



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou

Faculté de Génie de la Construction

Département Génie Mécanique

Mémoire de Fin d'Etude

MASTER

Domaine : Science Et Technologie

Filière Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Présenté par :

M. Aliouane Yacine

M. Maredj Abderrahmane

Dirigé par :

M. Belgaid Hocine

Thème

***Conception d'un Concentrateur d'oxygène
médicale***

Mémoire soutenu publiquement le 02 novembre 2022, devant le jury composé de :

M. TIACHACHT SAMIR

M C A, UMMTO, President.

M. CHERABI BILAL

M C B, UMMTO, Examineur.

M. BELGAID HOUCINE

M C B, UMMTO, Encadreur.

PROMOTION : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec respect et fierté :

À ma maman, cette fabuleuse femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui m'a soutenu et encouragé durant toute mon éducation scolaire et ces années d'étude supérieur. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance pour les efforts, les sacrifices, son amour et sa tendresse envers moi.

À l'homme dont je suis fier, mon idole, à qui je dois ma vie, ma réussite, et tous mon respect. Qu'il puisse trouve ici le témoignage de mon admiration sans limite, de ma profonde et sincère reconnaissance pour l'amour que tu as porté à tes enfants, la dignité, l'éducation et le sens de l'honneur qui me sert de modelé, mon très cher papa.

À mon adorable petite sœur et mon petit frère, je vous remercie pour votre présence et votre soutien dans tous ce que je choisi de faire dont ma vie.

À ma femme #Ninette#, cette précieuse perle de ma vie, celle qui fait sortir le meilleur de moi-même, un grand merci pour ton existence et ta présence à mes cotes dans tous les moments de la vie, merci pour tes encouragements, tes motivations, ton aide, ton amour et toutes ces belles choses que tu m'apporte.

À ma tante Nabila.Z, celle qui m'a toujours comprise, la plus gentille, la plus attentionnée, merci pour tes conseils, ton amour, tes encouragements et toute l'aide que tu m'as apportée dans ma vie.

À mon oncle Rachid.À ``Ali``, je te remercie infiniment pour toute ton aide durant mon cursus, tu m'as toujours encouragé et poussé à faire mieux et prioriser mes études, je te serai toujours reconnaissant.

À toutes mes tantes, mes oncles et mes cousins,
Merci pour leurs encouragements, leurs amours, et leurs précieux conseils.

À tous mes frères

#DaqDaqus#Gilaas#Hani#HouHou#Fellaa#Abduus#Rayanus#, merci pour votre présence, votre soutien et tous vos encouragements.

Spécial dédicace à vous : Dr. BELGAID HOUCINE.

À mon binôme et mon ami durant tout mon parcours universitaire.

Mr. ALIOUANE Yacine

Dédicaces

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU

De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

À ma tendre mère et mon très cher père

À ma précieuse sœur.

À mes chères tantes.

À Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

À Toute ma famille

À mon binôme.

Spécial dédicace à vous : Dr. BELGAID HOUCINE.

À Mr. Ouamar bouhini pour son aide a l'importation de certains composants.

À Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Mr. MAREDJ Abderrahmane

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la sante et la volonté de mener à bien ce modeste travail.

Tout d'abord ce travail ne serait pas aussi riche sans l'aide et l'encadrement de notre professeur Dr. BELGAID.Hocine, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel pour sa patience, sa rigueur, son écoute et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer pour que ce mémoire voit le jour.

Nos remerciements s'adressent aux aimables jurys, nous vous remercions pour votre présence et d'avoir accepté de juger et examiner notre travail, nous vous remercions pour le bon déroulement de la soutenance de notre mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges professionnelles.

Nos remerciements vont également à nos parents qui nous ont soutenu sans cesse moralement et financièrement tous au long de notre cursus et tout au long de notre travail.

Il est également très agréable de remercier tous les membres de la SARL Rafnou Metal.

Nos remerciements les plus vifs à tous nos amis et tous ce qui nous ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Nos remerciements à nos frères et sœurs pour leurs soutiens moral toute au long de notre travail.

Enfin, nos remerciements vont à NINA SMAIL et Docteur DAHMAM qui nous ont soutenu sans cesse moralement, et qui ont été là tous au long de notre cursus, merci pour vos motivations sans cesse et pour votre contribution précieuse à ce travail.

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I :	2
ETAT DE L'ART (Production D'oxygène)	2
I. Etat de l'art (Production D'oxygène)	3
I.1. Introduction	3
I.2. Historique.....	3
I.3 Les différentes sources d'oxygène	4
I.3.1. Oxygène liquide	4
I.3.2. Oxygène gazeux (bouteille).....	6
I.3.3. Oxygène chimique.....	9
I.3.4. Oxygène à membranes céramique	13
I.3.5. Oxygène par électrolyse.....	14
I.3.6. Oxygène produit par tamis moléculaire : concentrateur d'oxygène	17
I.4. Domaine d'application	20
I.4.1. Pisciculture	20
I.4.2. Verrerie	20
I.4.3. Métallurgie.....	21
I.4.4. Pétrochimie	21
I.4.5. Vétérinaire	21
I.4.6. Traitement des eaux usées	21
I.5. Aspects réglementaires.....	22
I.5.1. Pharmacopée oxygène médicinal	22
I.5.2. Pharmacopée oxygène +93%.....	23
I.6. Conclusion.....	24
CHAPITRE II :	25
LES CONCENTRATEURS D'OXYGENES.	25
II. Les concentrateurs d'oxygènes	26
II.1. Introduction	26
II.2. Historique.....	26
II.2. Description.....	27

II.3. Principe de fonctionnement d'un concentrateur d'oxygène ATF.....	30
II.4. Principe de fonctionnement d'un concentrateur d'oxygène PSA	31
II.5. Avantages et inconvénients des concentrateur d'oxygène	33
II.6. Les composants habituels d'un concentrateur d'oxygène et leur fonction	34
II.6.1. Boîtier.....	34
II.6.2. Filtre d'admission du compresseur.....	34
II.6.3. Compresseur OLF1500AF.....	35
II.6.4. Ventilateur	35
II.6.5. Échangeur de chaleur	36
II.6.6. Circuit de contrôle.....	36
II.6.7. Electrovanes.....	37
II.6.8. Tamis moléculaire	37
II.6.9. Réservoir d'oxygène.....	38
II.6.10. Débitmètre.....	38
II.6.11. Barboteur	38
II.6.12. Moniteur d'oxygène.....	39
II.7. Conclusion	39
CHAPITRE III :	40
RASSEMBLEMENT DES COMPOSANTS CONSTITUANT LE CONCENTRATEUR D'OXYGENE.....	40
III. Rassemblement des composants constituant le concentrateur d'oxygène.....	41
III. 1. Les différents composants du concentrateur d'oxygène.....	41
III.1.1. Le compresseur OLF1500AF	41
III.1.2. La Zéolite (tamis moléculaire).....	41
III.1.3. Le capteur d'oxygène	42
III.1.4. L'afficheur	44
III.1.5. Les silencieux du compresseur :.....	45
III.1.6. Le circuit de contrôle	45
III.1.7. Le condenseur d'air.....	46
III.1.8. Les ventilateurs	47
III.1.9. Les électrovanes.....	48
III.1.10. Le réservoir d'oxygène	48
III.1.11. Le barboteur d'oxygène.....	48

III.1.12. Manomètre d'oxygène.....	49
III.1.13. Pressostat.....	49
III.2. Conclusion.....	49
CHAPITRE IV :.....	50
GESTION DU PROJET.	50
IV. GESTION DU PROJET.....	51
IV.1. Introduction.....	51
IV.2. Définition d'un projet.....	51
IV.3. La notion de gestion.....	52
IV.4. Un projet dans le domaine de la conception mécanique.....	52
IV.5. La gestion de projet.....	53
IV.6. L'utilité de faire une gestion de projet.....	53
IV.7. Création d'un planning prévisionnel de Gantt.....	53
IV.7.1. Définition du diagramme de Gantt.....	53
IV.7.2. L'utilité du diagramme de Gantt.....	54
IV.7.3. Le diagramme de Gantt de notre projet.....	54
IV.8. Création du diagramme FAST.....	56
IV.8.1. Définition du diagramme FAST (Function Analysis System Technique).....	56
IV.8.2. Les deux types de fonctions.....	57
IV.8.3. Schématisation du diagramme.....	57
IV.8.4. Bénéfices de la méthode FAST.....	58
IV.8.5. Le diagramme de FAST de notre projet.....	59
IV.9. Conclusion.....	60
CHAPITRE V :.....	61
LA CONCEPTION DU CONCENTRATEUR D'OXYGENE AVEC SOLIDWORKS.	61
V. La conception du concentrateur d'oxygène avec SolidWorks.....	62
V.1. Description de SOLIDWORKS.....	62
V.2. Présentation de l'assemblage du boîtier.....	63
V.3. Présentation de la vue éclate de l'assemblage du boîtier.....	64
V.4. Présentation des composants du boîtier.....	65
V.4.1. Le châssis.....	65
V.4.2. Le boîtier.....	66
V.4.3. La séparation du compresseur.....	70

