

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit, Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes frères, Redoine, Sid Ahmed et mes sœurs Amel, Safaa, Karima qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Et à toutes ma famille son exceptionnel. Et tous mes amis (e)s que j'aime tant : Mehdi, Hammani, Moncef, TEGHRINIMohamed, Sadek, Dali, Yaakoub, Nori, Salim, Lotfi, Brahim, Yacine ZIANI, Ahmed GHERBI, Bilal, Abdelwahab, Naceur, Abdeldjali l, Hocine, Smail, Mohamed Madekour, Housseem, Khoudir, Jacques, Naceur, chergui.....

Remerciements

Je remercie Dieu de m'avoir aidé à terminer ce modeste travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à mes encadreurs, Monsieur MOULAI-KHATIR Djezouli, et Monsieur HABI Mohamed, d'avoir acceptés de diriger ce travail. Ils ont eu confiance en moi et leur encadrement m'a permis d'exploiter mes connaissances théoriques et m'a fait découvrir des méthodes de travail.

Je remercie Monsieur S.M. MELIANI de nous avoir honorés en acceptant de présider le jury de la soutenance de ce PFE.

Je remercie également Messieurs A. HADRI et A. MANGOUCI d'avoir acceptés d'examiner le contenu scientifique de notre travail.

Que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouve ici toute notre gratitude.

MOULAY BRAHIM Toufik

Résumé:

Ce projet vise à développer et à modifier la stratégie d'installation des canaux de distribution d'eau et à développer des zones de stockage « château » d'eau potable grâce au système de contrôle automatique des tours de stockage d'eau. La nécessité de développer un modèle initial pour réguler l'installation des canaux d'eau entre les quartiers, afin d'optimiser le coût d'installation. Pour ce faire, nous allons proposer la mise en œuvre de la méthode du «voyageur de commerce». En prenant des mesures entre la tour de stockage et les quartiers parmi eux, puis les insérées dans le programme LINGO.

En outre, nous allons proposer un Grafcet qui permet de contrôler l'ouverture et la fermeture des robinets d'eau. Et aussi, nous intégrons la température et les changements climatiques. Et également nous allons ajouter un modèle pour surveiller l'environnement climatique et l'état de la tour de stockage (niveau d'eau).

Mots-clés: voyageur de commerce, contrôle automatique, tours de stockage, changements climatiques LINGO, Grafcet.

ملخص:

يهدف هذا المشروع لتطوير وتغيير استراتيجية تنصيب قنوات توزيع المياه وأيضاً تطوير أماكن تخزين المياه الشروب من خلال نظام السيطرة والتحكم الآلي في أبراج تخزين المياه. ومن هنا كانت الحاجة لتطوير نموذج أولي يقوم بضبط تنصيب قنوات الماء الشروب بين الأحياء وهذا من أجل تنظيمها ومعرفة الثمن اللازم ومعرفة كم يلزم من متر مناسب من الانابيب لتوصيل شبكة كاملة. ومن أجل تحقيق ذلك قمنا باقتراح تنفيذ طريقة « المسافر التجاري.» من خلال اخذ المقاسات بين برج التخزين و الأحياء فيما بينها وتشكيلها في برنامج LINGO.

وبالإضافة لذلك فقد اقترحنا Grafcet يسمح بالتحكم في فتح وغلق صنابير الماء. وأيضاً من خلال ادراج درجة الحرارة والتغيرات المناخية. وأيضاً قمنا بإضافة نموذج لمراقبة البيئة المناخية وحالة برج تخزين الماء اما هو في حالة ممتلئة او في حالة فراغ.

الكلمات المفتاحية: المسافر التجاري، التحكم الآلي، أبراج تخزين، التغيرات المناخية، LINGO, Grafcet.

Abstract:

This project aims at developing and changing the strategy of installing water distribution channels and also developing drinking water storage areas through the system of automatic control and control of water storage towers. Hence, the need to develop an initial model to regulate the installation of water channels between the neighborhoods of the neighborhood and this in order to organize and know the price and necessary to know how much appropriate meter of pipes to connect the entire network. In order to achieve this we have proposed the implementation of the method of "commercial traveler". «By taking measurements between the storage tower and neighborhoods among them and their formation in the program LINGO.

In addition we have proposed Grafcet allows to control the opening and closing of water taps. And also by incorporating temperature and climate changes. We have also added a model to monitor the climatic environment and the state of the water storage tower either in full or in a vacuum.

Keywords: commercial traveler, automatic control, storage towers, climatic changes, LINGO, Grafcet.

Sommaire :

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Généralités sur la distribution de l'eau potable	
1.1 Introduction	3
1.2 Historique de l'eau potable	3
1.3 Les ressources hydriques.....	4
1.4 La distribution de l'eau potable.....	5
1.4.1 Définition du mot distribution (1) :	5
1.4.2 Définition du mot distribution (2) :	6
1.4.3 Définition du circuit de distribution :	6
1.4.4 Définition du réseau de distribution :	6
1.4.5 Définition du réseau de distribution de l'eau potable :	6
1.5 Moyens de transport de l'eau potable	6
1.6 Configuration des systèmes de distribution de l'eau potable.....	7
1.7 Anatomie d'un système de distribution de l'eau potable	8
1.8 Éléments constitutifs d'un réseau de distribution de l'eau potable	8
1.8.1 Les matériaux des canalisations	8
1.8.2 Les joints	8
1.8.3 Les vannes	9
1.8.4 Les ventouses	9
1.8.5 Les décharges	10
1.8.6 Les poteaux d'incendie.....	10
1.8.7 La pression dans le réseau	10
1.8.8 Problèmes rencontrés dans un réseau de distribution d'eau potable	10
1.8.8 Problèmes de gestion des réseaux d'AEP en Algérie.....	10
1.9 Conclusion.....	11
Chapitre 2: Intégration de la chaîne logistique dans le réseau de distribution de l'eau potable	
2.1 Introduction	13
2.2 La logistique industrielle.....	13
2.2.1 Définition :	13
2.3 L'importance de la logistique.....	14
2.4 Etat de l'art sur les chaînes logistiques	14
2.5 Définition d'une chaîne logistique	14
2.6 La décision dans la chaîne logistique	15

2.6.1 Les décisions stratégiques	16
2.6.2 Les décisions tactiques	16
2.6.3 Les décisions opérationnelles	16
2.7 La gestion de la chaîne logistique	17
2.8 Les outils d'aide à la décision multicritère.....	17
2.9 La méthode VRP (Vehicule Routing Problem).....	17
2.10 Définition de programme LINGO	18
2.10.1 Description de modèle sur LINGO.....	18
2.10.2 Discussion sur les objectifs	19
2.10.3 Discussion sur les résultats.....	19
2.11 Conclusion.....	24

Chapitre 3: Automatisations du château d'eau et les systèmes des contrôles

3.1 Introduction	26
3.2 L'automate programmable industriel « API ».....	26
3.2.1 Historique de l'automate	26
3.2.2 Définition de l'automatisme	27
3.2.3 Définition de l'automate programmable industriel « API »	27
3.2.4 Les buts (ou objectifs) de l'automatisation	28
3.2.5 Les avantages et les inconvénients d'un API	28
3.3 Structure d'un système automatisé.....	29
3.3.1 La partie opérative « O.P ».....	29
3.3.2 La partie commande « P.C »	30
3.4 Description des composants d'un API	30
3.5 Les types d'un automate programmable industriel « API ».....	32
3.6 La simulation du Grafcet sur le logiciel Step7	32
3.6.1 Cahier des charges.....	32
3.6.2 Les solutions technologiques.....	32
3.6.3 Analyse temporelle du système	33
3.7 Les systèmes des contrôles.....	34
3.7.1 Notion sur les systèmes des contrôles	34
3.7.2 Contrôle manuel	35
3.7.3 Système de contrôle distribué (DCS)	35
3.8 Définition de système de contrôle distribué (DCS)	35
3.9 Les principaux objectifs de ce système	36
3.10 Les avantages de DCS.....	36

3.11 Conclusion.....	36
----------------------	----

Chapitre 4: Réalisation de la maquette

4.1 Introduction	38
4.2 Description de la réalisation pratique.....	38
4.3 Présentation de l'Arduino.....	38
4.3.1 Qu'est-ce que c'est ?	38
4.3.2 Description de l'Arduino UNO	39
4.3.3 Caractéristique de l'Arduino UNO.....	40
4.4 Capteur de température et d'humidité DHT11.....	40
4.4.1 Le montage du capteur de DHT11	41
4.5 Capteur de niveau.....	41
4.5.1 Spécification.....	42
4.5.2 Montage du capteur de niveau « flotteur ».....	42
4.6 Plaque d'essai.....	42
4.7 Le ventilateur 12V.....	43
4.8 Pompe 12V.....	43
4.8.1 Caractéristique de pompe 12 V	43
4.9 Présentation de la maquette.....	43
4.10 Présentation de logiciel utilisé.....	45
4.10.1 logiciel Arduino.....	45
4.10.2 Principe de fonctionnement de logiciel	45
4.11 Equipement nécessaire à l'ambiance climatique du château d'eau.....	46
4.11.1 Equipements de control	46
4.11.2 Température.....	47
4.11.3 Matériel de chauffage	47
4.11.4 Ventilation.....	48
4.12 Produire de l'énergie à partir de sources renouvelables.....	49
4.13 Maquette finale.....	50
4.14 Conclusion.....	50
Conclusion générale	52
Référence bibliographique	54
Annexes	58

Liste des figures :

Figure 1. 1 : Réseau bouclé.....	7
Figure 1. 2 : Réseau ramifié	7
Figure 1. 3 : Réseau bouclé	8
Figure 1. 4 : Réseau ramifié	8
Figure 1. 5, Figure 1. 6, Figure 1. 7 :Types des vannes	9
Figure 1. 8 : Une ventouse	10
Figure 2. 1 : Modèle d'une chaîne logistique.....	15
Figure 2. 2 : Pyramide des niveaux de décisions	16
Figure 2. 3 : Réseau de distribution configuré par VRP.	18
Figure 2. 4 : Le résultat obtenu par le logiciel « LINGO ».	20
Figure 2. 5 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=1 ».....	20
Figure 2. 6 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=2 ».....	21
Figure 2. 7 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=3 ».....	21
Figure 2. 8 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=4 ».....	22
Figure 2. 9 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=5 ».....	22
Figure 2. 10 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=6 ».....	23
Figure 2. 11 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=7 ».....	23
Figure 3. 1 : Structure d'un système automatisé.	29
Figure 3. 2 : Les deux types d'interaction au sein des systèmes automatisés	30
Figure 3. 3 : Tableau des symboles (mnémonique).....	33
Figure 3. 4 : La simulation du grafcet sur le step7.....	34
Figure 3. 5 : Contrôle manuel.....	35
Figure 3. 6 : Système de contrôle distribué	35
Figure 4. 1 : Carte Arduino UNO.....	39
Figure 4. 2 : Capteur de température et d'humidité DHT11.	40
Figure 4. 3 : Montage de capteur de DHT11	40
Figure 4. 4 : Capteur de niveau « Flotteur ».....	41
Figure 4. 5 : Montage du capteur de niveau.	41
Figure 4. 6 : Plaque d'essai.	42
Figure 4. 7 : Ventilateurs 12V.....	43
Figure 4. 8 : Modèle d'une pompe 12V.	43
Figure 4. 9 : L'interface de logiciel Arduino.	45
Figure 4. 10 : Schéma d'un chauffage mural constitué d'un réseau de tuyaux en cuivre.....	48
Figure 4. 11 : Le mouvement d'air du bon positionnement des ouvertures d'aération.....	48
Figure 4. 12 : Des ventilateurs de type Climax et Air Master.....	49
Figure 4. 13 : Maquette réalisé.....	50

Liste des tableaux:

Chapitre 04 : la réalisation de la maquette

Tableau 1 Les caractéristiques d'une carte Arduino UNO..... 40

Tableau 2 Equipements nécessaires à l'ambiance climatique pour le château d'eau 47

Annexes

Tableau A1 Normes d'eau potable d'après l'OMS 58

Glossaire des Acronymes:

A

AEP	Alimentation en Eau Potable
API	Automate Programmable Industriel

D

DCS	Système de Contrôle Distribué
------------	-------------------------------

P

PLC	Programmable Logic Controller
------------	-------------------------------

S

SCM	Supply Chain Management
------------	-------------------------

T

T.O.R	Tout Ou Rien
TSP	Traveling Salesman Problem

V

VCAP	Valeur de Capacité Maximale
VRP	Vehicule Routing Problem

W

WDS	Water Distribution System
------------	---------------------------

Introduction générale

Introduction générale

L'Alimentation en Eau Potable (A.E.P) est l'ensemble des équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs.

On considère quatre étapes distinctes dans cette alimentation :

- prélèvements - captages (eau de surface ou eau souterraine).
- traitement pour la potabilité de l'eau.
- adduction (transport et stockage).
- distribution au consommateur.

Les recherches menées actuellement dans le domaine des réseaux d'eau potable concernent essentiellement le contrôle de vieillissement réseaux, la réalisation, le diagnostic et la construction de programme de contrôle que ça soit pour le stockage et le transport qu'il aide à diminuer les dégâts des interruptions répétées dans l'eau et aussi en raison de bénéfices entre l'entreprise et le consommateur. Ces différents problèmes constituent, de nos jours, une préoccupation majeure pour les gestionnaires des réseaux d'A.E.P.

Ce travail est réparti en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire un rappel sur les réseaux d'A.E.P, avec un détail sur le réseau de distributions, car c'est sur ce dernier que va porter essentiellement notre étude. Intégration de la chaîne logistique c'est un module essentiel qui nous permette d'organiser et de schématiser les lignes de distribution d'eau potable, avec un outil d'aide à la décision multicritère, cette technique est illustrée dans le deuxième chapitre.

L'objet du troisième chapitre est de faire une présentation sur l'automatisation est ces méthodes, et de construire un schéma d'un château d'eau automatisé puis nous allons chercher comment gérer et contrôler ce système automatiquement alors nous allons décrire une petite notion sur le système de contrôle de distribution « DCS ».

Dans le quatrième chapitre, nous allons réaliser une maquette représentant le système étudié et intégrant tous les composants électroniques nécessaires pour le contrôle et la gestion.

Enfin, le document se terminera par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre 1

Généralités sur la distribution de l'eau potable

1.1 Introduction

L'eau utilisé pour les besoins humains a pour origine première l'eau de pluie cependant, la pluie qui tombe sur le sol se partage en diverses fractions suivant des proportions variables :

- une partie retourne dans l'atmosphère, sous forme de vapeur par évaporation du sol ou transpiration des végétaux.

- une autre partie ruisselle à la surface du sol et contribue à l'alimentation des ruisseaux et rivières.

- le reste qui est la fraction la plus faible, soit de 20% à 40% pénètre dans le sol par infiltration et contribue à l'alimentation des nappes profondes, des sources et dans certaines conditions des rivières.

1.2 Historique de l'eau potable

Dans cet historique nous allons nous intéresser sur le transport et la conduite de l'eau puis le stockage est la distribution de l'eau.

Au cours des siècles, pour avoir l'eau à leur disposition, les hommes fabriquent des moyens de puisage et des récipients pour le transport et le stockage. Ils mettent au point des techniques pour conduire l'eau sur les lieux de son utilisation et l'évacuer après usage. La rareté ou l'abondance de l'eau, les facilités ou les difficultés pour en disposer marquent les façons de vivre.

L'histoire de l'eau et celle des hommes sont étroitement liées. Les premières implantations humaines ont eu lieu à proximité des points d'eau, à travers l'histoire, la conquête de l'eau par l'homme a été longue. Certaines périodes de l'histoire. Ne connais pas ou peu des changements concernant les rapports des hommes et de l'eau. D'autres au contraire connaissent de profonds bouleversements. Nous allons essayer de retracer rapidement l'évolution des usages de l'eau au fil du temps, nous allons nous intéresser d'abord à l'approvisionnement et l'évacuation des eaux, puis à son utilisation comme énergie et moyen de transport et pour finir, nous aborderons sur l'eau.

Le transport de l'eau se fait à bout de bras, à l'aide de seaux, des cruches ou des récipients à anses. Le transport s'effectue aussi sur la tête dans des poteries ventrues. Quand la distance est importante, ils ont utilisé un joug ou un cercle comme les porteurs d'eau professionnels. Dans les régions à terrains perméables, les périodes de sécheresse pendant lesquelles les mares, les citernes et souvent les puits sont à sec, obligent à des transports plus longs, souvent avec attelage, charrette et tonneaux.

