Segment 4 : Offre la pratique de réutilisation des eaux usées pour les grandes industries
- Industries pétrolières et gazières

Structure des coûts

Tous les coûts de projet : 32 289 100 DA/an
 chiffre d'affaire pour un système d'osmose inverse automatique = 6 000 000 DA

Chiffre d'affaire de la première année : 72 000 000 DA/an

Le bénéfice de la première année = 39 710 900 DA

Sources de revenus

- Ventes directes du système d'osmose inverse automatique
- Contrats de maintenance du système d'osmose inverse automatique et de dépannage
- Services formation des clients
- Services sur mesure pour répondre à des besoins spécifiques de certains clients.