V.4.4. Le support des unités de commande et d'affichage.....	71
V.4.5. Le port filtre à air d'admission.....	72
V.4.6. Le cache du port filtre.....	73
V.4.7. Le support du barboteur.....	74
V.5. Présentation du condenseur d'air.....	75
V.5.1. Présentation de l'assemblage du condenseur d'air.....	75
V.5.2. Présentation des pièces du condenseur d'air.....	76
CHAPITRE VI :.....	81
LA REALISATION DU CONCENTRATEUR D'OXYGENE.....	81
VI. La réalisation du concentrateur d'oxygène.....	82
VI.1. Cypcut Laser Cutting System.....	82
VI.2. Présentation de SARL Rafnou Metal.....	82
VI.3. La mise en page des pièces sur Cypcut.....	83
VI.4. La fabrication des pièces et composants.....	84
VI.4.1. Le découpage au laser des pièces.....	84
VI.4.2. Le pliage des pièces découpé.....	86
VI.4.3. Confection du serpentín du condenseur d'air.....	88
VI.5. L'assemblage du concentrateur d'oxygène.....	89
VI.5.1. L'assemblage du condenseur d'air.....	89
VI.5.2. L'assemblage de la structure du concentrateur.....	90
VI.5.2. L'assemblage des composants constituant la machine.....	91
VI.6. Conclusion.....	92
CONCLUSION GENERALE.....	93
BIBLIOGRAPHIE.....	94
ANNEXE.....	95

Liste des figures

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART (Production D'oxygène)	
Figure (I - 1) : cuve d'un évaporateur d'oxygène liquide et son portable. [1]	4
Figure (I - 2) : bouteille avec son robinet-détendeur intégré. [1]	6
Figure (I - 3) : bouteilles de 3, 4, 5 et 10 litres. [1]	7
Figure (I - 4) : robinets-détendeurs. [1]	7
Figure (I - 5) : coupe d'une chandelle chimique Orphée®. [1]	10
Figure (I - 6) : Schéma de coupe d'une chandelle chimique.	10
Figure (I - 7) : Schéma d'un générateur chimique d'oxygène. [1]	11
Figure (I - 8) : cadre acier du Soprano 3000 ® et la chambre de réaction. [1]	11
Figure (I - 9) : système de membranes céramiques pour SEOS. [1]	13
Figure (I - 10) : Schéma du SEOS. [1]	13
Figure (I - 11) : schéma de la réaction d'électrolyse. [1]	15
Figure (I - 12) : électrolyseur de sous-marin américain. [1]	15
Figure (I - 13) : électrolyseurs - MCPHY (ITALIEN).	16
Figure (I - 14) : principaux gaz constituant l'air qui nous entoure. [1]	17
Figure (I - 15) : Colonne de chromatographie. [1]	17
Figure (I - 16) : Stratification de l'air dans le tamis. [1]	18
Figure (I - 17) : billes de zéolithe dans la colonne. [1]	18
Figure (I - 18) : Schéma simplifié de la structure d'une zéolithe. [1]	19
Figure (I - 19) : billes de zéolithe libres.	19
Figure (I - 20) : la Pisciculture	20
Figure (I - 21) : La verrerie	21
Figure (I - 22) : Fabrication métallurgie.	21
Figure (I - 23) : Générateur d'oxygène pour traitement des eaux usées.	22
Figure (I - 24) : L'oxygène dans la vinification.	Erreur ! Signet non défini.
CHAPITRE II : LES CONCENTRATEURS D'OXYGENES.	
Figure (II - 1) : Schématisation d'un concentrateur d'oxygène. [2]	27
Figure (II - 2) : Concentrateur Invacare Platinum Mobile.	28
Figure (II - 3) : Concentrateur d'oxygène fixe Compact 525. [2]	29
Figure (II - 4) : a/ Concentrateur d'oxygène ATF b/ Schéma d'un système ATF. [1]	30
Figure (II - 5) : Décomposition du barillet du module ATF. [1]	30
Figure (II - 6) : cycle permanent simultané des 3 groupes de 4 colonnes dans un concentrateur ATF. [1]	31
Figure (II - 7) : Schéma d'un système PSA. [1]	32
Figure (II - 8) : Lits de tamis moléculaires. [1]	33
Figure (II - 9) : Filtre à air d'admission.	34
Figure (II - 10) : Compresseur modèle OLF1500AF.	35
Figure (II - 11) : Ventilateur.	35

Figure (II - 12) : Condenseur d'air.	36
Figure (II - 13) : Circuit imprime électronique.	36
Figure (II - 14) : Electrovanne.	37
Figure (II - 15) : Tamis moléculaire.	37
Figure (II - 16) : Manomètre d'oxygène.	38
Figure (II - 17) : Humidificateur.	38
Figure (II - 18) : Moniteur d'oxygène.	39

**CHAPITRE III : RASSEMBLEMENT DES COMPOSANTS CONSTITUANT LE
CONCENTRATEUR D'OXYGENE.**

Figure (III - 1) : Le compresseur 1500 Watt 1.5 HP modèle OLF1500AF.	41
Figure (III - 2) : La zéolite 13X HP.	42
Figure (III - 3) : Le capteur O2.	43
Figure (III - 4) : Le capteur O2.	43
Figure (III - 5) : L'afficheur LCD 2004_I2C.	44
Figure (III - 6) : L'afficheur LCD 2004_I2C.	44
Figure (III - 7) : Les support du compresseur.	45
Figure (III - 8) : Le circuit électronique imprimé (STM32).	46
Figure (III - 9) : Le condenseur d'air.	47
Figure (III - 10) : Le ventilateur.	47
Figure (III - 11) : L'électrovanne GSPU-04.	48
Figure (III - 12) : L'humidificateur et le manomètre d'oxygène.	49

CHAPITRE IV : GESTION DU PROJET

Figure (IV - 1) : Le diagramme de GANTT de notre projet de conception.	56
Figure (IV - 2) : Schéma du diagramme FAST.	58
Figure (IV - 3) : Le diagramme FAST du concentrateur d'oxygène.	59

**CHAPTIRE V : CONCEPTION DU CONCENTRATEUR D'OXYGENE AVEC
SOLIDWORKS**

Figure (V - 1) : L'accueil de SolidWorks.	62
Figure (V - 2) : Choix de documents sur SolidWorks.	63
Figure (V - 3) : Mise en plan de l'assemblage avec la CAO en 3D.	64
Figure (V - 4) : Mise en plan de la vue éclate de l'assemblage avec la CAO 3D.	65
Figure (V - 5) : Mise en plan de la vue éclate du châssis avec la CAO 3D.	66
Figure (V - 6) : mise en plan de la vue éclate de la partie 1 du boitier avec la CAO 3D.	67
Figure (V - 7) : mise en plan de la vue éclate de la partie 2 du boitier avec la CAO 3D.	68
Figure (V - 8) : mise en plan de la vue éclate de la partie 3 du boitier avec la CAO 3D.	69
Figure (V - 9) : mise en plan de la vue éclate de la partie 4 du boitier avec la CAO 3D.	70
Figure (V - 10) : mise en plan de la vue éclate de la séparation du compresseur avec la CAO 3D.	71

Figure (V - 11) : mise en plan de la vue éclate du support des unités de commande et d'affichage avec la CAO 3D.....	72
Figure (V - 12) : mise en plan de la vue éclate du port filtre à air d'admission avec la CAO 3D.....	73
Figure (V - 13) : mise en plan de la vue éclate du cache port filtre avec la CAO 3D.....	74
Figure (V - 14) : mise en plan de la vue éclate du cache port filtre avec la CAO 3D.....	75
Figure (V - 15) : mise en plan de l'assemblage du condenseur avec la CAO en 3D.....	76
Figure (V - 16) : mise en plan de la vue éclate d'une ailette avec la CAO 3D.....	77
Figure (V - 17) : mise en plan de la vue éclate d'une ailette de fixation avec la CAO 3D.....	78
Figure (V - 18) : mise en plan de la vue éclate du tube de circuit avec la CAO 3D.....	79
Figure (V - 19) : mise en plan de la vue éclate du support ventilateur avec la CAO 3D.....	80

CHAPTIRE VI : LA REALISATION DU CONCENTRATEUR D'OXYGENE.

Figure (VI - 1) : Accueil de Cypcut Laser Cutting System.....	82
Figure (VI - 2) : La SARL Rafnou Metal (Découpage et emboutissage de métal).....	83
Figure (VI - 3) : La mise en page des pièces de conception.....	84
Figure (VI - 4) : La découpe au laser sur la feuille de tôle de 1mm.....	85
Figure (VI - 5) : La fin de la découpe des pièces sur la tôle de 1 mm.....	85
Figure (VI - 6) : La découpe du châssis.....	86
Figure (VI - 7) : Pliage de quelques pièces.....	87
Figure (VI - 8) : Le pliage de la séparation du compresseur.....	87
Figure (VI - 9) : La fin de pliage des pièces.....	88
Figure (VI - 10) : Le serpentín du condenseur d'air.....	89
Figure (VI - 11) : la fixation du compresseur et de sa séparation sur le châssis.....	90
Figure (VI - 12) : L'assemblage de la structure du concentrateur d'oxygène.....	91

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

CHAPITRE IV : GESTION DU PROJET

Tableau (IV - 1) : La durée des taches du projet.....	55
Tableau (IV - 2) : l'indépendance des taches du projet.....	56

INTRODUCTION GENERALE

Suite au covid 19-pandémie mondiale, maladie contagieuse qui a causé beaucoup de perte humaine, notre pays bien sûr n'est pas épargné tout âge confondu ; aucun pays ne s'est préparé pour cette catastrophe naturelle en particulier le nôtre, et durant cette période s'est produit une course et une précipitation pour procuration de générateur et extracteur individuel d'oxygène.