Le transport de l'eau est souvent confié aux femmes et aux enfants. Du Moyen Âge jusqu'au XX^e siècle, les porteurs d'eau sont le principal moyen de distribution dans les villes et dans les campagnes, la corvée du seau d'eau va perdurer jusqu'au début de notre siècle. Les porteurs d'eau sont vingt mille à Paris en 1850 et les derniers cessent leur activité vers 1900. Au long des siècles, les hommes aménagent des points d'eau sur leurs lieux de vie; ils creusent des puits, construisent des citernes, installent des fontaines. Mais pour que des fontaines

existent, il faut des adductions d'eau que seules les sociétés organisées et riches peuvent réaliser et entretenir. Si les villes sont dans l'Empire romain, bien pourvues de fontaines alimentées par les aqueducs, les villes françaises n'ont par la suite, et ce jusqu'au XXe siècle qu'un nombre de fontaines nettement insuffisant

Dès que la quantité d'eau utilisée par la communauté est beaucoup plus importante que celle nécessaire à l'alimentation humaine, amener l'eau par les conduites diverses devient indispensable, pour les rites, les bains, le spectacle des fontaines, Farrosage, l'abreuvement des animaux... Conduire l'eau dans une rigole ou un canal, à partir d'une source, d'une retenue sur un cours d'eau, est une technique que les hommes utilisent depuis très longtemps, certainement depuis le deuxième millénaire avant notre ère. La réalisation paraît simple, elle exige pourtant du savoir-faire. L'eau doit s'écouler régulièrement tout en restant à l'altitude la plus élevée possible.

Le canal fait tous, les contours nécessaires pour conserver une faible pente et le trace d'un aqueduc est une suite de courbes. De tels canaux ont été et sont encore utilisés à travers le monde pour l'irrigation des terres.

Les aqueducs conduisent l'eau de la source au réservoir, dans un canal recouvert des dalles de pierre dans la plupart des cas. A partir des réservoirs, l'eau est amenée aux fontaines dans des tuyaux ou conduites. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, la terre cuite, le plomb, le bois servent à fabriquer des tuyaux. Ensuite, ce sont des tuyaux de fonte qui permettent d'établir les conduites principales des adductions d'eau. Pour les dérivations et la distribution d'eau dans les maisons, les tuyaux de fer galvanisé et de cuivre sont employés depuis le XXe siècle.

Pour le stockage et la distribution, Des fouilles archéologiques ont montré l'importance des citernes pour la satisfaction des besoins alimentaires et domestiques. A la campagne, dans les fermes, l'eau de pluie est récupérée et mise en réserve dans les citernes s'il n'y a pas de source proche. Les aqueducs des Grecs et des Romains aboutissent à des réservoirs, à partir desquels l'eau est distribuée dans les fontaines et les bassins publics de la cite et aux particuliers. Dans l'Antiquité, même quand des aqueducs existent, les civilisations méditerranéennes ont toujours utilisé des citernes permettant la récupération de l'eau de pluie ou éventuellement des petites sources temporaires. Avant que les distributions modernes d'eau n'existent, les fontaines coulent le plus souvent sans interruption. La quantité d'eau qui coule au bec de la fontaine est souvent faible et un bassin constitue une réserve dans laquelle les usagers peuvent puiser. Les Romains ont des robinets-vannes sur des conduites au plomb. L'usage des robinets ne devient courant qu'au XXe siècle quand l'eau est distribuée sous pression. Pour distribuer l'eau sous pression, les ingénieurs et les fabricants du XVIIIe et du XXe siècle doivent résoudre plusieurs problèmes : fabrication en série de tuyaux métalliques, de branchements, de vannes, de robinets, d'appareils de mesure de débit, de joints étanches. Il leur faut aussi étudier l'écoulement de l'eau et déterminer les sections de conduites principales et secondaires. [1]

1.3 Les ressources hydriques

Selon les circonstances, envisager de recourir aux d'approvisionnement en eau suivantes :

- Eaux de surface.
- Eaux souterraines.
- Eaux de pluie.
- Eaux de mer et eaux saumâtres.
- Eaux non-conventionnelles [2].

Alors les trois principales sources d'approvisionnement en eau sont :

✚ **Eaux de surface** : Les eaux de surface comprennent les eaux des cours, d'eau (lac, étangs, bassins, rivières, fleuves). Elles sont sujettes à contamination. En effet, ce sont des eaux ou viennent boire les animaux. Leurs abords constituent souvent sur les feuilles des arbres s'accumulent et s'y décomposent généralement.

✚ **Eaux souterraines** : Ce sont les eaux des nappes. Elles peuvent être classées en deux catégories :

✓ les nappes phréatiques ou les nappes de puits : elles reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres), et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique.

✓ les nappes profondes : elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches de terre avant de constituer la nappe [3].

✚ **Eaux non-conventionnelles** : Sources d'approvisionnement complémentaire qui peuvent être substantielles dans les régions touchées par une pénurie extrême des ressources en eau renouvelables. Ils comprennent : la production d'eau douce par le dessalement de l'eau salée ou saumâtre (surtout à des fins domestique), la réutilisation des eaux usées urbaines ou industrielles (avec ou sans traitement), principalement dans l'agriculture mais de plus en plus dans l'industrie et les secteurs domestiques, l'eau de drainage agricole, le transfert entre bassins, la récolte de l'eau de pluie, l'ensemencement des nuages, la réutilisation des eaux grises, etc. [4].

1.4 La distribution d'eau potable

1.4.1 Définition du mot distribution (1) :

D'après le dictionnaire de **Larousse**, la distribution est un nom féminin exprime une action de distribuer, de donner quelque chose à des gens, aux membres d'un groupe, etc...

Aussi exprime : organisation, disposition, répartition des éléments d'un ensemble d'un point de vue fonctionnel ou esthétique : « Une bonne distribution des pièces dans un appartement ». Aussi, le mot distribué exprime : fourniture au public d'un produit ou d'un service.

« Distribution du gaz et de l'eau et de l'électricité ».

1.4.2 Définition du mot distribution (2) :

L'activité de distribution/vente = l'ensemble des moyens et opérations qui permettent à un produit d'être mis à la disposition du consommateur final.

Distribuer un produit, en effet, c'est l'amener au bon endroit, au bon moment, en quantité suffisante avec le choix et les services nécessaires à leur vente, leur consommation et leur entretien.

Mettre en place une politique de distribution consiste à choisir un réseau de distribution ainsi qu'un type de stratégie. [5]

1.4.3 Définition d'un circuit de distribution :

Le circuit de distribution se compose de l'ensemble des chemins (ou canaux) parcourus par un produit ou par une catégorie de produits (gamme) pour arriver au consommateur final.

Il s'agit d'une notion proche de réseau de distribution, le circuit désigne généralement la structure de distribution alors que la notion de réseau s'intéresse davantage aux individus (distributeurs, intermédiaires). On motive donc un réseau, mais pas un circuit [5].

Aussi, on peut le définir comme étant le chemin emprunté par un produit ou un service.

1.4.4 Définition du réseau de distribution :

Est l'ensemble des intermédiaires de la distribution « grossistes ou détaillants » permettant la commercialisation d'un bien, et parfois même sa promotion. Il s'apprécie en fonction de deux paramètres : le nombre d'intermédiaires qui le composent, et la couverture géographique.

Donc les réseaux de distribution différents suivant la nature du produit, la zone géographique de commercialisation ou encore la cible visée [6].

Alors ils existent deux types de réseaux de distribution l'une et le réseau de distribution continue. Par exemple « les réseaux de la distribution d'eau et du gaz, etc.... ». Et l'autre réseau et le réseau de distribution discontinue. Par exemple « la distribution à l'aide d'un camion ou bien un véhicule, etc... ».

1.4.5 Définition du réseau de distribution d'eau potable :

Le réseau de distribution de l'eau potable est une infrastructure importante qui permet de distribuer l'eau en quantité suffisante pour satisfaire les besoins actuels [7].

Aussi, est l'ensemble des ouvrages (installations) et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire, depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés [8].

1.5 Moyens de transport d'eau potable

Transporter l'eau de la source aux clients nécessite un réseau des tuyaux, pompes, soupapes et autres accessoires. Stocker l'eau pour tenir compte des fluctuations, la demande due à des taux variables d'utilisation qui nécessite des installations de stockage telles que des

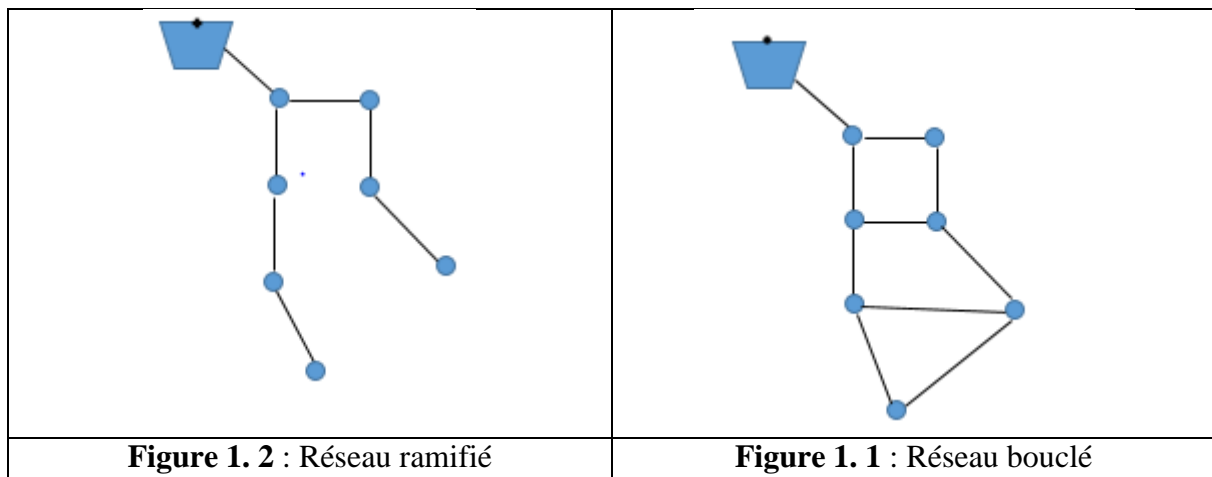
réservoirs, la tuyauterie, le stockage et l'infrastructure de soutien sont des ensembles dénommés le système de distribution (WDS). Les moyens de transport d'eau potable peuvent être catégorisés en deux types d'adductions et de distribution des eaux potable le principal type est le :

➤ **réseau de transport de l'eau potable.**

Composées par des composants conçus pour transporter des grandes quantités d'eau généralement entre les principales installations du système. Par exemple, une conduite principale de transport peut être utilisée pour transporter l'eau d'une installation de traitement vers des réservoirs de stockage. Les réseaux de distribution constituent une étape intermédiaire vers l'approvisionnement en eau à des clients finaux. Les réseaux de distribution ont un diamètre inférieur à celui des réseaux de transport.

1.6 Configuration des systèmes de distribution d'eau potable

Les systèmes de transmission et de distribution d'eau potable peuvent être soit **Bouclé (maillé)** soit **ramifié**, comme son nom l'indique, dans les systèmes en boucle comme la montre la figure 1.1, il peut y avoir plusieurs chemins différents que l'eau peut suivre pour aller de la source à un client particulier. Dans un système ramifié, également appelé arbre ou système dendritique, le l'eau n'a qu'un seul chemin possible entre la source et le client comme la montre la figure 1.2.



Les systèmes en **boucle** sont généralement plus souhaitables que les systèmes branchés (**ramifié**), car couplés.

Avec une vanne suffisante, ils peuvent fournir un niveau supplémentaire de fiabilité. Par exemple, considérons une rupture principale se produisant près du réservoir dans chaque système. Dans le système en boucle, cette rupture peut être isolée et réparée avec peu d'impact sur les clients en dehors de cette zone immédiate comme la montre la figure 1.3. Dans le système ramifié, cependant, tous les clients en aval de la panne auront leur service d'eau interrompu comme la montre la figure 1.4. Jusqu'à ce que les réparations soient terminées. Pour que l'eau atteigne l'utilisateur.

Il existe trois principaux types de joints : mécanique, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques où a emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.) [9].

1.8.3 Les vannes

Les vannes de réduction de pression : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée.

Elles permettent de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types des vannes qui satisfont à des besoins variés :

➤ **Les vannes d'isolement : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter**, réparer ou entretenir. On distingue donc deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les petits diamètres. Figure (1.4).

➤ **Les vannes à clapets de non-retour** : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement. Figure (1.6).

➤ **Les vannes de réduction de pression** : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée. Figure (1.5) [9].



Figure 1. 2



Figure 1. 3



Figure 1. 4

1.8.4 Les ventouses

On installe des ventouses aux ponts élevés du réseau. Elles permettent d'un côté, de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous, et de l'autre côté, de faire pénétrer l'air lorsqu'un vide se crée dans une conduite et évitent la création de pressions négatives qui risqueraient d'entraîner l'écrasement de la conduite. Trois types de ventouses sont utilisés : ventouses pour petites quantités d'air, ventouses pour grandes quantités d'air et ventouses universelles [9].



Figure 1.5 : Une ventouse

1.8.5 Les décharges

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible [9].

1.8.6 Les poteaux d'incendie

Ils permettent de fournir aux pompiers l'eau dont ils ont besoin pour combattre les incendies. Ils sont reliés aux conduits du réseau par des conduites de raccordement dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendies doit comporter au moins deux prises latérales de 65mm de diamètre et une conduite de 100 mm de diamètre si le débit excède 5000L/mn ou la pression si est faible. La superficie desservie par un poteau d'incendie dépend du débit nécessaire pour combattre les incendies, plus le débit est élevé, plus les poteaux sont nombreux et rapprochés [9].

1.8.7 La pression dans le réseau

Le réseau doit être calculé de telles sortes que l'eau parvienne aux consommateurs avec une pression minimale. L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver).

Une pression minimale de 150Kpa est alors recommandée. En vue de la bonne tenue des canalisations, et notamment de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 500Kpa qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés [9].

1.8.8 Problèmes rencontrés dans un réseau de distribution d'eau potable

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau de distribution d'eau potable, des fuites, les branchements illicites, les erreurs des compteurs, chute de pression, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. À ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposent des plaintes sur les différents services (Quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc...), au niveau des services concernés. Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- **Problèmes induisant les ruptures et les casses.**
- **Problèmes induisant les fuites.**
- **Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l'eau [9].**

1.8.9 Problèmes de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie

Les problèmes de gestion des réseaux algériens sont très divers :

- **Méconnaissance des besoins en eau des populations.**
- **Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires.**
- **Coupures d'eau fréquentes. - Fuites non répertoriées. - Interventions trop lentes sur les fuites.**
- **Personnel insuffisant et non qualifié.**
- **inexistence de pompes de secours au niveau des stations de pompage [10].**

1.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de décrire de manière générale les réseaux de distribution d'eau et aussi, nous avons présenté les composants et les équipements qui ont un lien avec le réseau de distribution d'eau potable. Ainsi que tous les problèmes qui peuvent survenir dans un tel réseau.

Chapitre 2

Intégration de la chaîne logistique dans le réseau de distribution d'eau Potable

2.1 Introduction

L'optimisation des modèles économiques et la chaîne logistique sont des enjeux industriels importants du XXIème siècle : dans un contexte de concurrence, disposer d'une chaîne logistique efficiente permettant une réduction des coûts et la satisfaction du client, c'est pourquoi des nombreux industriels se dotent (par achat ou développement interne) des outils d'aide à la décision intégrante, des méthodes des recherches opérationnelles, pour couvrir des problèmes de logique : problèmes d'ordonnancement, problème de tournées de véhicules, etc.....

Donc dans ce chapitre, nous allons présenter et définir la chaîne logistique et la gestion de la chaîne logistique puis nous allons faire une simulation du réseau de distribution d'eau potable exactement dans le côté de l'alimentation en eau potable par le compilateur LINGO. En utilisant la méthode multicritère VRP « problème de tournée de véhicule », qui nous permette de choisir le meilleur chemin ou bien minimiser le meilleur chemin, et déterminer le meilleur coût.

Ensuite, nous allons faire une discussion sur les résultats obtenus pour retirer la meilleure solution, bien sûr, nous respecterons la configuration des réseaux.

2.2 La logistique industrielle

2.2.1 Définition :

LE LOGISTICS INSTITUTE définit la logistique(1996), comme une collection des fonctions relatives aux flux des marchandises, d'information et de paiement entre les fournisseurs et les clients depuis l'acquisition des matières premières jusqu'au recyclage ou la mise au rebut des produit finis.

LE COUNCIL OF LOGISTICS Management définit la logistique (1985), comme le processus de planification, de mise en œuvre et de contrôle des flux et des stocks de matière première, en cours produit finis et des flux d'information associé, de leur point d'origine jusqu'à leur point de consommation, dans le but de satisfaire les attentes du client de manière efficiente et au moindre coût.

L'APICS définit, la logistique comme l'art et la science de l'approvisionnement, de la production et de la distribution des composants et produits fabriqués à la bonne place et en bonne quantité.

L'AFNOR définit, la logistique comme la planification, l'exécution et la maîtrise des mouvements et des mises en place des personnes ou des biens, et des activités de soutien liées à ces mises en place, au sein d'un même système organisé pour atteindre des objectifs spécifiques.

On distingue classiquement :

- **La LOGISTIQUE Interne** : organisation et gestion des flux au sein de l'entreprise
- **La LOGISTIQUE Externe**, elle-même décomposable en :

-logistique d'approvisionnement : organisation et gestion des flux des fournisseurs.
-logistique de distribution : organisation et gestion des flux de l'entreprise jusqu'aux clients [11].