En tant que étudiants universitaire nous avons pensé à contribuer avec notre savoir-faire pour fabriquer et améliorer ces extracteurs d'oxygène pour faire bénéficier nos malades et faciliter la tâche aux professionnels de la sante. De cela découle le choix de notre thème de mémoire.

Ajoutant à cette pandémie on craint aussi l'avenir par rapport au réchauffement climatique et les feux de forêts excessives qui causeront du mal aux personnes atteintes de maladies respiratoire nécessitants bien sûr de l'oxygène.

Nous avons remarqué une crise de production d'oxygène pour satisfaire les besoins des patients, des victimes de ces catastrophe au niveau hospitalier et même a domicile. L'installation des stations de production d'oxygène aux niveau hospitalier coute une blinde d'argent, c'est pour cela que nous remarquons que la majorité des hôpitaux de compagne ou de petite ville n'ont pas une source de production qui pourra satisfaire ce besoin en oxygène en ce genre de situation.

Les concentrateurs d'oxygène que notre pays a importé dans cette situation extrême pour les hôpitaux ont beaucoup aide, mais c'est insuffisant pour satisfaire le besoin d'oxygène, car la quantité produite c'est pour un seul patient dans les cas d'oxygénothérapie extrêmes. Le débit maximal est de 10L/Min.

Ce qui nous a poussé a pensé a amélioré la quantité de production des concentrateurs d'oxygène pour pouvoir satisfaire le besoin des hôpitaux qui n'ont pas de station de production.

Dans ce mémoire, nous allons essayer de concevoir un prototype d'un concentrateur d'oxygène avec la technologie PSA (Pressure Swing Adsorption).

CHAPITRE I :
ETAT DE L'ART (Production D'oxygène).

I. Etat de l'art (Production D'oxygène)

I.1. Introduction

L'oxygène est un élément qui nous entoure de façon omniprésente, à la fois sous forme de molécule de dioxygène (air) et sous forme combinée : les oxydes. Parmi ceux-ci, on trouve la plupart des minéraux du sol et du sous-sol, et, par ailleurs, l'eau elle-même, dont tout le monde connaît l'importance pour la vie sur Terre.

L'oxygène est un des éléments les plus réactifs qui soient ; en conséquence, l'état naturel sur Terre de la plupart des autres éléments est une combinaison avec l'oxygène. Ceux qui ne s'associent pas avec l'oxygène sont qualifiés de rares, nobles ou précieux (Argon, Or, Platine, etc.)

Durant des millénaires, le développement technique de l'humanité a résidé dans la faculté de séparer de nombreux éléments de l'oxygène : c'est par exemple la base de la métallurgie.

Une autre conséquence de la réactivité de l'oxygène est qu'il a toujours été une source inépuisable d'énergie thermique par combustion : la réaction du dioxygène avec de nombreux éléments ou composés est exothermique.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes sources et façons de production d'oxygène et les domaines d'utilisations de ce dernier dans la vie notre vie quotidienne.

I.2. Historique

1773 : Le pharmacien suédois Carl Wilhelm SCHEELE (1742-1786) découvre l'oxygène.

1837 : Inscription de l'oxygène à la Pharmacopée française.

1849 : L'ingénieur et industriel français Eugène BOURDON (1808-1884) invente le manomètre métallique pour mesurer la pression des gaz.

1864 : Le pharmacien français Euphrasie-Stanislas LIMOUSIN (1831-1887) développe un procédé de production mobile et rapide de l'oxygène.

1877 : Le physicien français Louis-Paul CAILLETET (1832-1913) et Raoul Pierre PICQUET (1846-1929) réussissent simultanément à liquéfier certains gaz considérés jusque-là comme permanents, par l'action simultanée de hautes pressions et de basses températures.

1896 : L'industriel allemand Carl Von LINDE (1842-1934) obtient industriellement l'air liquide par détente.

I.3 Les différentes sources d'oxygène

I.3.1. Oxygène liquide

a. Principe

L'oxygène liquide est produit en usine selon le procédé de Georges Claude et Karl Von Linde, par liquéfaction et distillation de l'air atmosphérique épuré. L'air sec est comprimé à 5 bars puis refroidi à travers un échangeur thermique par de l'azote liquide (issu de la production). On obtient de l'air liquide, mélange d'oxygène et d'azote en phase liquide. Les températures d'ébullition de l'oxygène ($T_e = -183^\circ\text{C}$) et de l'azote ($T_e = -195^\circ\text{C}$) étant différentes, le mélange est séparé par vaporisation dans une colonne de distillation fractionnée à moyenne et basse pression : l'azote, le plus volatile, est récupéré à la partie supérieure des colonnes, et l'oxygène est récupéré vers le milieu de la colonne. Fluide cryogénique, il est stocké dans des récipients spécialement prévus à cet effet : les réservoirs cryogéniques d'une capacité variant de 1500 à 10000 litres, réservés aux établissements de santé, et les évaporateurs froids (fixes ou transportables) pour une utilisation à domicile.

Les évaporateurs sont constitués par des récipients métalliques aux propriétés thermiques isolantes renforcées dans lesquels l'oxygène est maintenu à l'état liquide froid (-183°C , 1013 hPa). Malgré l'isolation renforcée (vide permanent entre parois), le transfert de chaleur atmosphérique au contenu entraîne la vaporisation du liquide. Cela implique en conséquence que l'oxygène liquide doit toujours être utilisé à court terme (1).



Figure (I - 1) : cuve d'un évaporateur d'oxygène liquide et son portable. [1]

b. Avantages

- Grande quantité d'O₂ disponible
- Silencieux
- Déambulation possible avec portable
- Intéressant pour les patients avec une durée d'utilisation importante (18 à 24 heures/jour)
- Pas d'alimentation électrique

c. Inconvénients

Les risques de l'oxygène liquide sont avant tout ceux propres à l'oxygène.

Les risques spécifiques sont ceux liés à l'augmentation de pression dans les réservoirs cryogéniques, ainsi que ceux liés à la température très basse du liquide. Il est donc nécessaire de prévoir des dispositifs de sécurité contre les surpressions, sur chaque partie de circuit où le liquide risque d'être emprisonné, et dans le cas de manipulations avec de l'oxygène liquide, de protéger l'opérateur contre les projections éventuelles.

Si les conditions de stockage sont aisément réalisées pour les hôpitaux d'infrastructure, celles-ci sont difficiles, voire impossibles à appliquer en situation opérationnelle :

- les risques de perforation des réservoirs cryogéniques par projectiles, d'où incendies ou explosions.
- la nécessité de leur installation sur une dalle bétonnée et non sur un sol goudronné.
- un taux de vaporisation non négligeable présentant un aspect rédhibitoire pour le stockage de réservoirs pleins dès le temps de paix.
- une quasi-interdiction de transport aérien des réservoirs cryogéniques au moins sur vols commerciaux.

L'utilisation de l'oxygène liquide n'est par conséquent pas adaptée à la constitution de réservoirs de secours destinés à être stockés pendant très longtemps. Son emploi en situation de déploiement sur un théâtre d'opérations paraît difficilement envisageable (1).

I.3.2. Oxygène gazeux (bouteille)

a. Principe

L'oxygène destiné au remplissage des bouteilles de gaz médicaux est issu des installations de séparation des gaz par distillation fractionnée de l'air liquide. Les bouteilles contiennent en général une teneur en oxygène supérieure à 99,5% en volume. Les 0,5% restants sont constitués par un certain nombre d'impuretés contenues dans l'air.

Le conditionnement de l'oxygène médicinal est effectué suivant des procédures très précises garantissant la qualité du produit délivré. Chaque bouteille présentée au remplissage est vidée à l'air libre. Un cycle automatique de traitement, limitant les risques d'erreur humaine, préconditionne chaque bouteille par mise sous vide, rinçage sous pression et nouvelle mise sous vide avant remplissage à la pression de service. Toutes les opérations relatives aux bouteilles d'oxygène médicinal, telles que la fabrication, la distribution en gros et la dispensation au détail doivent être effectuées dans des établissements pharmaceutiques, sous la responsabilité d'un pharmacien.

L'approvisionnement en bouteilles d'oxygène médicinal ne peut ainsi se faire qu'auprès de pharmacies d'officine, de pharmacies à usage intérieur des établissements de santé, voire de distributeurs en gros ou de fabricants, respectant le principe pharmaceutique.

Les bouteilles sont, par convention en France, de couleur blanche, d'un volume (capacité en eau) de 1 à 50L, constituées de récipients métallique résistants à la pression du gaz (pression de service 200 bar en général) (1).



Figure (I - 2) : bouteille avec son robinet-détendeur intégré. [1]



Figure (I - 3) : bouteilles de 3, 4, 5 et 10 litres. [1]



Figure (I - 4) : robinets-détendeurs. [1]

Dans le civil, la plupart des bouteilles sont en composite synthétique. On distingue deux parties dans celles-ci :

- Une enveloppe mince (doublure liner) qui sert de limite au volume, de support au bobinage, de barrière étanche et d'interface de compatibilité avec le contenu.
- Un enroulement à spires croisées sur la totalité du liner, par un fil tendu et adhérent en fibre composite (verre, aramide, Kevlar® ou carbone) imprégné de résine époxyde.

Les bouteilles « Composites Aquitaine » sont en fait l'association d'un liner mince en aluminium et d'un frettage en carbone.