Donc, **La LOGISTIQUE= MATERIALS MANAGMENT+DISTRIBUTION.**

2.3 L'importance de la logistique

L'importance de la logistique ne va cesser de croître dans la performance de l'entreprise : accroissement des échanges sur des distances de plus en plus longues, accroissement de la diversité de l'offre, rapidité des délais exigés, modifications des localisations de production alors que dans le même temps les marges de manœuvre pour gagner en compétitivité se réduisent dans certains des secteurs en matière d'investissement, de différenciation technologique et de productivité.

Donc, si pour cela, ils ont appelé « la chaîne logistique » la prise en compte d'un maximum de facteurs pour rationaliser les flux de produits et d'informations et gagner en productivité.

2.4 Etat de l'art sur les chaînes logistiques

Avant de parler de l'importance des chaînes logistiques dans la distribution de l'eau potable, il est nécessaire de mettre l'accent sur les chaînes logistiques et la gestion de la chaîne logistique.

2.5 Définition d'une chaîne logistique

La chaîne logistique englobe l'ensemble des opérations réalisées pour la fabrication d'un produit ou d'un service allant de l'extraction de la matière première à la livraison au client final en passant par les étapes de transformation, le stockage, et la distribution. De nos jours de plus en plus on regarde la chaîne logistique comme une toile regroupant plusieurs des activités citées, cela est dû à la complexité des organisations actuelles et à leurs dimensions internationales ajoutées aux flux des matières. La chaîne logistique inclut les flux d'information et les flux financiers. Chaque étape de transformation ou de distribution peut impliquer de nouveaux acteurs, soit de nouveaux fournisseurs ou de nouveaux clients intermédiaires, avec également des nouveaux flux d'informations.

Il semble qu'il existe un certain consensus entre les auteurs sur la définition de « la Chaîne Logistique » :

Selon « **La Londe et Masters** » une chaîne logistique, est un ensemble d'entreprises qui se transmettent des matières. En règle générale, plusieurs acteurs indépendants participent à la fabrication d'un produit et à son acheminement jusqu'à l'utilisateur final, producteur de matières premières et de composants, assembleurs, grossistes, distributeurs et transporteurs sont tous membre de la chaîne logistique.

Aussi, une chaîne logistique peut être définie, comme un « Réseau d'installation Qui Assure Les Fonctions d'approvisionnement En Matières Premières, De Ces Matières Premières En Composants Puis En Produits Finis Et De Distribution Du Produits Finis Vers Les Clients » [Lee].

Selon [Supply Chain Council, 1997] : « La chaîne logistique globale (ou Supply Chain) est un terme anglo-saxon qui englobe tous les acteurs impliqués dans la production et la livraison d'un produit fini ou d'un service depuis le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client, elle est constituée de fournisseurs, de fabricants de distributeurs et de clients ».

[Poirier et Reiter, 2001] : Définissent ainsi la chaîne logistique, d'une façon plus générale. Étant comme : « une chaîne logistique est le système grâce auquel les entreprises amènent leurs produits et leurs services jusqu'à leurs clients » [12].

L'AFNOR définit une chaîne logistique, comme une suite d'événements pouvant inclure des transformations, des mouvements ou des mises en place et apportant une valeur ajoutée.

Une chaîne logistique est composée d'une unité de production, d'une unité de stockages et de réseaux de transport ou distribution et de communication entre ces différents nœuds, et les processus de mise à disposition des produits de la conception au client final. En d'autre terme la chaîne logistique désigne l'ensemble des maillons de la logistique d'approvisionnement : achats, gestion des stocks, manutention, stockage, etc.

Chaîne logistique / Supply Chain

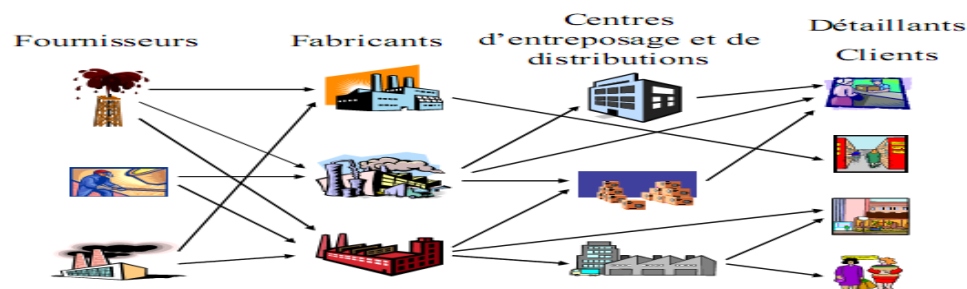


Figure 2. 1 : modèle d'une chaîne logistique

2.6 La décision dans la chaîne logistique

Une décision d'après (Ouzizi, 2005), peut être définie comme étant le problème de donner une valeur à une variable inconnue et dont la connaissance permet au décideur de sortir d'une situation de jugement ou d'incertitude. La conception d'une chaîne logistique nécessite de prendre un ensemble de décisions cet ensemble de décisions peut s'envisager sur trois niveaux hiérarchique :

- Décisions stratégique (à long terme).
- Décision tactique (à moyen terme).
- Décision opérationnelle (à court terme).

La figure suivante montre un tel schéma .une telle hiérarchie

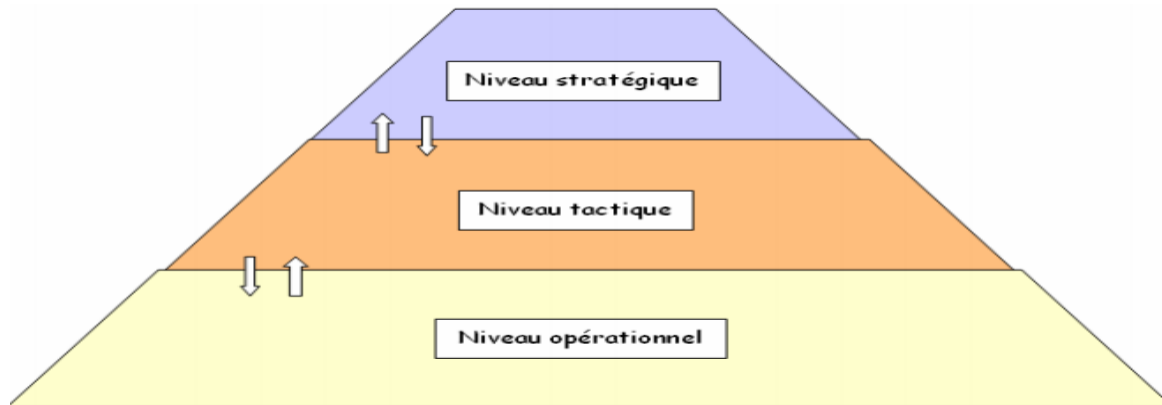


Figure 2. 2 : Pyramide des niveaux de décisions

2.6.1 Les décisions stratégiques

Les décisions stratégiques définissent la politique de l'entreprise sur le long terme, une durée s'étalant souvent sur plusieurs années (la durée de l'horizon dépend du cycle de vie des produits). Elles comprennent toutes les décisions de conception de la chaîne logistique, et de ce fait elles ont une influence importante sur la stratégie concurrentielle et donc sur la viabilité à long terme de l'entreprise. Elles sont prises par la direction de l'entreprise. Les décisions stratégiques configurent la chaîne logistique. Aussi, elles englobent les différents processus de l'organisation horizontale : l'approvisionnement, la production, la distribution et la vente. Il s'agit donc de la localisation l'allocation des différents sites et entités ainsi que le choix et la sélection des fournisseurs et les différents moyens de transport [13].

2.6.2 Les décisions tactiques

Les décisions tactiques s'agissent de produire au moindre coût pour les demandes prévisibles, donc avec une connaissance des ressources matérielles et humaines. Il s'agit en effet de faire la planification dépendante de la structure conçue au niveau stratégique (l'affectation des fournisseurs aux sites de production, le choix des règles de gestion des stocks, la programmation et le calcul des besoins, la coordination de la production et la distribution) [13].

2.6.3 Les décisions opérationnelles

Les décisions opérationnelles sont prises pour un horizon de très court terme pour assurer la gestion des moyens et le fonctionnement au jour de la chaîne logistique. Dans le cadre des chaînes logistiques. Les entreprises ont besoin à tous moment de prendre des décisions avec un temps de réponse très court au niveau opérationnelles de la configuration de la chaîne logistique, il y a moins d'incertitude sur les informations de la demande, car on doit prendre les décisions opérationnelles en un laps de temps très court (minutes, heures, jours). L'objectif à ce niveau est de répondre aux requêtes des clients d'une façon optimale en respectant les contraintes établies par les configurations et les politiques de planification choisies aux niveaux stratégiques et tactiques [13].

2.7 La gestion de la chaîne logistique

Il existe une distinction entre « **la chaîne logistique** » et « **la gestion de la chaîne logistique** », (SCM-Supply Chain Management). La gestion d'une chaîne logistique est une approche intégrative pour s'accorder sur la planification et le contrôle du flux physique entre tous les intervenants de la chaîne logistique (fournisseurs, producteurs, distributeurs) depuis la matière première jusqu'au produit fini, de manière à ce que la marchandise soit produite et distribuée en quantité conforme, au bon endroit et au bon moment. [14]

Le terme de Supply Chain Management peut se définir de plusieurs façons, c'est pour ça la majorité des juridictions dans le monde rencontré sur une définition unique.

Selon [Mentzen et al, 2001] : « **Le Supply Chain Management** » peut être défini comme la coordination systémique, stratégique, des fonctions opérationnelles classiques et de leurs tactiques respectives à l'intérieur d'une même entreprise et entre des partenaires au sein de la chaîne logistique, dans le but d'améliorer la performance à long terme de chaque entreprise membre et de l'ensemble de la chaîne.

La différence entre le concept de Supply Chain Management et le traditionnel concept de chaîne logistique est d'une part, que la chaîne logistique se limitait au cadre d'une seule entreprise, alors que le SCM gère un réseau d'entreprise, et d'autre part, la chaîne logistique se concentrait sur les fonctions d'approvisionnement, distribution, gestion de stock, alors que le SCM reprend ces fonctions et inclut les activités de marketing, développement de nouveaux produits, les finances et le service du client. La chaîne logistique devient donc l'une des fonctions de la gestion de la chaîne logistique.

2.8 Les outils d'aide à la décision multicritère

Les outils d'aide à la décision sont destinés à faciliter les prises de décision au niveau de l'entreprise. Il s'agit de rechercher un optimum, mais une solution compromise qui peut prendre diverses formes : choix, affectation, ou classement. Dans ce travail, nous allons choisir à étudier par la méthode multicritère : VRP-Vehicule Routing Problem « problème de tournée de véhicule ».

2.9 La méthode VRP (Vehicule Routing Problem)

Le « **Problème de Tournées de Véhicule** » VRP est un problème d'optimisation combinatoire les plus étudiées. Il pose le problème suivant à visiter des clients à partir d'un dépôt et au moyen d'une flotte de véhicules, avec un coût minimal. De nombreuses variantes existent dont certaines sont détaillées dans les sections suivantes. Historiquement, le VRP est une version étendue du Problème du Voyageur de Commerce (TSP, Traveling Salesman Problem), qui consiste à visiter l'ensemble des clients avec un seul véhicule.

Le but de la méthode VRP est de trouver un ensemble des routes pour une flotte de véhicules basée dans un ou plusieurs dépôts, afin de satisfaire les demandes d'un ensemble de clients. Aussi est de satisfaire la demande de tous les clients en minimisant le coût de transport. [15]

Donc la chose la plus intéressante par cette méthode-là, a déterminé les meilleurs chemins d'installation de réseau de distribution d'eau potable. Est de déterminer le coût optimal de l'installation que ça soit pour le réseau ramifié ou bien le réseau bouclé. C'est pour cela, nous allons choisir un quartier de sept citées et un château d'eau. Est, on doit déterminer la valeur optimal à partir d'une matrice des distances et une fonction objective. Est après on fait la simulation avec le compilateur LINGO.

2.10 Définition de programme LINGO

LINGO est un outil simple pour utiliser la puissance de l'optimisation linéaire et non-linéaire pour formuler des gros problèmes concis à résoudre et analyser la solution. L'optimisation vous aide à trouver la réponse qui donne le meilleur résultat, atteint le plus grand profit, rendement ou bonheur, ou réalise le coût le plus bas, les déchets, ou l'inconfort. Souvent, ces problèmes impliquent l'utilisation la plus efficace des ressources, y compris l'argent, le temps, les machines, le personnel, les stocks et plus encore. Les problèmes d'optimisation sont souvent classés comme linéaire ou non-linéaire, selon que les relations dans le problème sont linéaires avec le respect des variables. [16]

2.10.1 Description de modèle sur LINGO

- ✚ Définir la distance DIST (I, J).
- ✚ Définir le chemin $X(I, J) = 0, 1$; 1 si le véhicule passe par les citées, 0 if non.
- ✚ Définir le coût d'installation C.
- ✚ Définir combien de tuyaux d'installation peut passer par la City Q, $Q=1 \ 1 \ 1 \ 1$.
- ✚ Définir la matrice de distance M.
- ✚ Définir la capacité maximale « VCAP » : le nombre maximum des citées considéré à chaque fois.
- ✚ Définir la fonction objective qui permet nous de minimiser le coût d'installation, et aussi de choisir le meilleur chemin bien sûr en respectant les types de configuration de réseau de distribution « bouclé ou ramifié » $\text{MIN} = (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} * X_{ij})$.
- ✚ Définir les contraintes de la fonction objective :

$$1) \sum_{i=1}^n X_{ij} = 1, \quad \forall j \in \delta \quad i \neq j.$$

$$2) \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1, \quad \forall i \in \delta \quad i \neq j.$$

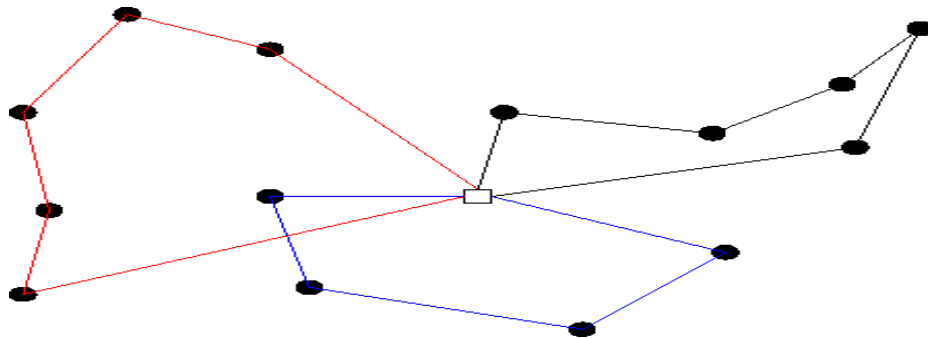


Figure 2. 3 : Réseau de distribution configuré par VRP

La matrice des distances M, qui elle a 8 ligne et 8 colonne [38].

!Cha	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7;	
0	292.5	342.5	431.5	474.5	551.5	596.5	636.5	! Cha;
0	0	50	139	182	259	304	344	! C1;
0	50	0	89	132	209	254	294	! C2;
0	139	89	0	43	120	165	205	! C3;
0	182	132	43	0	77	122	162	! C4;
0	259	209	120	77	0	45	85	! C5;
0	304	254	165	122	45	0	40	! C6;
0	344	294	205	162	85	40	0;	! C7;

2.10.2 Discussion sur les objectifs

Le but de ce problème est de réaliser la planification avec comme base l'ensemble des données, en fonction des différents objectifs. Donc on distingue deux types d'objectifs, la minimisation des coûts et la maximisation de la satisfaction.

2.10.3 Discussion sur les résultats

Premièrement, on doit fixer la valeur de capacité maximale « VCAP » :

Si VCAP=1.

Pour le coût d'une 1 Mètre de tuyaux d'installation est de C=200 DA

Donc voilà le résultat obtenu :

Global optimal solution found.

Objective value:

Extended solver steps:

Total solver iterations:

665100.0

0

0

Le coût
d'installation

Objective value de coût d'installation : 665100.0 DA

Objective value du métrage : 3325.50 mètre.

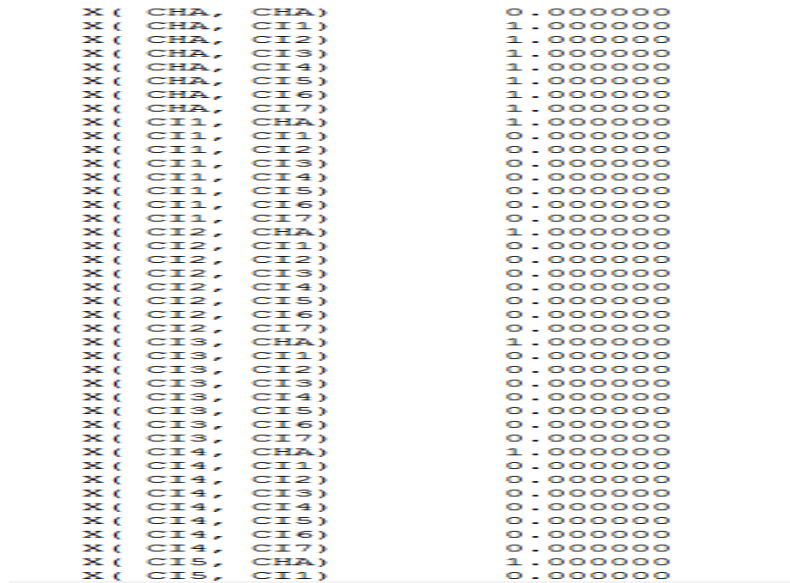


Figure 2. 4 : Le résultat obtenu par le logiciel « LINGO »

Donc d’après ce résultat-là, nous allons schématiser notre réseau de distribution d’eau potable :

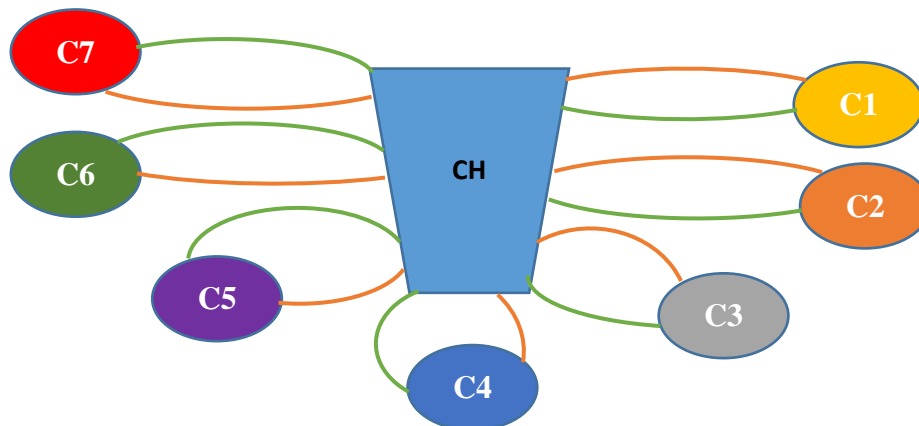


Figure 2. 5 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=1 »

Si VCAP=2

Objective value de coût d’installation : 382400.00 DA

Objective value du métrage : 1912.0 mètre.

Le réseau de distribution d’eau potable est le suivant :

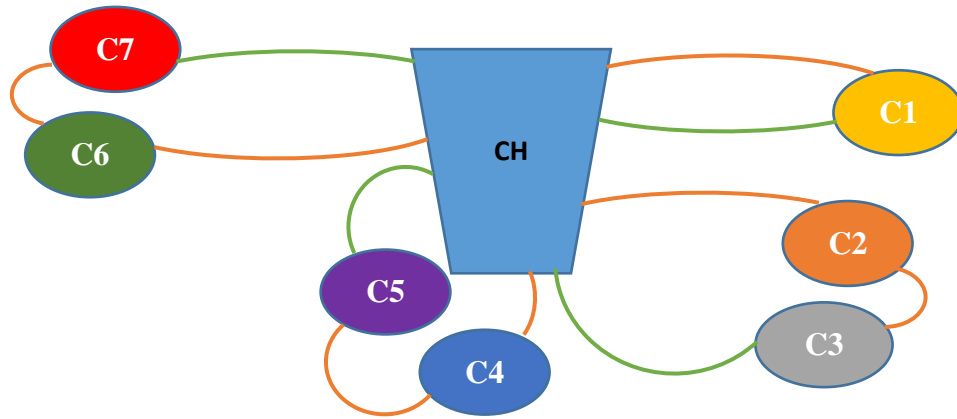


Figure 2. 6 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=2 »

Si VCAP=3

Objective value de coût d'installation : 280700.00 DA

Objective value du métrage : 1403.50 mètre.

Le réseau de distribution d'eau potable est le suivant :

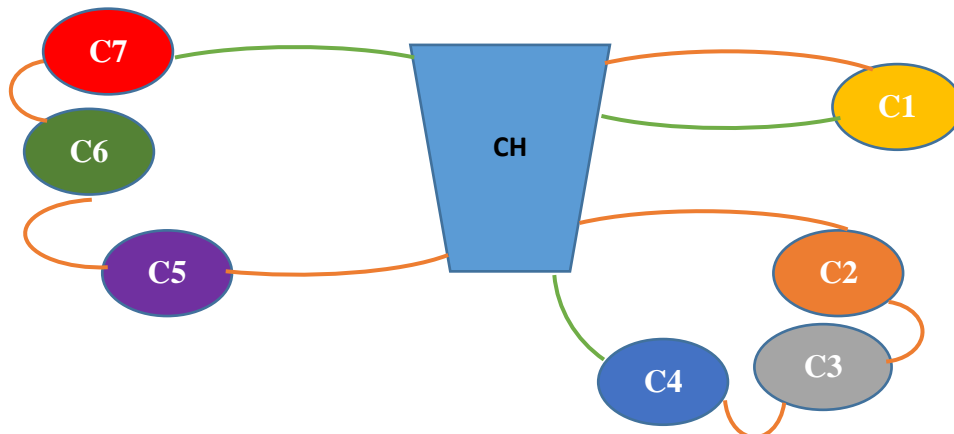


Figure 2. 7 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=3 »

Si VCAP=4

Objective value de cout d'installation : 213600.00 DA.

Objective value du métrage : 1068.0 mètre.

Le réseau de distribution d'eau potable est le suivant :

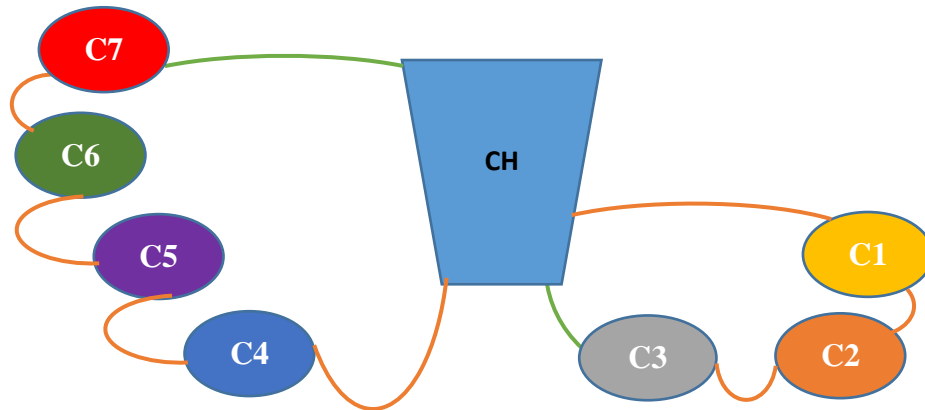


Figure 2. 8 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=4 »

Si VCAP=5

Objective value de cout d'installation : 195800.00 DA

Objective value du métrage : 979.00 mètre.

Le réseau de distribution d'eau potable est le suivant :

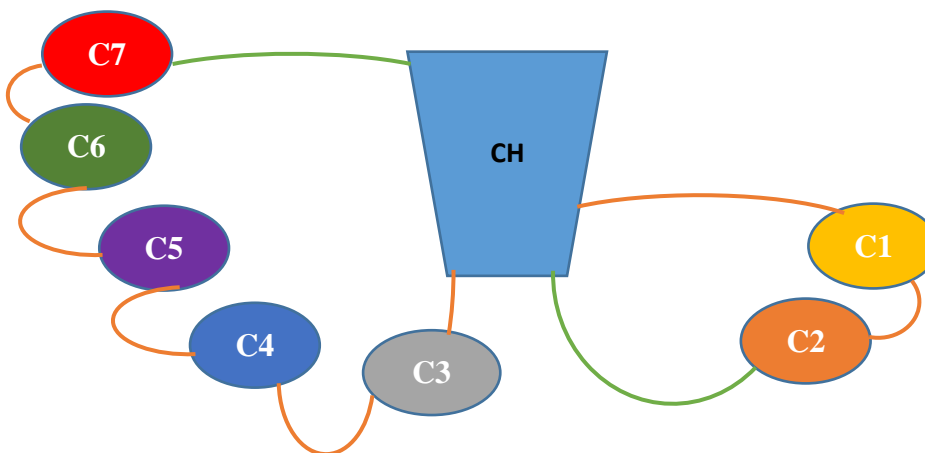


Figure 2. 9 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=5 »

Si VCAP=6

Objective value de coût d'installation : 185800.00 DA

Objective value du métrage : 929.00 mètre.

Le réseau de distribution d'eau potable est le suivant :

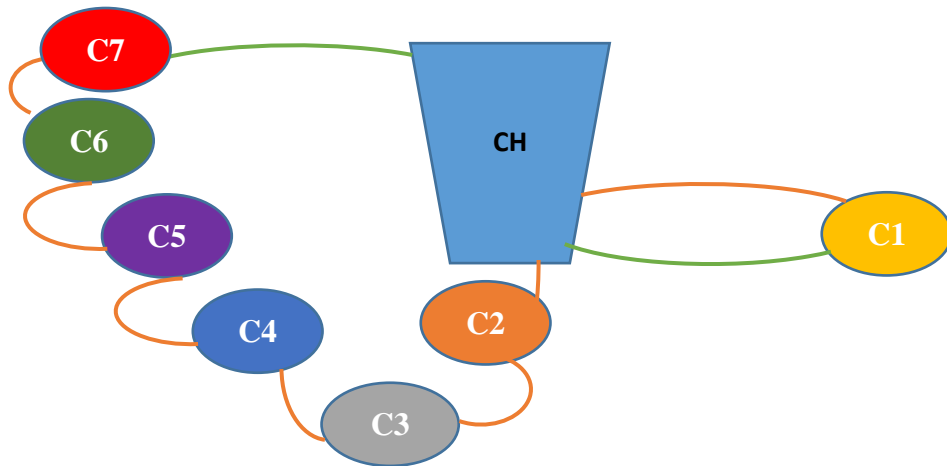


Figure 2. 10 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=6 »

Si VCAP=7

Objective value du cout d'installation : 127300.00 DA

Objective value du métrage : 636.50 mètre.

Le réseau de distribution d'eau potable est le suivant :

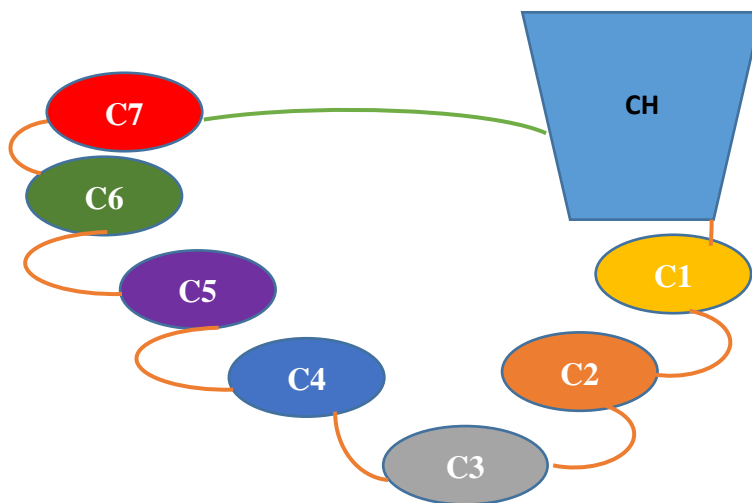


Figure 2. 11 : La représentation de réseau pour une capacité maximale « VCAP=7 ».

Remarque :

— : représente la distribution de l'eau vers les abonnés.

— : représente le retour de l'eau vers le château d'eau ou bien le vidange.

Nous allons prendre en considération que chaque city contient au moins une seule ou bien plus des maisons.

Commentaire :

Donc, d'après cette représentation, nous allons constater ou bien, nous allons trouver 06 réseaux maillés « bouclé », et un seul réseau ramifié.

Et d'après ces résultat nous allons distinguer que :

Pour « VCAP=6 » c'est le réseau bouclé optimal.

Pour « VCAP=7 » c'est le réseau ramifié optimal.

2.11 Conclusion

Les questions de la logistique, de sécurité et de qualité et de distribution sont des questions centrales pour assurer la bonne organisation, la rentabilité et l'attractivité de distribution.

Dans ce chapitre, nous sommes intéressé aux décisions stratégiques de mise en place du réseau, en l'occurrence de choisir le meilleur chemin de distribution d'eau potable. Pour ce faire, nous avons présenté une synthèse sur la chaîne logistique. Par la suite, nous avons vu la méthode d'aide à la décision multicritère relative à la logistique industrielle, pour faire une étude sur le problème d'organisation de la distribution avec le module de chaîne logistique. Cette étude avec la méthode « VRP », nous a donné la main de faire la résolution des problématiques et de sélectionner le meilleur chemin. Enfin, est-elle nous a permet d'obtenir le coût optimal de l'installation et le métrage optimal et nécessaire pour faire l'installation de l'alimentation en eau potable.

Chapitre 3

*Automatisation du
château d'eau et les
systèmes de contrôle*

3.1 Introduction

De nos jours, les ingénieurs automaticiens n'ignorent plus rien des automates programmables, ce point d'intersection à partir duquel ces systèmes de commande relativement récents sont d'un prix comparable ou même inférieur à celui des commandes traditionnelles logique câblé recule cependant constamment.

Les automates programmables industriels (API), sont apparus aux Etats-Unis vers 1969, ou ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisée qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabrications.

Dans ce chapitre, nous allons définir l'automatisation. Aussi, nous allons faire un petit Grafcet du château d'eau « automatisation d'une château d'eau ». Puis, nous allons finir ce chapitre par une description sur les systèmes de contrôle « DCS », et par une conclusion.

3.2 L'automate programmable industriel « API »

3.2.1 Historique de l'automate

On sait maintenant que la deuxième partie XXème siècle a passé à l'histoire comme étant l'ère de l'automatique.

Dans le sillon de l'automatique apparurent plusieurs autre « tiques » et entre autre, l'informatique et la robotique et c'est à travers l'automatique, d'abord en 1968-69 aux Etats-Unis, que les premiers automates industriels ou « contrôleurs programmables » firent leur apparition.

Leurs premières applications furent d'abord le remplacement des horloges de contrôle du temps des employés par la suite, leurs multiples utilisations industrielles, en particulier sur les lignes de production des usines, deviennent indispensables non seulement au point de vue contrôle, mais aussi du côté économique pour l'espace et l'entretien, c'est alors que de nombreux systèmes a relais durent céder leur place.

Les premiers automates programmables n'effectuaient que la commutation ON/OFF (et vice-versa) avec la possibilité de temporisation, comme les relais, leurs applications, étaient limités seulement aux procédés répétitifs ainsi qu'à certaines machines. Par contre, leurs avantages consistaient dans une installation plus facile, la visualisation des étapes, ils possèdent des indicateurs diagnostiques permettant la localisation des pannes. C'est déjà mieux que les relais, en plus de pouvoir être reprogrammé advenant un changement de fonction ou de procédé.

De 1970 à 1974, la technologie des microprocesseurs (du moins les premiers) ajoutèrent une plus grande flexibilité et une « intelligence » à l'automate programmable. Les capacités d'interface avec l'utilisateur s'améliorent l'automate programmable peut maintenant exécuter

Les opérations arithmétiques en plus des opérations logiques, il manipule les données et les adresses, il effectue la communication avec d'autres automates ou ordinateurs, donnant ainsi une nouvelle dimension aux applications de l'automate programmable.

La console de programmation s'allie avec un moniteur permettant la programmation avec des symboles familiers de relais ce qui facilite beaucoup la compréhension et le dépannage car la logique peut être vue dans la même forme que les dessins à relais. Les automates programmables utilisent une mémoire non-volatile (RAM+Pile, EEPROM ou EAPROM par exemple) pour emmagasiner les instructions. Ces derniers accompliront des fonctions logique, arithmétiques, de temporisation, de fonction complexes comme le contrôle numérique de processus sont présentes. Puisque les automates programmables ont été conçus pour accomplir des opérations semblables à celles des relais, la programmation est basée généralement sur la nomenclature des diagrammes en échelle (ou schéma a relais). Des langages de haut niveau ont été aussi implantés sur certains automates afin de produire une plus grande flexibilité de programmation [17].

3.2.2 Définition de l'automatisme

L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine.

Une autre définition :

« L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique ou apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, également dans ce travail intellectuel de surveillance et de contrôle ».

[Source : Encyclopédia Universalis]

Un automatisme est un sous-ensemble d'une machine, destiné à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en général simples et répétitives, réclamant précision et rigueur. On est passé d'un système dit manuel, a un système automatisé.

Dans l'industrie, les automatismes sont devenus indispensables : ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et dangereuses. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automate est donc synonyme de productivité et de sécurité.

Le savoir –faire de l'opérateur est transposé dans le système automatisé. Il devient le PROCESSUS.

Un processus peut être considéré comme un système organisé d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels et machine, matière première et information) pour transformer des éléments entrants en élément de sortie dont le résultat final attendu est un produit [18].

3.2.3 Définition de l'automate programmable industriel « API »

API « Automate Programmable Industriel » ou en Anglais PLC (Programmable Logic Controller) c'est un appareil électronique (matériel, logiciel, processus, un ensemble des machines ou un équipement industriel) destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel (il contrôle les actionneurs grâce à un programme informatique qui traite Les données d'entré recueillies par des capteurs). Qui comporte une mémoire programmable

par un utilisateur automaticien à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions donnée pour satisfaire un objectif donné. L'API est structurée autour d'une unité de calcul (processeur), de cartes d'entrées-sorties, de bus de communication et de modules d'interface et de commande. [18]

3.2.4 Les buts (ou objectifs) de l'automatisation

Objectifs : la compétitivité de l'entreprise et des produits.