Les bouteilles portables de 3, 4, 5 et 10L (fig.2) sont munies de robinets-détendeurs intégrés garantissant une meilleure sécurité. Le manodétendeur permet de lire la pression qui règne à l'intérieur de la bouteille et de réduire la pression de stockage à une pression constante

d'utilisation de 4 bars. Le débitmètre permet de délivrer le volume d'oxygène désiré par un robinet qui se règle de 0 à 15 L/min. Le SSA dispose de bouteilles de 3,5 à 50L (1).

Pour faciliter la manutention, les bouteilles de 50L peuvent être associées dans des cadres de 6 à 28 bouteilles.

Sur l'ogive ou la partie arrière de la bouteille doivent figurer les inscriptions suivantes :

- N° : numéro d'identification de la bouteille
- PV : poids vide de la bouteille
- PE : pression d'épreuve de la bouteille, qui doit être de 1,5 fois la PS (soit 300 bars)
- Date : date de l'essai à pression d'épreuve qui a lieu tous les cinq ans
- V : volume intérieur de la bouteille exprimé en litres d'eau
- PS : pression de service définie par le constructeur (200 bars le plus souvent).

La contenance d'une bouteille d'oxygène peut se calculer de cette façon : une bouteille d'un volume de 3L remplie à 200 bars délivrera en fait 600L d'oxygène. Le volume d'oxygène disponible varie en fonction de la pression atmosphérique et de la température, c'est pourquoi les données inscrites sur les bouteilles sont définies pour une température de 15°C à une pression de 1013 hPa, soit environ 1 bar (1).

b. Avantages

Jusqu'à présent, les bouteilles étaient le seul moyen d'amener l'oxygène le plus près possible des malades (des personnes qui sont dans le besoin).

Utilisation simple et silencieuse d'une bouteille d'oxygène.

A part ça La pureté du gaz fourni est constante quel que soit le débit.

c. Inconvénients

L'inconvénient principal des bouteilles est le risque d'explosion lié à la réactivité comburante de l'oxygène, capable d'enflammer tous les matériaux, y compris le métal. La pression de l'oxygène est de 200 bars dans la bouteille, et de 1 bar dans le détendeur (pression atmosphérique de référence). A l'ouverture de la bouteille, le passage de 1 à 200 bars produit une température pouvant atteindre 600°C. Dans de telles conditions, un agent polluant tel qu'une poussière, de la graisse (lubrification du filetage, transpiration, main grasse...) ou un joint en caoutchouc (les joints recommandés sont en élastomère polyhalogéné), s'enflamme spontanément en réalisant un « coup de feu ». Il se produit alors un phénomène d'oxycoupage

où le métal brûle, fond et se coupe à l'image d'un chalumeau sans flamme apparente, puis c'est l'explosion avec projection de métal en fusion et de gaz à plus de 1000°C. C'est pourquoi il est recommandé de ne pas manipuler le manodétendeur avec les mains grasses, ne mettre aucun corps gras (huile, pommade, graisse...) en contact avec les bouteilles, ne pas placer une bouteille près d'une flamme, ne pas exposer une bouteille à la chaleur excessive, et de ne pas utiliser un outil pour démonter un manodétendeur sur une bouteille devant le risque d'étincelles(1).

Leur volume pose également un problème de stockage, dont la sécurité dépend des contraintes logistiques et climatiques locales. Stocker des bouteilles d'oxygène nécessite des zones spécialisées pour les bouteilles vides et pour les pleines, fraîches et aérées, éloignées de toute source de flamme (1).

Enfin, la gestion du remplissage et du réprouvé des bouteilles est contraignante (tous les 5 ans par un service agréé), sachant qu'une bouteille ne doit jamais être vidée complètement de son contenu, sous peine de devoir être subir un double tirage au vide avant tout nouveau remplissage, car l'absence de gaz avec une pression nulle expose la bouteille à une contamination (1).

I.3.3. Oxygène chimique

a. Principe

L'oxygène chimique est produit par la décomposition thermique auto-entretenu d'un composé riche en oxygène (chlorate de sodium, perchlorate de sodium, peroxyde de potassium...), comprimé à l'état solide dans des bougies métalliques introduites dans le générateur.

Les bougies utilisées pour produire de l'oxygène à usage médical sont constituées d'un composé solide à base de chlorate de sodium. Le chlorate est combiné à l'eau pour former une pâte qui est coulée dans un moule puis pressurisée à 300 bars. Après évaporation, le mélange devient solide. La décomposition thermochimique n'est possible qu'avec la combinaison d'un combustible de type métallique. Ce combustible joue un rôle essentiel dans le système en produisant de l'énergie d'oxydation, la chaleur nécessaire pour décomposer le chlorate.

L'adjonction d'un catalyseur comme le magnésium, dans des proportions définies, permet de diminuer la température de décomposition du chlorate qui est initialement de 248°C. D'autres composés permettent de réguler la vitesse de la réaction.

L'induction de la réaction se fait par percussion mécanique d'une amorce pyrotechnique logée dans le chlorate, permettant d'obtenir une température de 300°C dans la chambre de réaction. La production d'oxygène est immédiate : une lente réaction chimique libère l'oxygène sous forme gazeuse. La chandelle Orphée® sur le Soprano 3000® (SNPE™) permet d'obtenir jusqu'à 3000L d'oxygène en 15 minutes (1).

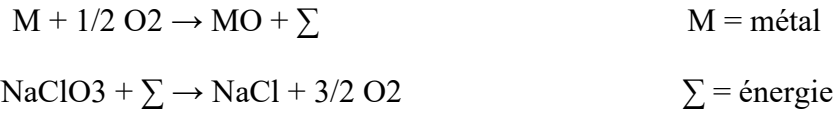


Figure (I - 5) : coupe d'une chandelle chimique Orphée®. [1]

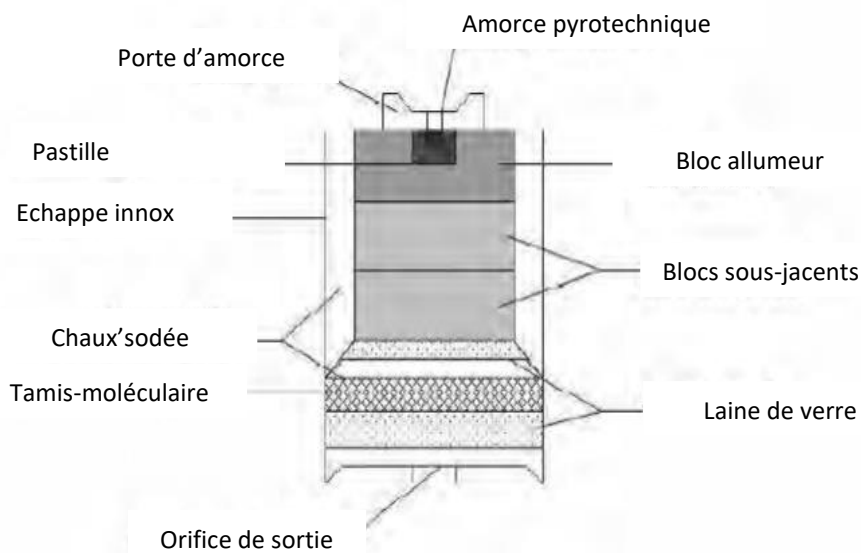


Figure (I - 6) : Schéma de coupe d'une chandelle chimique.

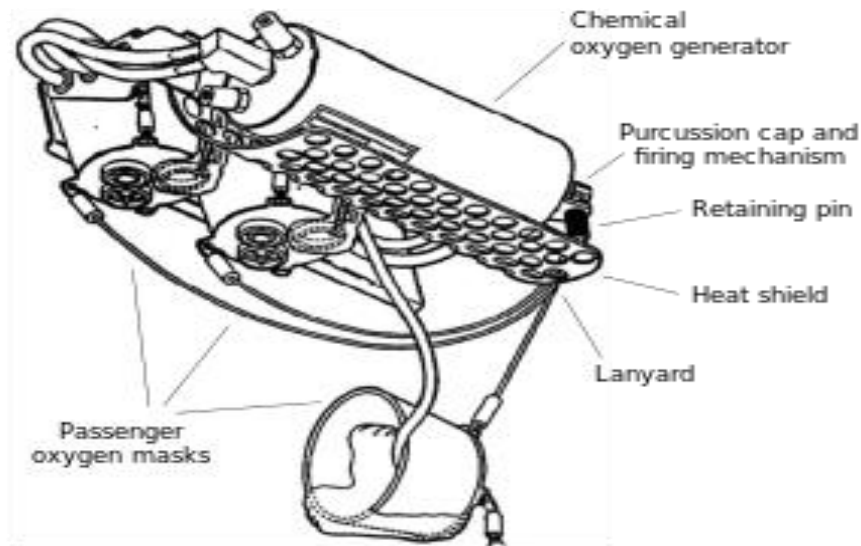


Figure (I - 7) : Schéma d'un générateur chimique d'oxygène. [1]



Figure (I - 8) : cadre acier du Soprano 3000 ® et la chambre de réaction. [1]

La pureté de l'oxygène ainsi obtenue est habituellement supérieure à 99,5%, le reste étant principalement de la vapeur d'eau, du monoxyde et dioxyde de carbone et des traces de chlore. Le gaz est épuré par un système de filtration : un lit de chaux sodée fixe le gaz carbonique ; un tamis moléculaire en zéolithes (silico-aluminates métalliques) absorbe toutes les molécules présentant un moment polaire : l'eau, le monoxyde de carbone et le chlore.