Cette compétitivité passe par la qualité. La maîtrise des couts et l'innovation. Cela induit une disponibilité à tous les niveaux. On cherche donc à améliorer la productivité. L'amélioration des conditions de travail, et surtout la sécurité fais partie des objectifs de l'automatisation.

Les buts (ou objectifs) de l'automatisation sont donc :

- Eliminer les tâches répétitives.
- Simplifier le travail de l'humain.
- Augmenter la sécurité (responsabilité).
- Accroitre la productivité.

C'est également :

- Economiser les matières premières et l'énergie.
- S'adapter à des contextes particuliers : flexibilité.
- Améliorer la qualité [19].

Donc un automate programmable industriel API est aujourd'hui le constituant le plus répondu des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion), et dans l'agriculture. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombres d'activités économiques actuelles. Aussi un automate permet de contrôler, coordonner et d'agir l'actionneur par exemple un ROBOT.

3.2.5 Les avantages et les inconvénients d'un API

Ses avantages sont :

- Améliorer les conditions de travail en éliminant les travaux répétitifs.
- Améliorer la productivité en augmentant la production.
- Améliorer la qualité des produits ou en réduisant les couts de production.
- Automates programmables sont programmés facilement et ont un langage de programmation facile à comprendre (logique programmé) alors la modification du programme facile par rapport à la logique câblée.
 - Simplification du câblage.
 - Puissance et rapidité.
 - Facilité de maintenance (l'API par lui-même est relativement fiable et peut aider l'homme dans sa recherche de défauts).
 - Augmenter la sécurité.

- Possibilités de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API).
- Enorme possibilité d'exploitation.
- Automatisation systémique des lignes de production.
- Plus économique.

Ses inconvénients sont :

- Il y a trop de travail requis dans les fils de connexion.
- Cout élevé
- Ecriture d'un programme.
- Besoin de formation pour maîtriser bien le langage de programmation [20].

3.3 Structure d'un système automatisé

Un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initial a la situation finale, se fait sans intervention humaine et que ce comportement est répétitif. Un système automatisé réalise un certain nombre d'actions appelées « tâches ». Un système automatisé accomplit une suite d'opérations, appelée « cycle », depuis état initial à un état final.

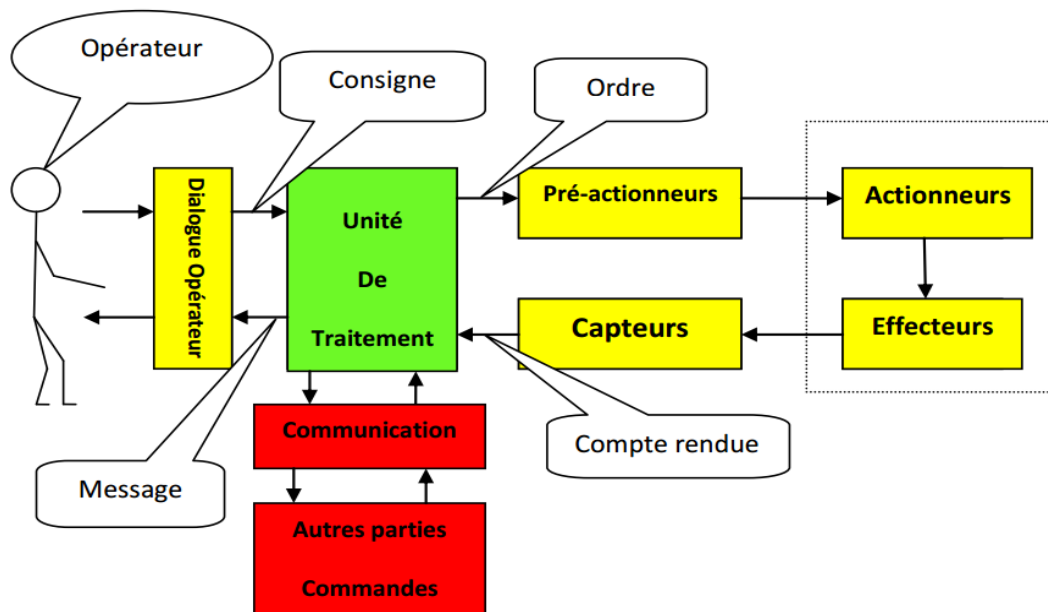


Figure 3. 1 : Structure d'un système automatisé

On admet généralement qu'un automatisme est composé de deux sous-ensemble :

3.3.1 La partie opérative « O.P »

Appelées parfois partie puissance, la partie opérative d'un automatisme assure la transformation de la matière d'œuvre.

➤ Les actionneurs : convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme, par exemple :

- Energie thermique destinée à chauffer un four (l'actionneur étant alors une résistance électrique).
 - Energie mécanique destinée à provoquer une translation de chariot (l'actionneur pouvant être un vérin hydraulique ou pneumatique)
 - Energie mécanique destinée à provoquer une rotation de broche (l'actionneur pouvant être un moteur électrique).
- Les prés actionneurs : reçoivent les signaux de commande et réalisent la commutation de puissance avec les actionneurs. Les prés actionneurs des moteurs électriques sont appelés contacteurs. Les prés actionneurs des vérins et des moteurs hydraulique et pneumatiques sont appelés distributeurs (à commande électrique ou pneumatique).
- Les capteurs : qui communiquent à la partie commande des informations sur la position d'un mobile, une vitesse, la présence d'une pièce, une pression.....
- Les capteurs T.O.R (tout ou rien), qui délivrent un signal de sortie logique, c'est-à-dire 0 ou 1. Exemple « détecteur de fin de course ».
 - Les capteurs numériques, ou « incrémentaux », qui associés à un compteur délivrent des signaux de sortie numérique. Exemple « capteur ou codeur incrémental utilisé pour la mesure des déplacements des chariots de machine à commande numérique ».
 - Les capteurs analogiques : ou en compte la valeur réelle d'une grandeur physique. Exemple « sonde de température ».
- Les appareils de ligne : ceux-ci représentent l'ensemble des composants indispensables à la mise en œuvre et à la bonne marche de l'automatisme [21].

3.3.2 La partie commande « P.C »

Appelée également « partie traitement des informations », elle regroupe tous les composants de traitement des informations nécessaires à la bonne marche de la partie opérative [21].

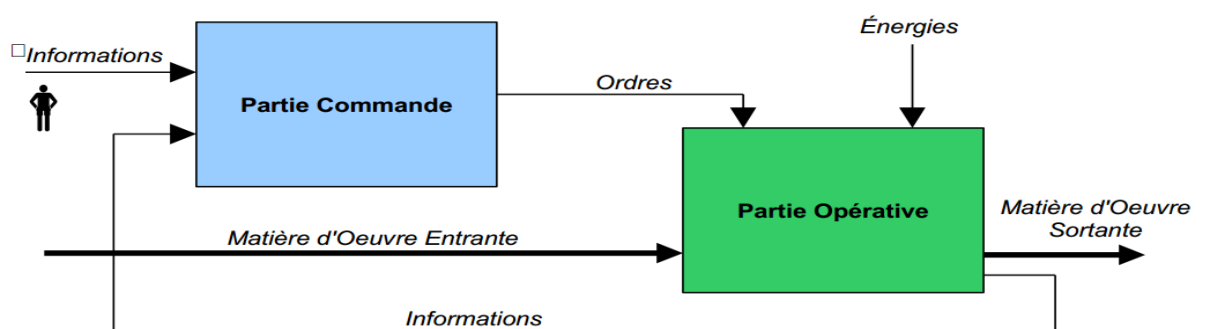


Figure 3. 2 : Les deux types d'interaction au sein des systèmes automatisés

3.4 Description des composants d'un API

Un API se compose donc de trois grandes parties :

- Le processeur.
- La zone mémoire.
- Le module Entrée/Sortie.

➤ **Le processeur**

Appelé unité de traitement, il assure le contrôle de l'ensemble de la machine et effectue les traitements demandés par les instructions du programme. Il réalise les fonctions logiques, temporisation, comptage, calcul. Il comporte un certain nombre de registres (compteur ordinal, registre d'instructions, registre d'adresse, registres de données, accumulateurs...etc..),

Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S), par des liaisons parallèles appelées « BUS », qui transportent les informations sous forme binaire. Il est alimenté en 5 Volts. Aussi il réalise d'autres fonctions :

- Gestion des entrées/ sorties.
- Surveillance et diagnostic de l'automate par une série de tests lancés à la mise sous tension ou cycliquement en cours de fonctionnement [22].

➤ **La zone mémoire**

La mémoire de l'API est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, conserver et restituer des informations. Les mémoires utilisées dans un API peuvent être des types suivants :

- RAM (Random Access Memory).
- ROM (Read Only Memory).
- PROM (Programmable Read Only Memory).
- EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory).
- EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory).
- La mémoire programme.
- La mémoire des données [19].

➤ **Le module Entrée/Sortie**

Interfaces d'entrée : ce sont des circuits spécialisés capables de recevoir en toute sécurité pour l'automate les signaux issus des capteurs ou de l'opérateur. Elles peuvent être :

- Logiques ou tout ou rien « vrai/ faux, 0 ou 1 ».
- Numérique.
- Analogiques.

Ces différentes entrées sont mises en forme par l'interface d'entrée d'être stockées dans la mémoire de données.

Interfaces de sortie : ce sont des circuits spécialisés capables de commander en toute sécurité pour l'automate les circuits extérieurs. Elles peuvent être :

- Logiques ou tout ou rien « vrai/ faux, 0 ou 1 ».

- Numérique.
- Analogiques.

Bien qu'il faut un module d'alimentation pour transformer l'énergie externe, afin de la fournir aux différents modules de l'API [19].

3.5 Les types d'un automate programmable industriel « API »

Il existe trois types d'une automate programmable industriel :

- Les automates de petite gamme.
- Les automates de moyenne gamme.
- Les automates de haute gamme [23].

3.6 La simulation du Grafset sur le logiciel Step7

L'objectif est donc de constituer un programme complet pour assurer le fonctionnement d'un château d'eau.

3.6.1 Cahier des charges

Ce cahier des charges correspond à différentes obligations auxquelles nous devons répondre pour assurer l'autonomie et l'équilibre de château d'eau.

- Renouveler une partie de l'eau tous les 6 jours pour garantir une bonne qualité de l'eau.
- Le système fonctionne à proximité d'un robinet d'eau.
- Le système doit éviter les débordements provenant d'un dysfonctionnement des capteurs.
- L'utilisateur est informé du déroulement des différentes tâches.
- Le point le plus essentiel est de éviter la coupure d'électricité.

Afin de répondre aux critères du cahier des charges, nous allons définir des solutions technologiques permettant de garantir le fonctionnement autonome de château d'eau.

3.6.2 Les solutions technologiques

Les solutions technologiques nous permettent de mettre en œuvre le fonctionnement du système recherché, ce pourquoi le choix de ses solutions est indispensable et difficile.

Les capteurs : nous avons utilisé deux types de capteurs différents dans la réalisation de notre projet.

- Capteur de niveau d'eau : ce sont des capteurs à contact. Dans notre système.
- Electrovanne et pompes : notre système est composé d'une électrovanne, ainsi que des pompes. Qui permet nous de faire le remplissage et la vidange du château d'eau.
- La résistance chauffante et les ventilateurs : ils ont été sélectionnés afin de réguler la température au sein de château d'eau. En cas de dépassement du seuil de température défini par l'utilisateur, les ventilateurs se mettent en marche afin de refroidir l'eau de château. Dans le cas d'une température captée au-dessous du seuil choisi, le chauffage permis par une résistance

chauffante se met en route et réchauffe le sein de château d'eau jusque atteindre la température idéale.

➤ Onduleur : la présence d'un onduleur est nécessaire en cas de coupure de l'énergie électrique.

➤ Alarme : nous avons choisi de placer une alarme dans le système afin que nous puissions être signalés d'une faille du système et notamment d'un niveau trop bas de l'eau du château.

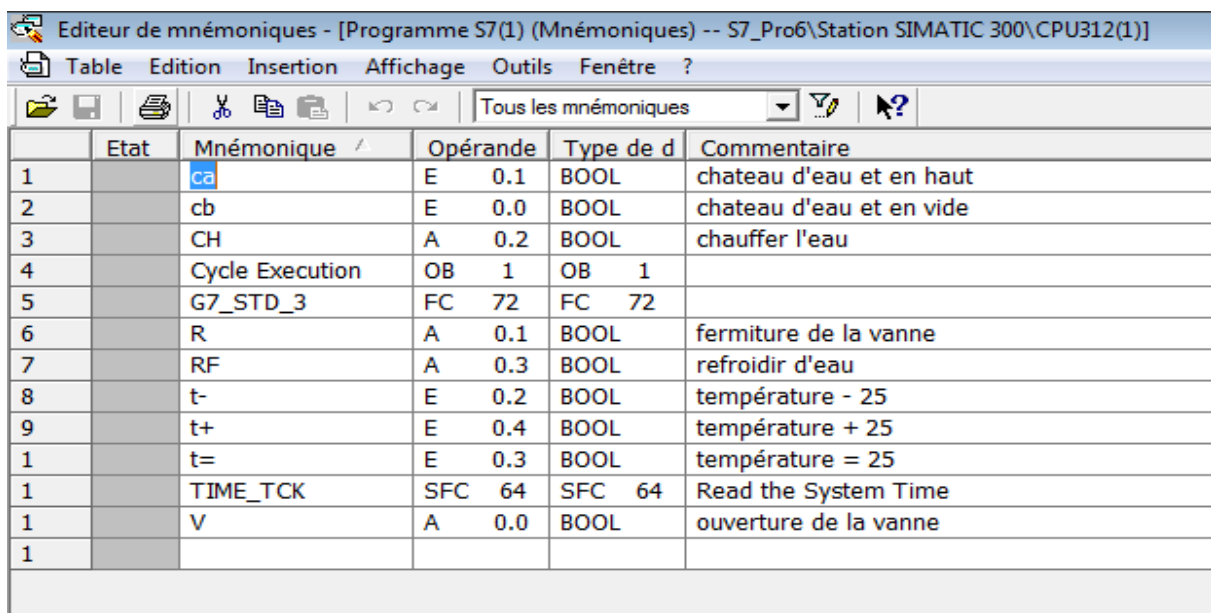
Les solutions technologiques ont ainsi été sélectionnées pour pouvoir mettre en œuvre le fonctionnement du système de château d'eau. Cependant, bien que nous avons défini les solutions technologiques, ces dernières ne vont pas agir toutes seules pour assurer les fonctions de château d'eau, il faut donc les gérer par des programmes que nous allons intégrer dans l'automate programmable de château d'eau.

3.6.3 Analyse temporelle du système

Cette partie se porte sur la programmation de l'automatisation de château d'eau

➤ Step 7 : c'est un logiciel qui fournit une approche globale du processus d'automatisation. En effet, il nous a permis d'assimiler le fonctionnement général du système automatiser et de faciliter la création des différents grafkets.

Le tableau des symboles (tableau mnémorique) est donc la suivante :



	Etat	Mnémorique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		ca	E 0.1	BOOL	chateau d'eau et en haut
2		cb	E 0.0	BOOL	chateau d'eau et en vide
3		CH	A 0.2	BOOL	chauffer l'eau
4		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
5		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
6		R	A 0.1	BOOL	fermeture de la vanne
7		RF	A 0.3	BOOL	refroidir d'eau
8		t-	E 0.2	BOOL	température - 25
9		t+	E 0.4	BOOL	température + 25
1		t=	E 0.3	BOOL	température = 25
1		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
1		V	A 0.0	BOOL	ouverture de la vanne
1					

Figure 3.3 : Tableau des symboles (mnémorique)

Dans ce tableau nous allons essayer de définir les étapes et les entrées de notre GRAFCET.

➤ Le Grafket (Grphe Fonctionnel de Commande par Etape et Transitions) ou SFC (Sequential Function Chart). Est un outil graphique qui décrit les différents comportements de l'évolution d'un automatisme. C'est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étape [24].