Le composé solide génère environ 700 fois son propre volume ; c'est un peu moins que l'oxygène liquide pour lequel le rapport est de 850. Munie de son système de filtration et de son enveloppe, la chandelle génère approximativement 350 fois son volume, soit encore deux fois plus qu'une bouteille d'oxygène remplie sous 200 bars (le rapport est d'environ 150 pour une bouteille de 3L sous 200 bars).

Dans l'aéronautique commerciale, ce sont des cartouches chimiques qui alimentent les masques oxygène passagers en cas de dépressurisation (1).

b. Avantages

Le système de production d'oxygène par voie chimique présente un certain nombre d'avantages, en particulier en situation opérationnelle (1) :

- Totalement autonome, il ne requiert aucune source d'énergie, excepté au moment de l'amorçage de la chandelle, mais cette opération est généralement réalisée par percussion mécanique déclenchée manuellement, avec 100% de réussite sur le Soprano 3000®.
- L'oxygène produit est de très bonne qualité, et son obtention rapide.
- Les chandelles peuvent être conservées entre -20 et $+50$ °C, sans conséquence lors de la production.
- Les chandelles ne nécessitent aucune opération de maintenance ; déstockées dix ans plus tard, elles génèrent la même quantité d'oxygène.
- Les chandelles ne présentent pas les dangers des réservoirs d'oxygène sous pression ; prises dans un incendie, elles génèrent leur oxygène, mais n'explorent pas.
- Sur le long terme, il ne peut y avoir fuite comme pour les bouteilles d'oxygène ; les chandelles ne peuvent en aucun cas générer leur oxygène, tant que la réaction chimique n'est pas volontairement provoquée.
- À volume d'oxygène fourni identique, les chandelles chimiques sont de l'ordre d'une fois et demies plus légères que les bouteilles d'oxygène.
- L'emploi du matériel ne nécessite pas de personnel spécialisé.
- Leur utilisation est silencieuse ; 34 - leur encombrement est minime : $1,15 \times 0,9 \times 0,65$ m pour le générateur Soprano 3000®.
- En ce qui concerne le transport, le matériel n'est pas sous pression ; il peut être transporté par voie routière ou aérienne sous réserve de respecter la réglementation pour les chandelles.

c. Inconvénients

Le poids des chandelles chimiques qui, bien qu'inférieur à celui des bouteilles d'oxygène, n'en reste pas moins conséquent. La manutention des chandelles après réaction doit être extrêmement prudente, avec le port de gants, en raison de la chaleur dégagée (jusqu'à 800°C) lors de la réaction. Le coût du mètre cube d'oxygène produit est très élevé : une chandelle au chlorate de sodium de 3000L d'oxygène coûte environ 1000 euros. Leur production est dépendante des entreprises pyrotechniques qui imposent leurs prix (1).

I.3.4. Oxygène à membranes céramique

a. Principe

Derniers-nés des récentes technologies issues des laboratoires américains, les systèmes à membranes céramiques permettent la production d'oxygène. En fait, il s'agit d'une séparation sélective de l'oxygène par électro-diffusion ou SEOS : Solid Electrolyte Oxygen Separation (1).



Figure (I - 9) : système de membranes céramiques pour SEOS. [1]

La membrane céramique utilisée comprenant trois parties est mise sous une différence de potentiel (1) :

- La cathode constituée par la couche interne ;
- L'anode constituée par la couche externe ;
- L'électrolyte composé de zircone stabilisée à l'yttrium située entre la couche interne et la couche externe.

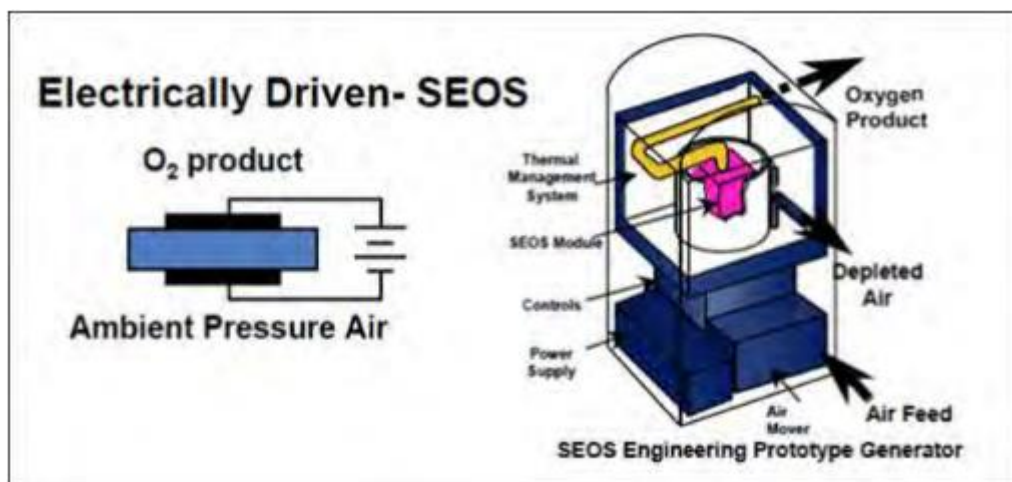


Figure (I - 10) : Schéma du SEOS. [1]

Pour une température de fonctionnement de 700 à 800°C, l'oxygène de l'air produit deux anions O²⁻ qui passent à travers l'électrolyte grâce à un transport par lacune et arrivent au niveau de l'anode où les quatre électrons sont libérés et la molécule d'oxygène reconstituée (1).

b. Avantages

L'intérêt de cette technique est la très grande pureté du gaz produit supérieure à 99,99%, ce qui la rend très intéressante pour l'usage médical (1).

c. Inconvénients

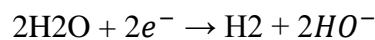
Des inconvénients importants sont à noter : la nécessité de chauffer la céramique à très haute température, d'où une forte consommation en énergie électrique et des problèmes liés à la sécurité d'emploi, un débit produit qui reste très faible au regard de la taille des membranes céramiques, une technologie issue de laboratoires qui demande à mûrir en termes de rentabilité industrielle et économique (1).

1.3.5. Oxygène par électrolyse

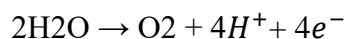
a. Principe

La production d'oxygène peut également être effectuée par électrolyse de l'eau. Ce procédé est souvent utilisé dans les sous-marins depuis la première Guerre Mondiale.

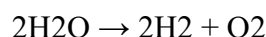
Un courant électrique dissocie la molécule d'eau (soit H₂O) en ions hydroxyde (HO⁻) et hydrogène (H⁺) : dans la cellule électrolytique, les ions hydrogène acceptent des électrons à la cathode dans une réaction d'oxydation en formant du dihydrogène gazeux (soit H₂), selon la réaction de réduction (1) :



Alors qu'une oxydation des ions hydroxyde - qui perdent des électrons donc - se produit à l'anode afin de "fermer" le circuit électrique (équilibre de la réaction chimique en charge) :



Ce qui donne l'équation de décomposition par électrolyse suivante :



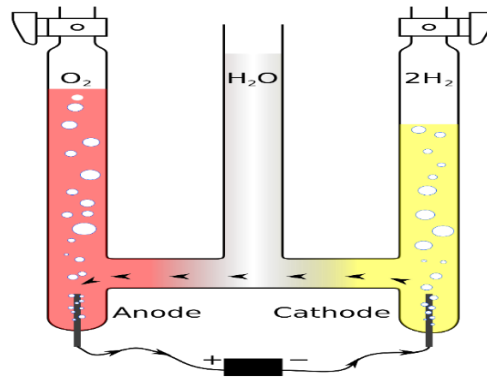


Figure (I - 11) : schéma de la réaction d'électrolyse. [1]

L'eau pure conduit peu l'électricité, ce qui conduit à l'emploi d'un additif hydrosoluble, un électrolyte, dans la cellule d'électrolyse pour « fermer » le circuit électrique, c'est-à-dire faire en sorte que les potentiels chimiques en jeu permettent la réaction chimique. L'électrolyte se dissout et se dissocie en cations et anions qui peuvent « porter » le courant. Le sel marin, soit du chlorure de sodium, joue naturellement ce rôle dans les électrolyseurs des sous-marins ; d'autres électrolyseurs ont été créés pour l'industrie (1).



Figure (I - 12) : électrolyseur de sous-marin américain. [1]



Figure (I - 13) : électrolyseurs - MCPHY (ITALIEN).

Ainsi, 3,3L d'eau produisent 2000L d'oxygène entre 2 et 4 bars. Dans les sous-marins, l'oxygène produit suffit juste à compenser la consommation en oxygène de l'équipage (environ 5% d'oxygène sur les 21% présents dans l'air ambiant). Le dioxyde de carbone libéré par les personnels est absorbé par des filtres de chaux sodée. L'hydrogène produit par l'électrolyse est stocké dans des cuves qui sont vidées lorsque le sous-marin se trouve en zone de sécurité (1).

b. Avantages

Ce procédé est simple de mise en œuvre, adapté aux espaces confinés. L'oxygène produit est très pur.

c. Inconvénients

Ce système reste dépendant d'une source d'électricité et nécessite une association à un surpresseur d'oxygène puissant afin d'obtenir un débit d'oxygène et une pression suffisante pour une utilisation médicale sur un théâtre opérationnel.

L'électrolyse est grande consommatrice d'eau qui n'est pas toujours présente en quantité suffisante dans les milieux d'utilisations (1).