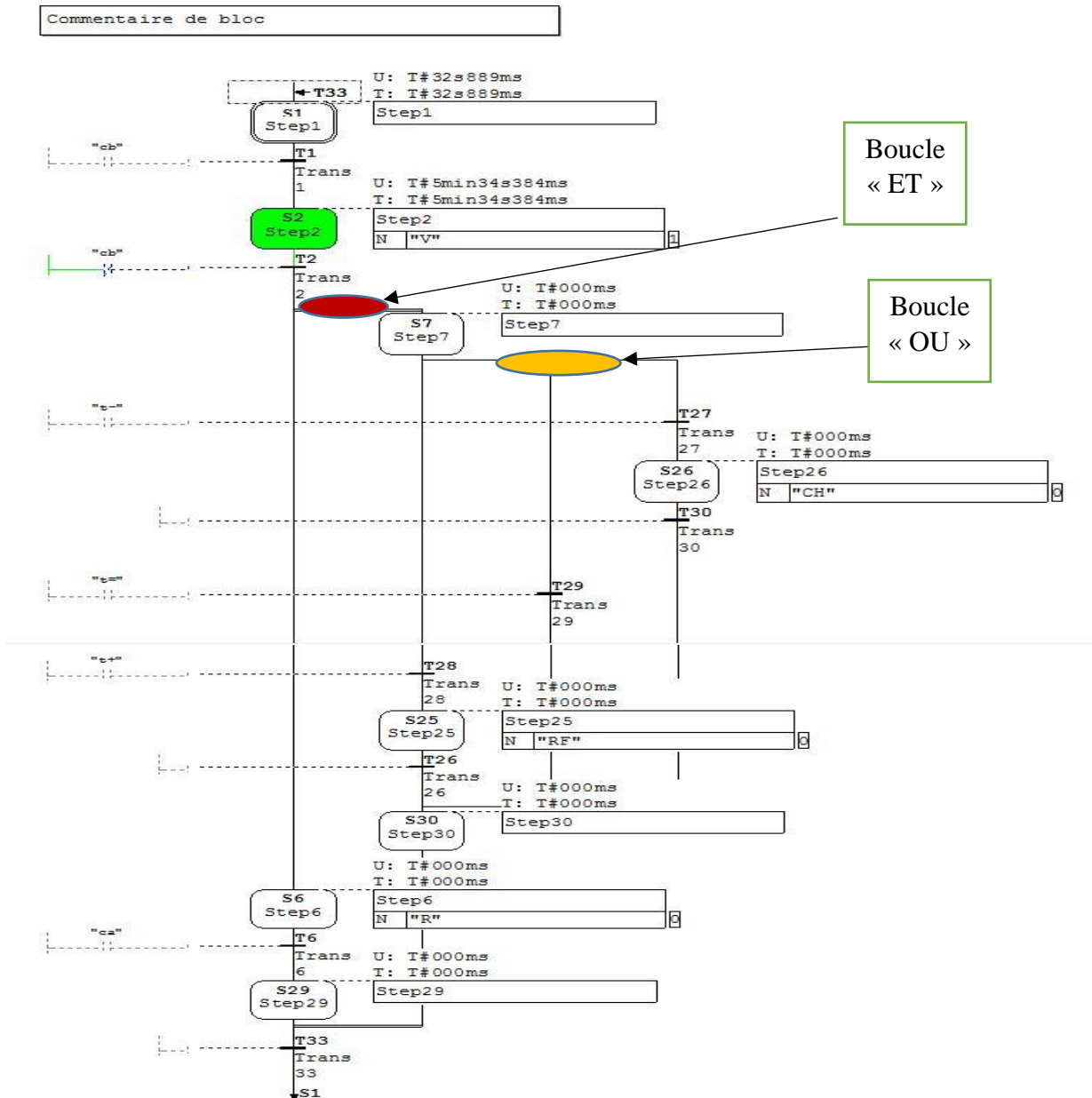


Figure 3. 4 : La simulation du grafcet dur le step7

3.7 Les systèmes des contrôles

3.7.1 Notion sur les systèmes des contrôles

Le progrès technologique dans le monde de l'électronique et de l'informatique a permis une évolution considérable dans le domaine du contrôle des procédés industriels. Cette évolution est traduite par un changement dans les techniques de contrôle : passage des systèmes pneumatiques aux systèmes électroniques analogiques puis numériques, du contrôle centralisé au contrôle distribué qui est le DCS et des systèmes a relais, puis aux systèmes à base d'automates programmables [19].

3.7.2 Contrôle manuel

C'est l'opérateur qui fait l'action de l'ouverture et de fermet de la vanne et la boucle de contrôle manœuvrant l'origine de commande [19].

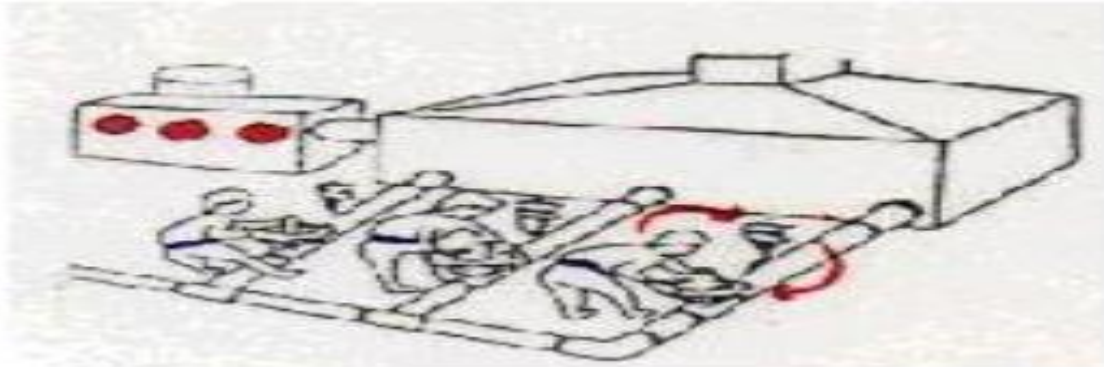


Figure 3. 5 : Contrôle manuel [19]

3.7.3 Système de contrôle distribué (DCS)

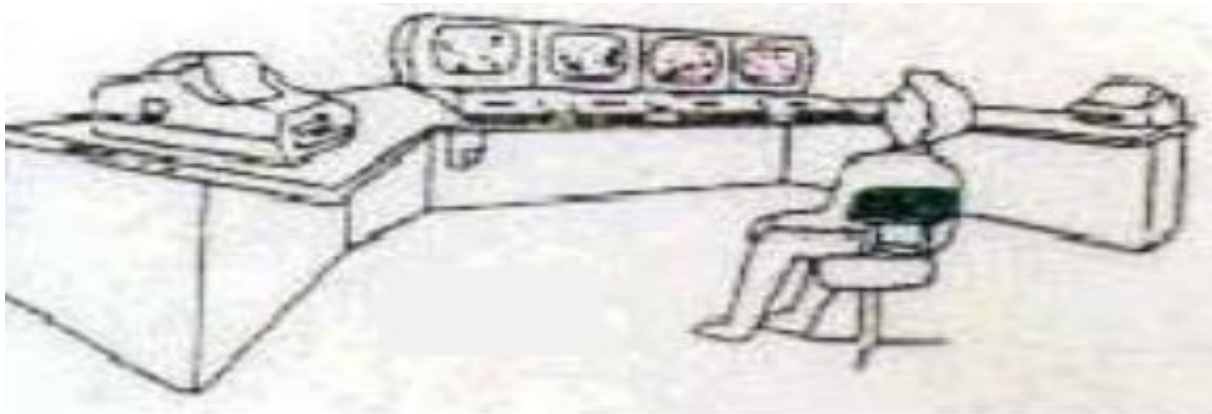


Figure 3. 6 : Système de contrôle distribué [19]

3.8 Définition de système de contrôle distribué (DCS)

Un système de contrôle distribué est une combinaison du concept d'une boucle simple de contrôle local et réseaux informatique. Les systèmes de contrôle distribué ont énormément amélioré la gestion des procédés industriels avec plus de souplesse et de sécurité. Les systèmes de contrôle DCS permettent une conduite et surveillance centralisées et un contrôle réparti d'où le nom DCS (Distributed Control System). Le DCS est utilisé dans les procédés industriels pour assurer la conduite, la surveillance et le contrôle des équipements distribués avec ou sans intervention à distance d'un opérateur humain [19].

En générale, les procédés industriels sont constitués d'un ensemble d'équipements d'installation de production repartis sur site, cette contrainte a fait que l'architecture de ce système soit distribuée. D'où l'appellation : système de contrôle distribué DCS (distributeur control system).

3.9 Les principaux objectifs de ce système

- Augmentation de la fiabilité et la disponibilité de production avec des coûts optimaux d'investissement et de l'exploitation.
- Assurer la sécurité des personnels.
- Mettre à la disposition de l'opération précise de contrôle et de pilotage de l'installation.
- Assurer des fonctions de pilotage, surveillance et de supervision [25].

3.10 Les avantages de DCS

- La notion de **distribution** : les fonctions de base de conduite du procédé sont distribuées sur plusieurs dispositifs, assurant en cas de problème la continuité de la conduite avec la plupart des fonctions.

- La notion d'**ouverture** : le DCS est un système ouvert qui a l'avantage de communiquer avec des autres systèmes indépendants.

- La notion de **simplicité** : la fonction de communication homme/machine est faite tout simplement par l'utilisation des moyens habituels, PC et imprimantes. L'opérateur peut conduire le procédé à partir des représentations graphiques interactives, l'ingénieur peut faire des travaux de maintenance et de développement du système en utilisant des logiciels informatiques [25].

Remarque : pour cette notion de DCS seulement nous l'avons cité juste pour faire un petit rappel, on ne la pas utiliser, mais les étudiants qui ont fait un stage par exemple à la société SONATRACH peuvent le réaliser.

3.11 Conclusion

D'après cette étude théorique dans ce chapitre, l'automate programmable dans les services de la gestion et les industries permet d'améliorer la distribution et le contrôle. Il permet aussi d'augmenter la productivité, la qualité et la sûreté des fonctionnements.

Chapitre 4:
Réalisation de la maquette

4.1 Introduction

Dans le cadre de ce projet, nous allons décider de choisir un sujet qui nous semblait intéressant : « la programmation pour le contrôle et l'amélioration du château d'eau », ce chapitre est en rapport avec une technologie pour améliorer la qualité du château d'eau, ces châteaux d'eau sont donc dites automatisées, car elles sont équipées de divers capteurs qui effectuent des mesures, mais ces capteurs peuvent aussi permettre d'améliorer notre château d'eau.

Je devais donc faire dans ce chapitre une étude de contribution technologique à l'amélioration de la qualité d'un château d'eau pour nous adapter aux conditions de distribution d'eau potable pour l'obtention de bon eau à une qualité convenable à les exigences des clients et les consommateurs.

Dans la première section nous allons présenter notre matériel utilisé, puis la partie suivante est dédiée à la réalisation pratique d'un système de contrôle automatisé pour gérer l'ambiance climatique et le remplissage et la fermeture des vannes à partir des informations de mesure et de surveillance de la qualité intérieure de maquette (prototype).

4.2 Description de la réalisation pratique

Notre projet consiste à la réalisation pratique d'un système de contrôle automatisé pour gérer l'ambiance climatique et la distribution à partir des informations de mesure et de surveillance de la qualité de l'air intérieur et de l'ouverture et la fermeture des vannes automatiquement d'une maquette (prototype), qui joue le rôle d'un château d'eau.

Le matériel utilisé pour la réalisation de la maquette :

- ✚ Une carte Arduino UNO.
- ✚ Une plaque d'essai.
- ✚ Un capteur de température humidité DHT11.
- ✚ Un capteur de niveau.
- ✚ Des LED.
- ✚ Ventilateur.
- ✚ Pompe.
- ✚ Electrovanne 220V.
- ✚ Aquarium.
- ✚ Relais.

4.3 Présentation de l'Arduino

4.3.1 Qu'est-ce que c'est ?

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composé de six individus, cette équipe a créé le « système Arduino ». C'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes.

A pour but de nous donner la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique [26].

Le système Arduino permet nous de réaliser un grand nombre des choses, qui ont une application dans tous les domaines, pour vous donner quelques exemples, vous pouvez :

- ✚ Contrôler les appareils domestique
- ✚ Fabriquer votre propre robot
- ✚ Faire un jeu de lumière
- ✚ Communiquer avec l'ordinateur
- ✚ Télécommander un appareil mobile (modélisme)
- ✚ Etc...[26].

4.3.2 Description de l'Arduino UNO

La carte Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328. Elle dispose :

- ✚ De 14 broches numériques d'entrée/ sortie.
- ✚ De 6 entrées analogique (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/ sortie numériques).
- ✚ D'un quartz 16 Mhz.
- ✚ D'une connexion USB.
- ✚ D'un connecteur d'alimentation Jack.
- ✚ D'un connecteur ICSP (programme « in-circuit »).
- ✚ Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

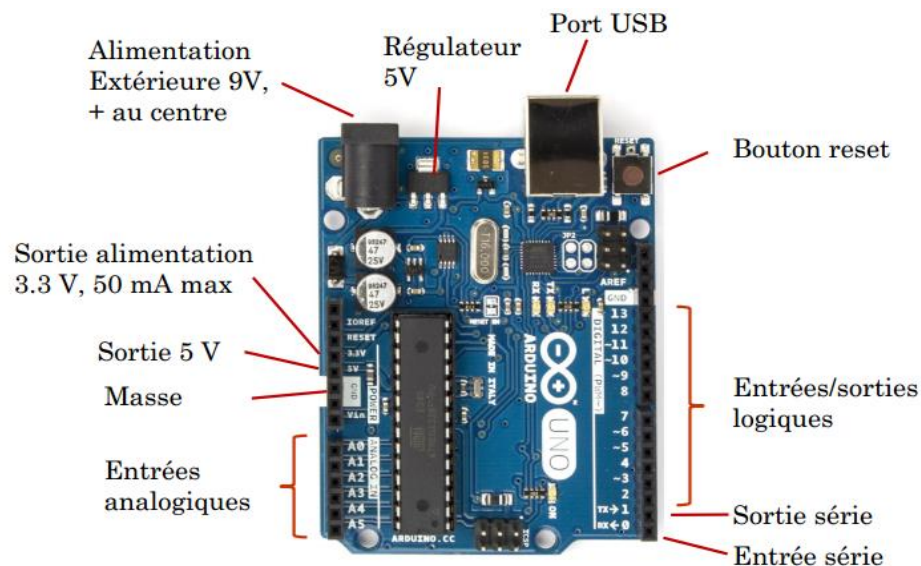


Figure 4. 1 : Carte Arduino UNO

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

La carte Arduino UNO diffère de toutes les cartes précédentes car elle n'utilise pas le circuit intégré FTDI, elle utilise un Atmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série [27].

4.3.3 Caractéristique de l'Arduino UNO

Tableau 1 Les caractéristiques d'une carte Arduino UNO [27].

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandé)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numérique)
Intensité maxi disponible par broche E/S	40 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Dimensions	68.6mm*53.3mm
Mémoire Programme Flash	32 KB
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (ATmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

4.4 Capteur de température et d'humidité DHT11

Le capteur DHT11 est lui capable de mesurer des températures de 0 à +50°C avec une précision de +/- 2°C et des taux d'humidité relatives de 20 à 80 % avec une précision de +/- 5% une mesure peut être réalisée toutes les secondes [28].

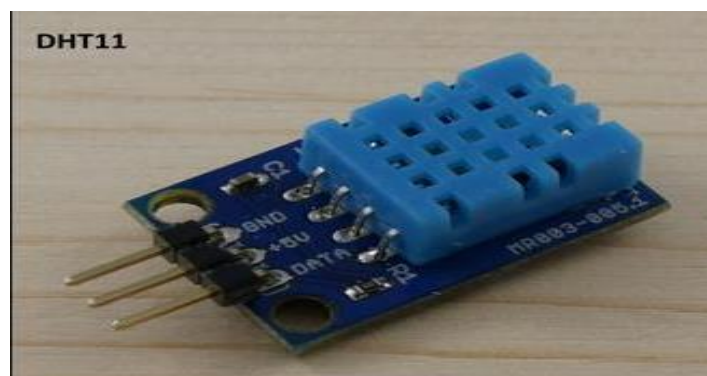


Figure 4. 2 : capteur de température et humidité DHT11

Ce circuit comprend un capteur DHT11 qui fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée par le capteur. La technologie utilisé par le capteur DHT11 garantie une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide [29].

4.4.1 Le montage du capteur de DHT11.

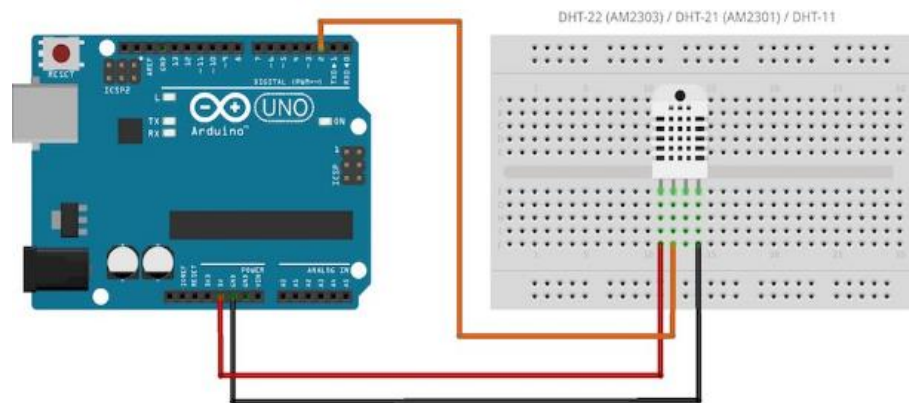


Figure 4. 3 : Montage du capteur de DHT11

4.5 Capteur de niveau

Un capteur de niveau est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du matériau, en général du liquide, dans un réservoir ou un autre récipient.

Une partie intégrante du contrôle de procédé dans de nombreuses industries, les capteurs de niveau se divisent en deux types principaux. Le capteur de niveau mesure de point est utilisé pour marquer une seule hauteur de liquide discrète. Une condition de niveau prédéfinie.



Figure 4. 4 : Capteur de niveau « Flotteur »

Généralement, ce type de détecteur de niveau fonctionne comme une alarme haute, pour signaler une condition de débordement, ou en tant qu'indicateur pour une condition d'alarme basse et peut assurer une surveillance de niveau sur tout le système.

Il mesure le niveau de liquide dans une plage, plutôt qu'à un seul point, ce qui produit une sortie analogique qui est directement corrélée au niveau de la cuve. Pour créer un système

de gestion de niveau, le signal de sortie est relié à une boucle de commande de procédé et a un indicateur visuel [30].

4.5.1 Spécification

- Type de contact : contact Reed.
- Puissance Max du contact : 10W.
- Tension maximale : 10V DC/AC.
- Courant de coupure max : 0.5A.
- Tension de destruction : 220V.
- Courant de destruction : 1.0A.
- Température de fonctionnement : -10 à +85°C.
- Matière du flotteur : équipe d'un aimant en anneau pour activer le contact Reed.
- Poids : 20g. [31].

4.5.2 Montage du capteur de niveau « flotteur »

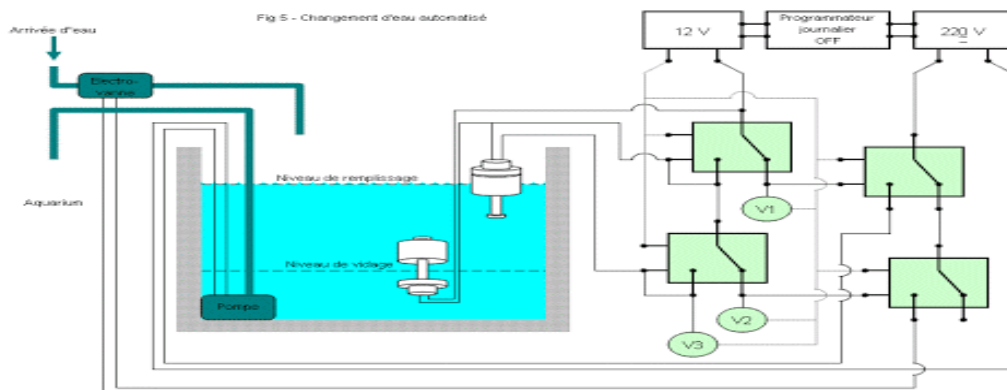


Figure 4. 5 : Montage du capteur de niveau

4.6 Plaque d'essai

La plaque d'essai elle permet de réaliser rapidement un montage électronique en insérant les pattes des composants et les fils dans les trous [32].

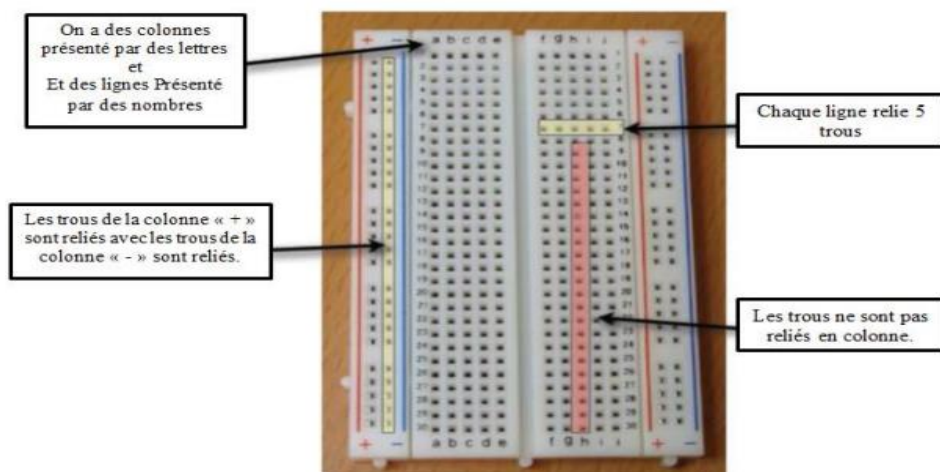


Figure 4. 6 : Plaque d'essai

4.7 Le ventilateur 12V

Nous allons utiliser un **seul ventilateur** alimenté par tension d'entrée 12 volts. Le ventilateur relié avec le composant électronique roulais, qui utilisé pour contrôler la haute tension.



Figure 4. 7 : Ventilateurs 12V

4.8 Pompe 12V

Une pompe à eau est un dispositif servant à déplacer un liquide d'un point à un autre. Une pompe à eau 12V est une pompe également connue sous le nom de pompe à eau basse tension compte tenu de la faible consommation en électricité de ses moteurs 12 volts [33].

4.8.1 Caractéristique de pompe 12 V

- Intensité absorbée 2-3.5 (A)
- Alimentation 12-DC (V)
- Débit maximal 11 (L/Min)
- Longueur de câble 4 (m)
- Température maximale 66 (C°)
- Diamètre de renflouements fluides 11 ou 13

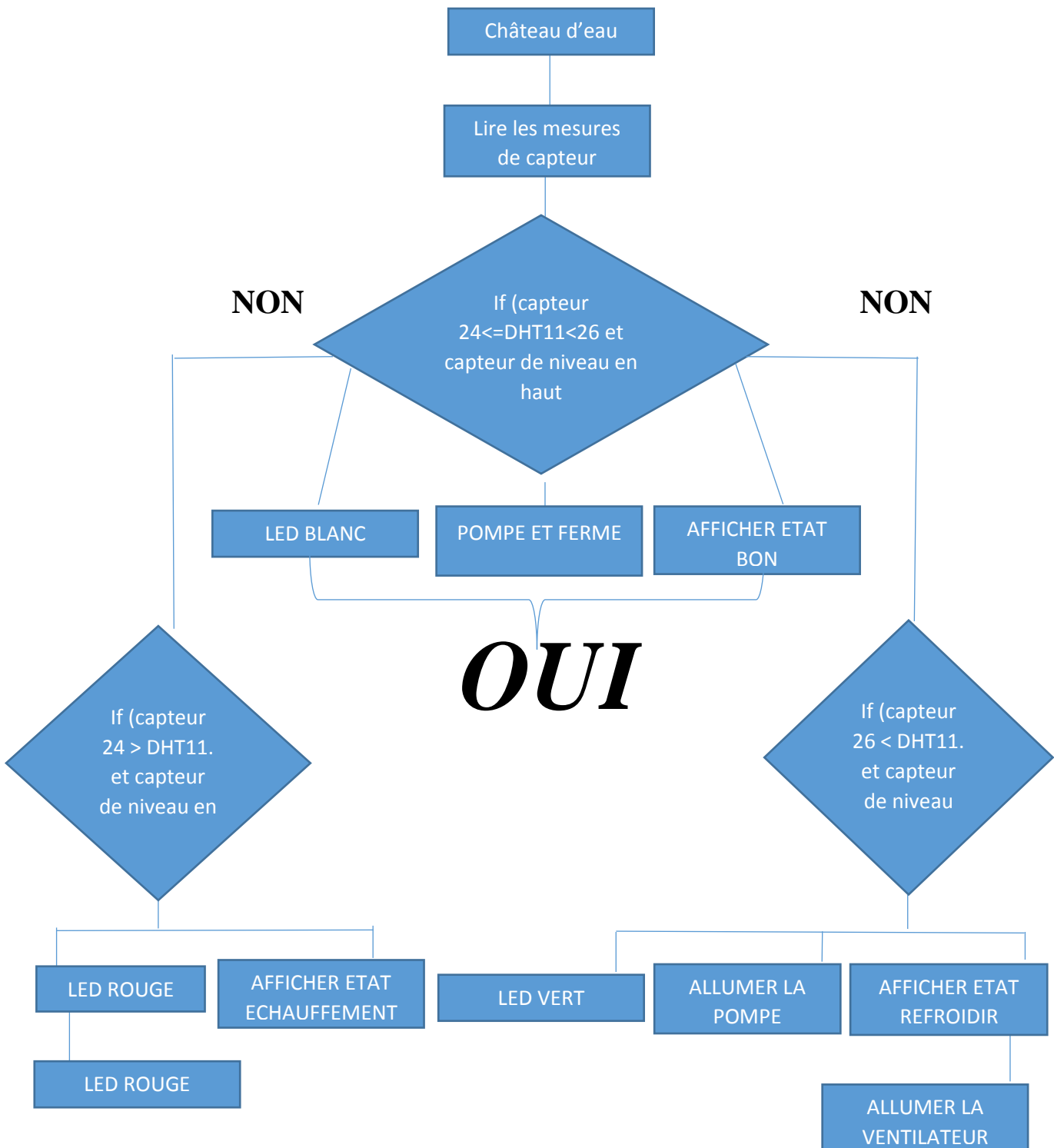


Figure 4. 8 : Modèle d'une pompe 12V

4.9 Présentation de la maquette

Dans cette maquette nous allons définir trois états principaux qui peuvent détectés par notre système : état bon, et état refroidir, et état de échauffement. (Voir l'organigramme ci-dessous

➤ L'organigramme du système de fonctionnement de la maquette :



REMARQUE : nous avons défini deux fois la LED rouge

Premièrement comme un indicateur, et en deuxième Comme une résistance chauffante.

4.10 Présentation du logiciel utilisé

4.10.1 logiciel Arduino

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateformes, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le Firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec Avr-g++ 3, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++. [Patrick et Erik 2014] [34].



Figure 4.9 : L'interface de logiciel Arduino

4.10.2 Principe de fonctionnement de logiciel

- On ouvre le logiciel Arduino.
- On compile le programme avec le logiciel Arduino.
- Si il y'a des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- On charge le programme sur la carte.
- On réalise le montage électronique de façon correct.
- On alimente la carte soit par le port USB de PC, soit par une source d'alimentation varie entre 7 et 12 volts.
- On vérifie que notre montage fonctionne.

4.11 Equipement nécessaire à l'ambiance climatique du château d'eau

Les opérations de la régulation de l'ambiance thermique de l'eau au niveau du château, et le renouvellement de l'eau sont par ailleurs gérées automatiquement par l'informatique de sorte à améliorer la qualité et la distribution d'eau potable. Pour atteindre les objectifs de gestion optimale de l'ambiance des moyens techniques sont mis en œuvre.

4.11.1 Equipements de control

Le dispositif de régulation de distribution et de contrôle consiste à contrôler la température, le niveau de l'eau, et l'humidité de l'air, la pression de l'eau en vue de prévenir les coupures d'eau potable, et de garder l'eau en bon état.

➤ **API** : un automate programmable du type Siemens S7-300, l'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les prés-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire. L'API se compose principalement d'une unité de traitement (un processeur CPU), une mémoire, des modules d'entrées-sortie, une alimentation 230V, 50/60 Hz (AC)- 24V (DC).

➤ **CPU 315** : le processeur exécute alors le programme instruction par instruction en rangeant à chaque fois les résultats en mémoire.

Les entrées :

- ✚ Capteur de niveau.
- ✚ Capteur de pression.
- ✚ Capteur de DHT 11.

Les sorties :

- ✚ LED.
- ✚ Alarme.
- ✚ Ventilateurs.
- ✚ Une batterie.
- ✚ Roulais 6 V.
- ✚ Panneau solaire.
- ✚ Résistance chauffante.

Le bon positionnement des capteurs (de température, de humidité, de niveau d'eau et de pression) est important pour que la valeur indiquée corresponde bien aux paramètres de l'ambiance climatique au niveau des châteaux d'eau. Pour cela il faut déterminer le circuit et placer les capteurs provenant de l'ambiance à proximité de l'eau de château.

Toutefois, le tableau ci-dessous résume les équipements nécessaires à l'ambiance climatique pour le château d'eau.

Tableau 2 Equipements nécessaires à l'ambiance climatique pour le château d'eau

Composant	Description	Nombre
API	Automate programmable industriel.	1
CPU 315	Microprocesseur exécute le programme.	1
Capteur DHT 11	Capteur thermocouple (digital).	1
Capteur de niveau	Capteur débitmètre a flotteur.	2
Capteur de pression	Capteur thermocouple (analogique)	0
LED	LED colories pour l'alerte.	4
Résistance chauffante	Matériel de chauffage.	1
Alarme	Un dispositif de sécurité visant à avertir les propriétaires	1
Ventilateur	Matériel de ventilation.	1
Pompe	Dispositif qui permet de remplir le château d'eau	1

4.11.2 Température

Pour la bonne maitrise de la température ambiante durant le cycle de remplissage est vidange de château d'eau, il est préconisé de choisir des solutions a énergie positive et a basse consommation.

4.11.3 Matériel de chauffage

Une technique déconstruction appelé l'isolation thermique peut être utilisé en parois, les murs chauffants ils constituent une solution particulièrement adaptée en rénovation, misent sur la fiabilité et la performance thermique. Ce système se compose des tuyauteries en cuivre ou en polyéthylènes posés sous le revêtement de mur, qui répartissent une chaleur douce et homogène dans tout le château d'eau en permettant une utilisation optimale des énergies renouvelables. [Danfos, 2011] [35].

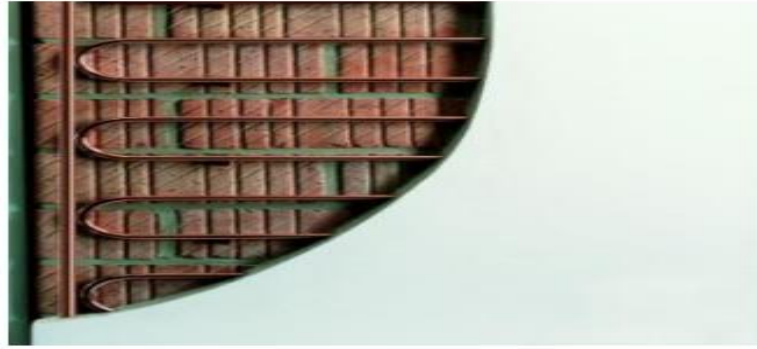


Figure 4. 10 : Schéma d'un chauffage mural constitué d'un réseau de tuyaux en cuivre

Il est ainsi primordial d'isoler le sol, installer un réseau de tuyauteries dans le sol bétonné et l'alimenter par l'eau chaude émanant de la source naturelle. En d'autre terme, c'est le système de chauffage invisible, le plancher chauffant basse température. Ce système est par conséquent très économique à l'usage, il offre de réels avantages en termes de confort, bien-être, gain de place et couplage avec des énergies renouvelables, il assure ainsi la pérennité et l'étanchéité sans faille du système. Il ne se dilate quasiment pas au moment des changements de température et ses propriétés antibactériennes évitent le développement de micro-organismes susceptibles d'obstruer le réseau. [Radiantec, 2014] [36].

Par ailleurs, L'isolation de la toiture influence largement les pertes de chaleur en hiver et l'impact du rayonnement en été.

4.11.4 Ventilation

La ventilation statique consiste à installer des fenêtres assurant la ventilation naturelle, elles doivent être situées sur les deux longueurs du château d'eau, des ouvertures faîtières par lesquelles s'échappe l'air humide légèrement plus chaud et pour maximiser le refroidissement de l'eau.

La ventilation dynamique est beaucoup plus efficace que la naturelle et plus recommandable pour les climats froids. [Fernandez et Ruiz Matas, 2003] [37].

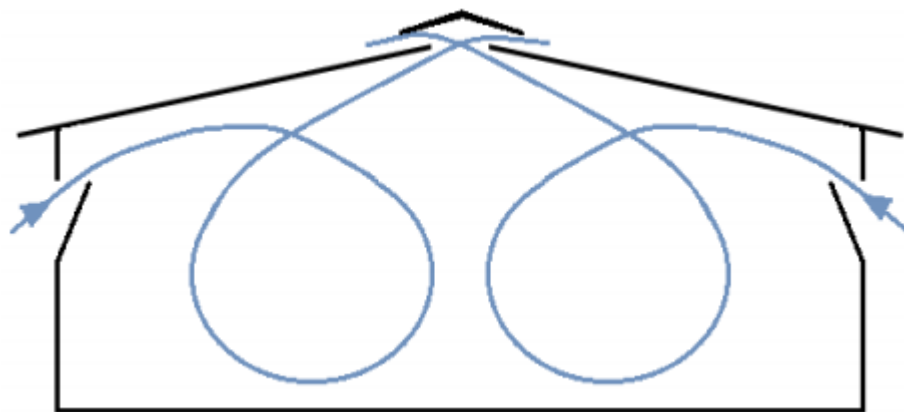


Figure 4. 11 : Le mouvement d'air du bon positionnement des ouvertures d'aération

La gestion de la ventilation est parmi les conditions ambiantes qui sont indispensables pour garantir un élevage réussi. Les ventilateurs sont importants pour tout système de climatisation de bonne qualité. Ils devraient offrir une bonne aération mais pas de courants d'air ou d'humidité. Pour cela, il est indispensable d'utiliser des ventilateurs économes pour assurer une meilleure ventilation.

➤ Climax est un ventilateur de circulation économique. Doté d'une hélice de 91 cm de diamètre, il est équipé d'une grille de protection des deux côtés.

➤ Les ventilateurs Air Master avec ou sans cône permettent d'atteindre un rendement élevé, et ce, malgré leur faible consommation en énergie. Ils sont extrêmement efficaces en raison de leur construction robuste et de leur grand diamètre [22].