I.3.6. Oxygène produit par tamis moléculaire : concentrateur d'oxygène

a. Principe

Les concentrateurs d'oxygène permettent la séparation des différents gaz constituant l'air.

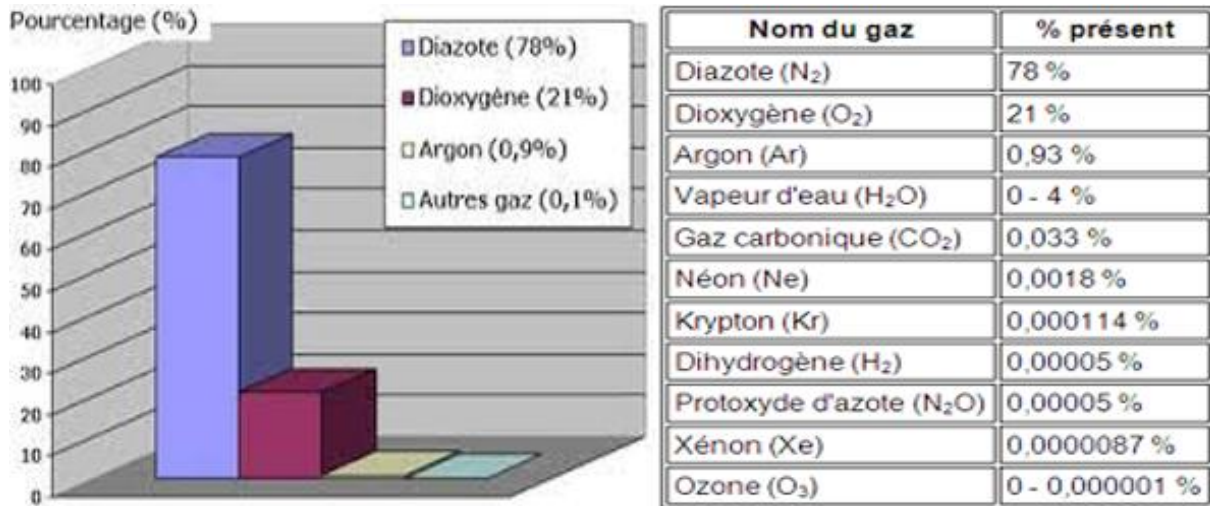


Figure (I - 14) : principaux gaz constituant l'air qui nous entoure. [1]

Le principe utilisé est la séparation chromatographique des constituants de l'air si une certaine quantité d'air est introduite à l'entrée d'une colonne de chromatographie, les différents constituants apparaissent séquentiellement à la sortie de la colonne (1).

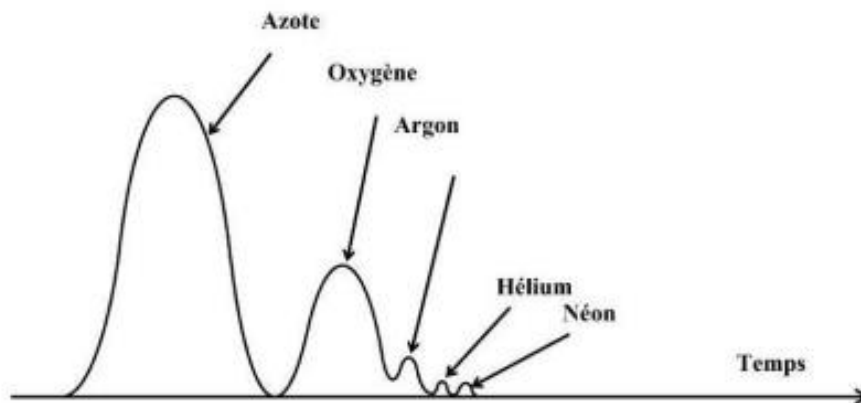


Figure (I - 15) : Colonne de chromatographie. [1]

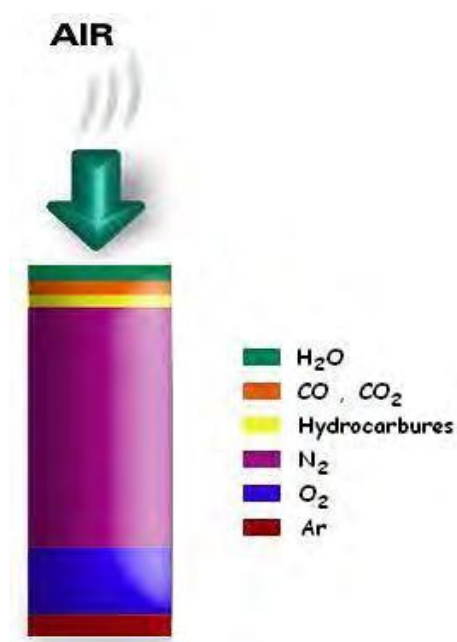


Figure (I - 16) : Stratification de l'air dans le tamis. [1]

Le produit actif utilisé pour les colonnes de séparation dans les concentrateurs est de la zéolite, produit naturel que l'on peut obtenir par synthèse et qui est un aluminosilicate métallique possédant une structure cristalline tridimensionnelle constituée par un assemblage de tétraèdres. Ces derniers sont formés de quatre atomes d'oxygène qui occupent les sommets et qui entourent soit un atome de silicium, soit un atome d'aluminium placé au centre.

La zéolite se présente sous forme de petites billes macroporeuses régulières à grand pouvoir d'adsorption favorisant la diffusion rapide des molécules vers la surface active des billes, d'où le terme employé de tamis moléculaire (« molecular sieve » en anglais) : en fonction de la taille des cavités, les molécules peuvent être adsorbées immédiatement, lentement ou totalement exclues. Ces cristaux poreux sont capables de piéger sélectivement certaines molécules. La zéolithe 5A piège très bien l'azote et laisse passer l'oxygène (1).



Figure (I - 17) : billes de zéolithe dans la colonne. [1]

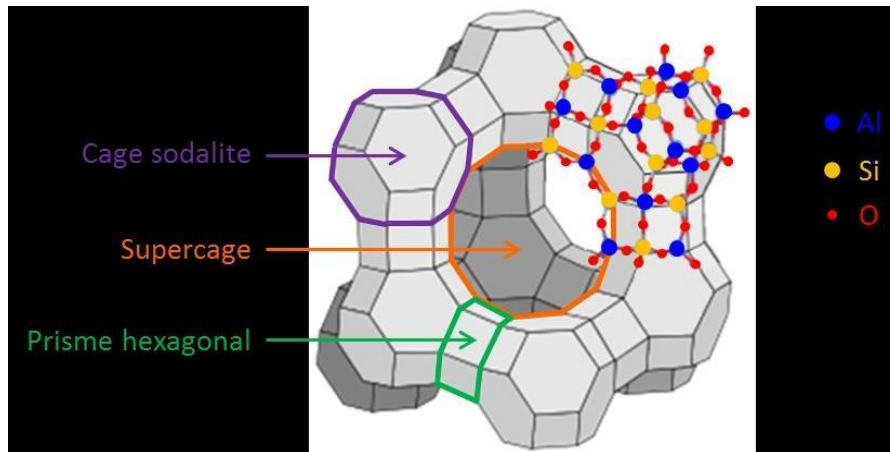


Figure (I - 18) : Schéma simplifié de la structure d'une zéolite. [1]



Figure (I - 19) : billes de zéolithe libres.

La technologie du tamis moléculaire permet de fournir un gaz appauvri en azote, donc enrichi en oxygène et argon, avec un ratio oxygène/argon identique à celui de l'air ambiant. En conséquence, le concentrateur à tamis moléculaire ne permet pas de produire de l'oxygène à teneur supérieure à 96% (1).

b. Avantages

L'oxygène extractif est disponible à la demande, sans limitation de matière première. Le prix de revient du mètre cube d'oxygène fourni est faible. L'achat du concentrateur est rentabilisé par l'utilisation de l'air ambiant comme matière première. Le concentrateur réduit le risque d'explosion puisque l'oxygène n'y est stocké qu'en partie (réservoirs de secours), surtout produit et consommé à la demande. Enfin, il n'y a pas de réglementation contraignante quant à l'utilisation et au transport, notamment aérien (1).

c. Inconvénients

Le principal inconvénient est que l'appareil nécessite une alimentation électrique pour fonctionner. Il faut également prévoir une maintenance régulière, en fonction des modèles. Une adaptation est nécessaire en fonction l'environnement climatique. Le poids et le volume sont non négligeables, ainsi que le bruit et les vibrations engendrés. La concentration en oxygène est garantie jusqu'à un certain débit maximal au-delà duquel celle-ci chute rapidement en fonction du débit demandé (1).

I.4. Domaine d'application

I.4.1. Pisciculture

Il est essentiel d'augmenter le taux d'oxygène dans l'eau pour les élevages de poissons (aquaculture) et le transport des poissons. Cela permet d'améliorer la respiration des poissons et donc d'assurer un meilleur développement et une meilleure santé de votre élevage. Ce système est particulièrement utile pour préserver son élevage lorsque la température de l'eau augmente et lorsque les poissons sont en phase de croissance. En même temps, cela évite le développement des pollutions, bactéries et nuisibles indésirables et le développement des maladies.



Figure (I - 20) : la Pisciculture.

I.4.2. Verrerie

L'oxygène est utilisé dans l'industrie du verre pour renforcer le processus de combustion. L'oxygène permet d'améliorer la performance du chalumeau, et donc d'augmenter la production, diminuer la consommation de carburant, réduire les émissions et améliorer la qualité du verre.



Figure (I - 21) : La verrerie.

I.4.3. Métallurgie

Pour la coupe et le brasage, l'oxygène pur est utilisé à la place de l'air pour augmenter la flamme et la température, ce qui permet une fusion localisée du métal de la pièce.



Figure (I - 22) : Fabrication métallurgie.

I.4.4. Pétrochimie

L'utilisation de l'oxygène dans le procédé d'oxydation en pétrochimie permet une augmentation de la capacité d'oxydation, tout en réduisant les coûts d'exploitation.

I.4.5. Vétérinaire

Les cliniques vétérinaires utilisent l'oxygène pour stabiliser les animaux pendant et après la chirurgie.

I.4.6. Traitement des eaux usées

L'utilisation d'oxygène pur accélère la dégradation des constituants organiques dans les eaux usées, empêche l'émission de H₂S dans les canalisations d'eaux usées et maximise l'efficacité des générateurs d'ozone utilisés pour le traitement des eaux usées.



Figure (I - 23) : Générateur d'oxygène pour traitement des eaux usées.

I.5. Aspects réglementaires

I.5.1. Pharmacopée oxygène médicinal

En décembre 1992, le Ministère de la Santé a demandé aux fabricants de gaz médicaux de prendre le statut d'établissement pharmaceutique et de déposer des demandes d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour des gaz commercialisés à usage thérapeutique.

Devenus spécialités pharmaceutiques, les gaz seront produits et distribués par réseau pharmaceutique, sous la responsabilité du pharmacien industriel. Celui-ci devra garantir la conformité du gaz à la Pharmacopée et le respect des « bonnes pratiques de fabrication ». L'industriel pharmaceutique est lui propriétaire et responsable du récipient qu'il contrôle.

L'oxygène est devenu un « médicament » en juin 1997. La définition de la Pharmacopée européenne précise que pour être conforme l'oxygène doit contenir au moins 99,5 % de molécules d'oxygène (1).

Les taux d'azote, de gaz rares et d'impuretés constituant la fraction restante doivent être inférieurs aux limites suivantes :

- CO₂ inférieur à 300 ml/m³
- CO inférieur à 5 ml/m³
- H₂O inférieur à 67 ml/m³

Les textes pharmaceutiques codifiés au livre V du Code de la santé publique s'appliquent désormais à l'oxygène médicinal en tant que médicament, dont la mise sur le marché est soumise à une autorisation préalable, uniquement pour l'oxygène produit par compression/distillation de l'air ambiant.

Une bouteille d'oxygène médicinal est en conséquence considérée comme un médicament (ensemble contenu/contenant) et un ensemble d'oxygénothérapie équipé d'une

bouteille d'oxygène est un dispositif médical qui doit répondre aux exigences essentielles de la directive 93/42CEE (marquage CE Médical) (1).

I.5.2. Pharmacopée oxygène +93%

L'appellation « Oxygène 93+ » est un terme générique créé par le sous-comité SC6 « Systèmes de gaz médicaux » de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Le but est d'inclure la plage de concentrations d'oxygène produites par des systèmes d'alimentation à concentrateur d'oxygène. En effet, ce dernier peut être utilisé pour délivrer de l'air enrichi en oxygène à un système de distribution de gaz médicaux en remplacement de l'oxygène médicinal.

Les concentrateurs peuvent fournir un produit gazeux contenant une concentration d'oxygène variable dans une plage spécifiée : par exemple $93 \pm 3 \%$, selon les caractéristiques de l'appareil et le débit délivré. La concentration d'oxygène fournie variera en conséquence de 90 à 96% dans des conditions de fonctionnement normales. L'oxygène 93+ produit par un système d'alimentation à concentrateur d'oxygène doit être conforme aux réglementations nationales.

En 2009, l'AFSSAPS publie des recommandations sur l'utilisation des concentrateurs d'oxygène par les établissements de santé, donc sur l'utilisation de l'oxygène 93.

Depuis le 1er avril 2011, l'oxygène 93+ doit être conforme aux spécifications suivantes (1) :

- Concentration d'oxygène minimale : 90 % en fraction volumique d'oxygène.
- Concentration de monoxyde de carbone maximale : 5 ml/m^3 .
- Concentration de dioxyde de carbone maximale : 300 ml/m^3 .
- Concentration de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote maximale : 2 ml/m^3 .
- Concentration de dioxyde de soufre maximale : 1 ml/m^3 .
- Concentration maximale d'huile : $0,1 \text{ mg/m}^3$ mesurée aux températures et pression ambiante et corrigée pour $0 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Concentration maximale de vapeur d'eau : 67 ml/m^3 .

I.6. Conclusion

L'être humain a l'état normal respire l'oxygène naturel, mais au besoin dans une situation pathologique (maladies respiratoire), il aura recours à l'oxygène industriel (artificiel), qui est sous forme des différentes sources ayant peu d'avantage par rapport aux inconvénients engendre.

C'est pour cela, nous avons pensé à conceptionner à améliorer le concentrateur d'oxygène.

CHAPITRE II :
LES CONCENTRATEURS
D'OXYGENES.

II. Les concentrateurs d'oxygènes

II.1. Introduction

Aucune des sources d'oxygène précitées ne constitue actuellement une solution idéale face à la pénurie d'oxygène. Néanmoins, la source d'oxygène qui offre le meilleur compromis pour l'hôpital de campagne est le concentrateur d'oxygène.

De plus, le concentrateur d'oxygène supprime les contraintes liées au stockage du gaz, à son transport et à la manutention des bouteilles : l'oxygène produit en flux continu par le concentrateur s'adapte aux besoins de l'établissement hospitalier de campagne. L'installation de production d'oxygène peut permettre également de produire l'air médical qui, dans la majorité des hôpitaux, est habituellement produit par une autre centrale dédiée.

II.2. Historique

Les concentrateurs d'oxygène à usage médical ont été inventés au début des années 1970. La production manufacturière de ces appareils a augmenté à la fin des années 1970.

Union Carbide Corporation (UCC) et Bendix Corporation étaient les deux premiers fabricants. Avant cette époque, l'oxygénothérapie médicale à domicile nécessitait l'utilisation de gros cylindres d'oxygène à haute pression ou de petits systèmes d'oxygène liquide cryogénique.

Ces deux systèmes de livraison nécessitaient de fréquentes visites à domicile par les fournisseurs pour reconstituer les réserves d'oxygène.

Aux États-Unis, Medicare est passé du paiement à l'acte à un taux mensuel fixe pour l'oxygénothérapie à domicile au milieu des années 1980, obligeant l'industrie du matériel médical durable (DME) à adopter rapidement les concentrateurs comme moyen de contrôler les coûts.

Ce changement de remboursement a considérablement réduit le nombre de systèmes de distribution d'oxygène liquide et à haute pression primaire utilisés dans les maisons aux États-Unis à ce moment-là.

Les concentrateurs d'oxygène sont devenus les moyens préférés et les plus courants de fournir de l'oxygène à domicile. Le nombre de fabricants entrant sur le marché des concentrateurs d'oxygène a augmenté de façon exponentielle à la suite de ce changement.

Union Carbide Corporation (UCC) a inventé un tamis moléculaire dans les années 1950 qui a rendu ces dispositifs possibles.

UCC a également inventé les premiers systèmes cryogéniques d'oxygène médical à domicile dans les années 1960.

II.2. Description

Un concentrateur d'oxygène est un dispositif électrique autonome conçu pour concentrer l'oxygène à partir de l'air ambiant. Grâce à un procédé appelé adsorption réversible sous pression, cet appareil produit un mélange gazeux qui peut être enrichi jusqu'à 95,5 % en oxygène. L'air atmosphérique est aspiré à travers un préfiltre et un filtre d'admission avant de passer dans un compresseur. L'air sous pression passe dans un échangeur de chaleur pour abaisser sa température avant d'arriver sur des tamis composés de zéolithe, une substance minérale qui adsorbe préférentiellement l'azote (N) sous forte pression. Si on réduisait la pression dans le lit de zéolithe, l'azote serait libéré. Des vannes s'ouvrent pour que l'oxygène concentré pénètre dans un réservoir où il s'accumule ; ce dernier est muni d'un débitmètre que l'on peut utiliser pour délivrer en continu une quantité déterminée d'oxygène au patient avec le débit souhaité.