Figure 4.12 : Des ventilateurs de type Climax et Air Master

4.12 Produire de l'énergie à partir de sources renouvelables

Si la planète veut un développement durable pour tous ses habitants, elle doit diminuer le recours aux énergies fossiles au bénéfice des énergies les moins polluantes et dévoreuses de ressources. La technologie verte est le meilleur choix pour un futur durable, elle est importante, elle préserve l'environnement et la santé des êtres humains, et surtout elle est considérée comme économie de futur [22].

➤ Piles à combustibles

L'intérêt majeur de la pile à combustible consiste à fournir de l'électricité sans être relié au réseau électrique et, surtout, à fournir cette énergie sans émission de dioxyde de carbone. Elle transforme directement l'énergie contenue dans la molécule d'hydrogène en électricité, à l'aide d'électrodes en platine. De plus, elles sont peu encombrantes avec un rendement énergétique élevé. Une pile à combustible est un dispositif électrochimique qui convertit l'énergie chimique d'une réaction (recombinaison d'hydrogène et d'oxygène) en énergie électrique tout en dégageant de la chaleur [22].

4.13 Maquette finale

La figure 4.14 suivante, illustre notre maquette avec des différents composants qui sont :

- Aquarium (représente le château).
- Plaque d'essai.
- Pompe.
- Deux capteurs de niveau.
- Capteur DHT11.
- LED.
- Ventilateur.
- Arduino.

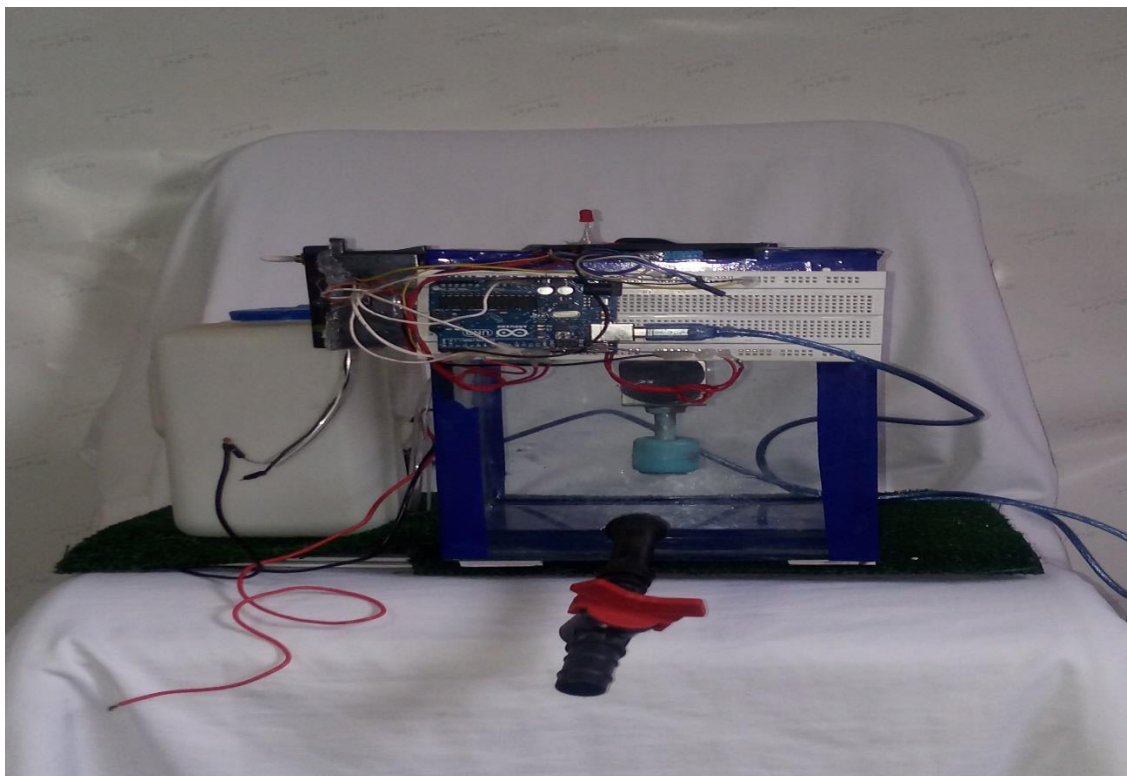


Figure 4. 13 : Maquette réalisée

4.14 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude de contribution technologique à l'amélioration de la qualité d'un château d'eau par les équipements électronique moderne, tout en intégrant un système de contrôle automatisé pour affecter les actions correctives autonomes pour éviter les problèmes d'absence d'eau et les défauts humains. Nous avons fait une réalisation pratique (maquette) pour valoriser l'idée et l'étude ainsi que nous avons proposé différentes solutions pour la résolution du problème de gestion de l'ambiance climatique.

*Conclusion générale et
perspectives*

Conclusion générale et perspectives

Ce travail, nous a permis d'avoir une idée générale sur le réseau de distribution d'eau potable, ainsi qu'un aperçu sur la modernisation du transport et du stockage avec une vision de chaîne logistique et automatisation. Cette technique permet aux ingénieurs et aux gestionnaires de faire une bonne gestion et un bon contrôle de distribution et de stockage de l'eau potable.

Dans le présent cas, et même dans des régions avec des conditions climatiques tempérées, il n'est pas rare, durant les mois d'été, d'avoir des périodes avec de fortes températures souvent accompagnées d'une humidité relative élevée. Un grave stress de chaleur peut profondément affecter l'eau. Dans cette brochure, nous avons réalisé un prototype pour contrôler le climat et la distribution d'eau.

Ce travail ouvre la voie à plusieurs extensions. Il serait également intéressant de développer le processus de distribution d'eau potable en vue d'avoir un château d'eau autonome à basse consommation tout en exploitant les énergies renouvelables. Par ailleurs, il est possible de créer un dispositif de contrôle à distance, qui permet aux ingénieurs d'améliorer la distribution d'eau potable.

A partir de ces informations, il devient alors possible d'intégrer une application Android pour assurer la gestion de l'ambiance à distance. De la même façon, l'approche de décision multicritère proposée permet d'évaluer différentes stratégies.

Nous avons étudié un système en 2D sur le logiciel LINGO, en perspectives nous prévoyons d'introduire la 3ème dimension (système 3D).

Aussi, nous prévoyons de développer une application qui détecte les fuites d'eau potable, pour que la compagnie d'eau « l'Algérienne Des Eaux » intervient au lieu exacte de la fuite et la répare dans un délai de temps très court (via une géolocalisation GPS).

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- [1] : **[D.Lydie]**, Les usages de l'eau au cours de l'histoire, Edition Dessid, France 2000.
- [2] : **[A.MAUREL]**, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres : Et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, Edition Lavoisier, 2006.
- [3] : L'état des ressources en eau au Maghreb en 2009, réseau arabe des experts en environnement, Rabat.
- [4] : Les eaux usées une ressource inexploitée, Rapport Mondiale des Nation Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017.
- [5] : **[S.DE SUTTER]**, Initiation à la création et la gestion d'une entreprise Innovante, université de technologie Compiègne, 2006.
- [6] : <http://www.e-marketing.fr/Definitions-Glossaire/Reseau-de-distribution-238812.htm#OZcw14dIDezAfZy2.97> 14/05/2016 18 :27
- [7] : **[D. Stéphane]**, La distribution d'eau potable en France : Contribution à l'étude d'un service public local, Edition L, G, D, J, 1996.
- [8] : **[Pr. M. MOAD]**, Hydrogéochimie, Eau Potable et Assainissement Liquide, Faculté des Sciences de Rabat 2015.
- [9] : **[Gueddouj et Ouaret]**, Mémoire optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP, Université béjaia, 2002, pdf.
- [10] : **[F.OUELLABI, Y.CHETTOUH]**, Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route TOUGGOURT ELOUAD, université ELOUAD, Juin2015.
- [11] : organisation et gestion de réseaux logistique, Management Industriel et Logistique. Economica 1990. Pdf.
- [12] : **[Poirier et Reiter, 2001]** Poirier C. et Reiter S., La Supply Chain - Optimiser la chaîne logistique et le réseau interentreprises. Dunod.
- [13] : **[Z.MOULOUA]** Thèse de doctorat Ordonnancements coopératifs pour les chaînes logistiques, 2001.

- [14] : **[B. Emilie]**, Modèle d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques, Emilie Baumann, 2012.
- [15] : **[A.MALAPERT]**, Optimisation de tournées de véhicules pour l'exploitation de Réseau Telecom, Septembre 2006.
- [16]: LINGO User's guide, LINDO SYSTEMS INC.
- [17]: http://www.uvt.rnu.tn/resourcesuvt/cours/Automates/chap2/co/Module_chap2_6.html .
- [18] : lycees.ac-rouen.fr, [PDF] BUTS de l'automatisation.
- [19]: **[B. Hamza, R. Abdel basset]**, Mémoire de système de control distribué (DCS) avec l'exploitation de l'automate programmable AC800 F (ABB), 2011.
- [20] : **[Ait Brahim Oualid]**, Mémoire de station de traitement d'eau : Solutions pour le problème de télégestion et les problèmes Electriques-Mécanique durant le démarrage et l'arrêt des groupes, 2015.
- [21] : http://meidoyen.openelement.fr/Files/Other/Structure%20generale_prof.pdf 15/05/2016 11 :10
- [22] : **[D. Mouna, R. Mehdi]** Conception et réalisation d'un système de contrôle et de distribution d'une entreprise agroalimentaire Cas d'étude : industrie avicole, Telemcen, 2016
- [23] : Automates programmables industriels, Philippe LE BRUN.
Florence.vadee@wanadoo.fr. Lycée **A. Louis**.
- [24] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Grafcet> 15/05/2017 13:04
- [25] : <https://fr.scribd.com/doc/83113774/Rapport-de-Stage> 15/05/2015 13:43
- [26]: <https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec:arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmation.pdf> 15/05/2017 19 :12
- [27] : http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielUno 15/05/2015 19:18
- [28] : <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino/> 15/05/2017 21 :41
- [29] : <http://boutique.semageek.com/fr/138-dht11-capteur-de-temp%C3%A9rature-et-humidit%C3%A9-digital.html> 15/05/2017 21 :44

- [30] : <http://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html> 15/05/2017 22:22
- [31] : <https://shop.mchobby.be/senseur-divers/761-capteur-de-niveau-d-eau-a-flotteur-90-3232100007611.html> 16/05/2017 15:45
- [32]: https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec:arduino_dossier_ressource.pdf
16/05/2017 15:37
- [33] : <https://www.pompeaeau.net/pompe-eau-12-v> 18/05/2017 12:30
- [34] : **[Patrick et Erik, 2014]** Patrick Chantereau et Erik Bartmann. Le grand livre d'Arduino, 2^{ème} édition, Eyrolles, 2014
- [35] : **[Danfoss, 2011]** Wall Heating System, Danfoss Heating Solutions, Handbook, 2011.
- [36] : **[Radiantec, 2014]** Design and Construction Suggestions, Radiantec Company installation manual, 2014.
- [37] : **[Fernandez et Ruiz Matas, 2003]** Eduardo Villena Fernández et José Jiménez Ruiz Matas, Técnico en ganadería (Technicien en Elevage), Edition Cultural, 2003.
- [38] : Plan schématique d'A.E.P du village Gouassir-Remchi.

Annexes

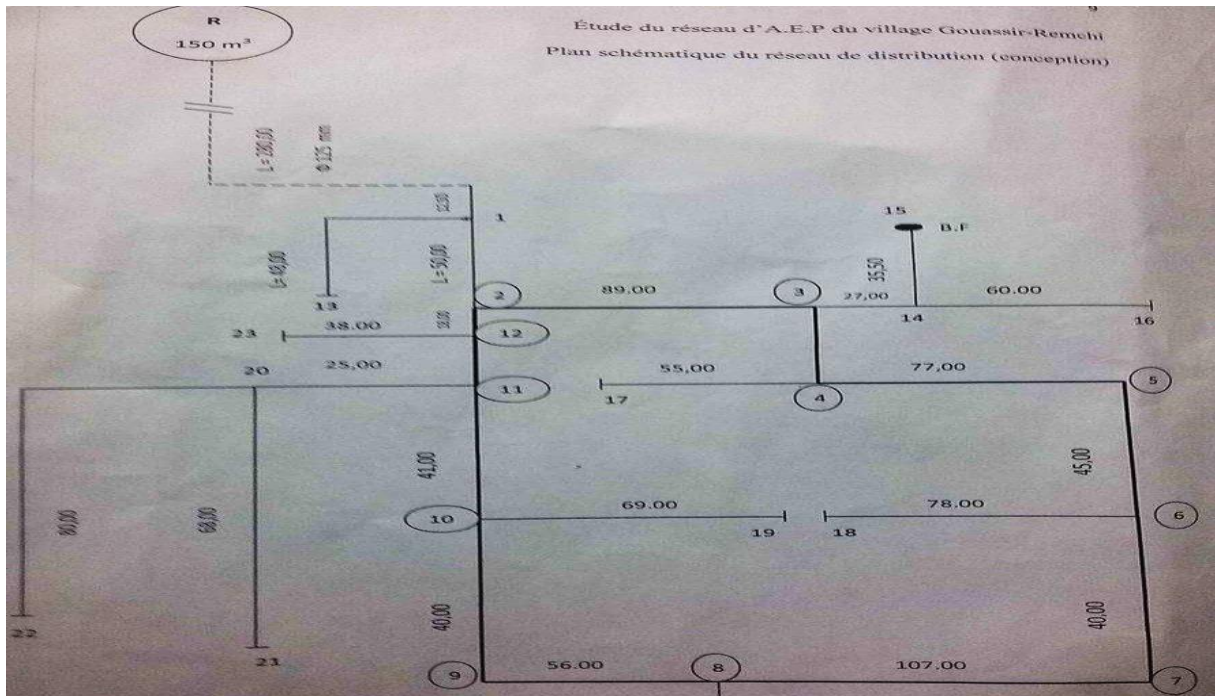
Les normes d'eau potable d'après l'OMS « Organisation Mondiale de la Santé », sont données par le tableau A1 suivant :

Tableau A1 Normes d'eau potable d'après l'OMS

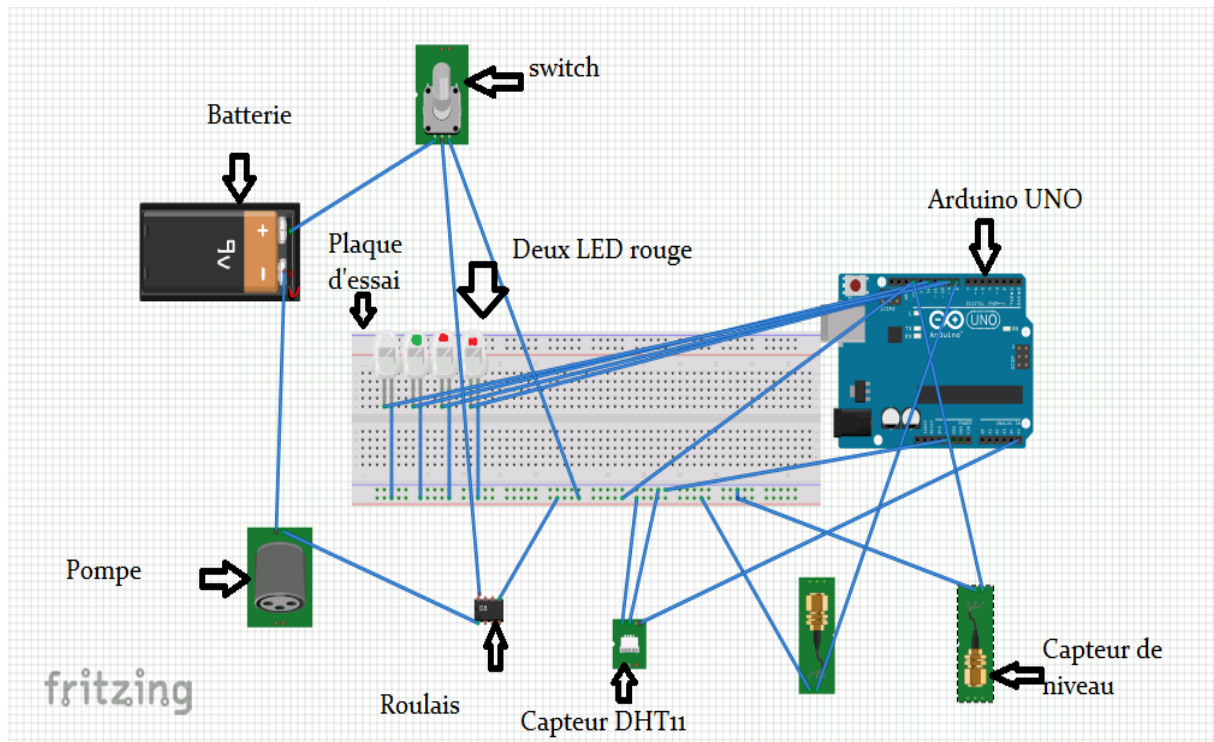
Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)

			0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Le Plan schématique du réseau de distribution (conception), réseau d'A.E.P du village Gouassir, Remchi Tlemcen, est illustré par la figure suivante [38] :



Présentation du montage de la réalisation pratique par le logiciel [FRITZING].



[Fritzing] : Un logiciel de création des circuits imprimés libre.