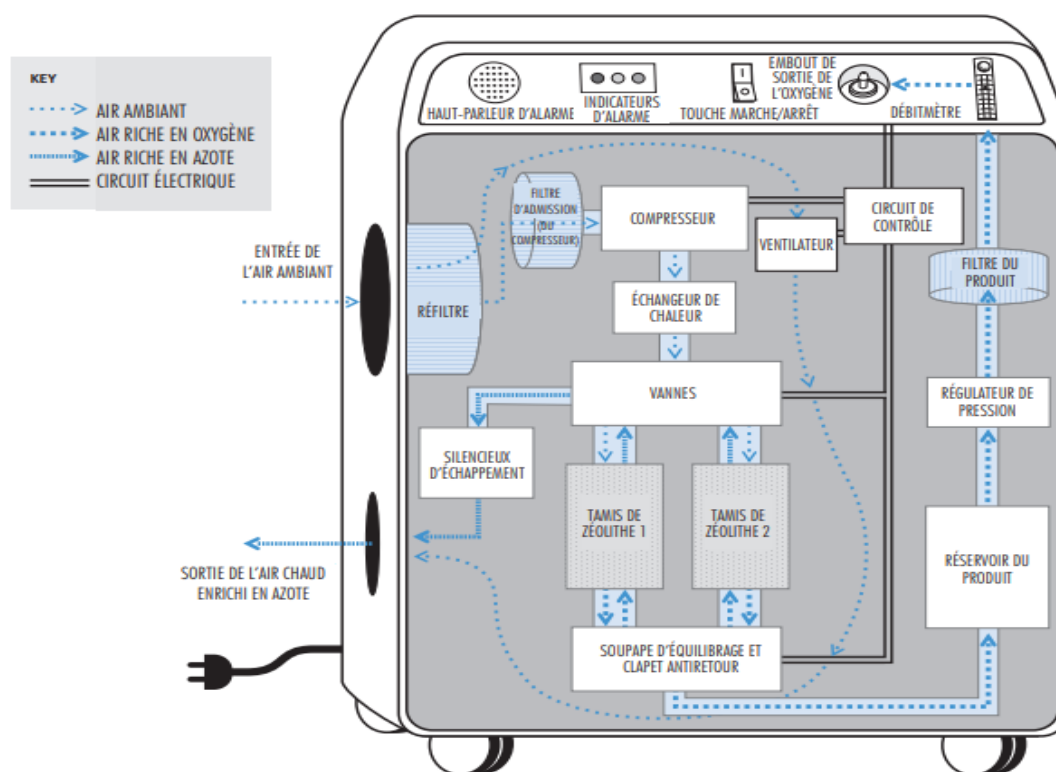


Figure (II - 1) : Schématisation d'un concentrateur d'oxygène. [2]

La figure 1 reproduit le schéma général de fonctionnement d'un concentrateur d'oxygène. Il existe en général deux modèles de concentrateur d'oxygène, un modèle portable et un modèle à poste fixe.

D'une façon générale, les concentrateurs d'oxygène portables ont un débit moins élevé (3 l/min ou moins) ; ils consomment moins que leurs homologues à poste fixe (environ 40-130 W) et sont utilisés individuellement en ambulatoire. Nombre d'entre eux sont dotés de batteries qui fonctionnent en courant continu. En raison de leur faible débit, ils ne conviennent pas un usage simultané par plusieurs patients. En outre, beaucoup de concentrateurs portables comportent un mécanisme qui permet de ne délivrer de l'oxygène que pendant l'inspiration. Ce mode de débit, dit en mode pulsé, permet d'économiser l'oxygène et les batteries. Il importe de se rendre compte que certains nourrissons ou jeunes enfants ne parviennent pas à créer, lors de leur inspiration, une dépression suffisante pour déclencher le débit d'oxygène. Il existe néanmoins d'autres modèles de concentrateurs portables qui sont capables d'assurer soit un débit continu, soit un débit intermittent.



Figure (II - 2) : Concentrateur Invacare Platinum Mobile.

La plupart des concentrateurs d'oxygène à poste fixe pèsent moins de 27 kg et sont munis de roulettes, de sorte que l'utilisateur peut les déplacer facilement. Ce sont des dispositifs autonomes, économiques qui délivrent en continu un courant d'oxygène avec un débit pouvant

aller jusqu'à 10 l/min. Il est possible d'obtenir des débits très faibles, pouvant descendre jusqu'à 0,1 l/min en se servant du débitmètre intégré ou en utilisant des accessoires supplémentaires. La plupart des concentrateurs pour établissements de soins peuvent délivrer de l'oxygène à raison d'au moins 5 l/min, ils fonctionnent sur courant alternatif et consomment environ 280-600 Watts (W) selon le modèle. En général, selon la tension et la fréquence du secteur, on pourra demander au fabricant de fournir un modèle fonctionnant sous 110-120 V et 60 Hz ou 220-240 V et 50Hz, selon la tension et la fréquence du secteur.



Figure (II - 3) : Concentrateur d'oxygène fixe Compact 525. [2]

Les concentrateurs sont conçus pour fonctionner en continu et peuvent produire de l'oxygène 24 heures sur 24, tous les jours de la semaine pendant 5 ans ou plus. Ces dispositifs peuvent être utilisés à n'importe quel niveau d'un établissement de soins à des fins d'oxygénothérapie, pour autant qu'il existe une source fiable d'électricité et que les usagers comme le personnel technique en assurent régulièrement le nettoyage et l'entretien. Bien que la plupart d'entre eux fonctionnent selon les mêmes principes, les pièces de rechange ne sont pas interchangeables entre les différents modèles. La figure 1 indique le nom et la fonction des différents composants habituels d'un concentrateur d'oxygène. En général, ils n'ont pas non

plus les mêmes interfaces utilisateur, par exemple les commandes de réglage, les voyants lumineux d'alerte et les composants à entretenir.

II.3. Principe de fonctionnement d'un concentrateur d'oxygène ATF

La conception de l'ATF (« Advanced Technology Fractionator » ou fractionnement de technologie avancée) est composée d'un barillet de 3 groupes de 4 petites colonnes de zéolithe, d'un réservoir tampon, d'une valve solénoïde à quatre voies (ou paire de pneumo vannes), d'une électrovanne d'équilibrage, du circuit de commande électronique et d'un détendeur (1).

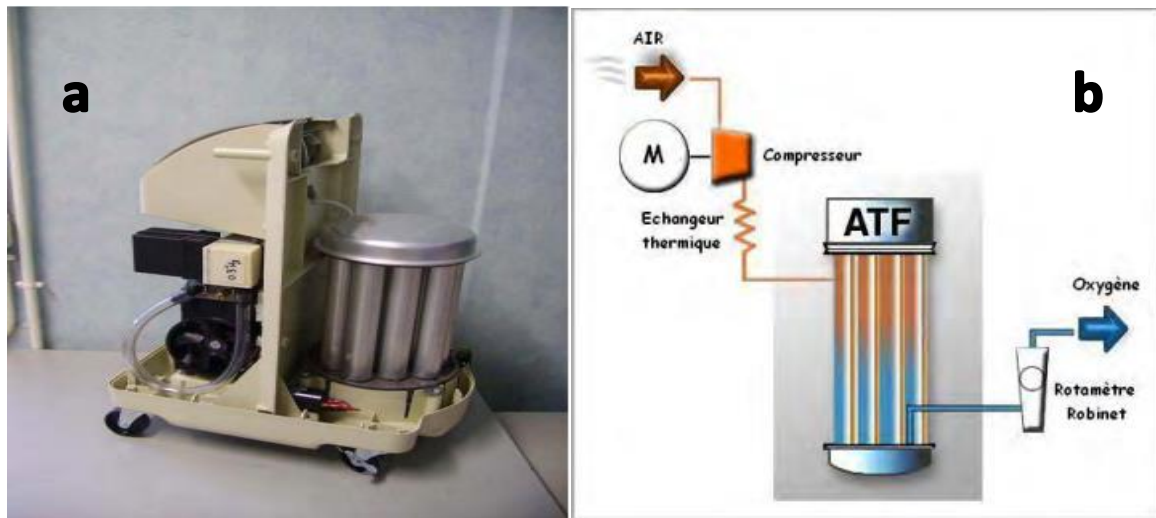


Figure (II - 4) : a/ Concentrateur d'oxygène ATF b/ Schéma d'un système ATF. [1]

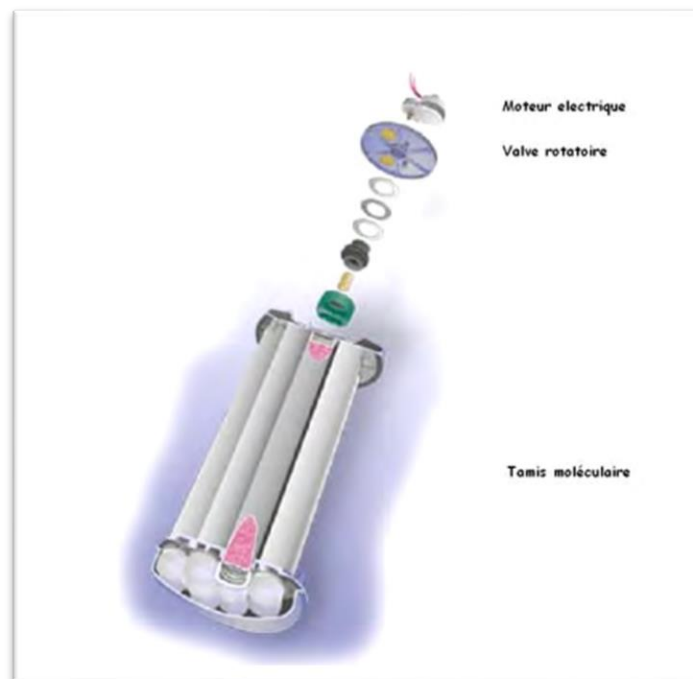


Figure (II - 5) : Décomposition du barillet du module ATF. [1]

La valve rotatoire de distribution présente dans l'ATF dirige l'écoulement d'air comprimé vers un groupe de quatre lits de tamis moléculaire à n'importe quel moment. Simultanément, cette même valve rotatoire permet à quatre autres lits de purger leur air à l'atmosphère. Les quatre lits restants sont reliés ensemble par la valve pour égaliser la pression pour la transition entre l'adsorption et la désorption. Les douze lits combinés de tamis moléculaire du dispositif d'ATF contiennent une quantité de zéolithe semblable à celle des concentrateurs conventionnels d'oxygène à deux-lits (PSA). Le tout est auto-régulé en fonction de la pression dans le réservoir d'oxygène (1).

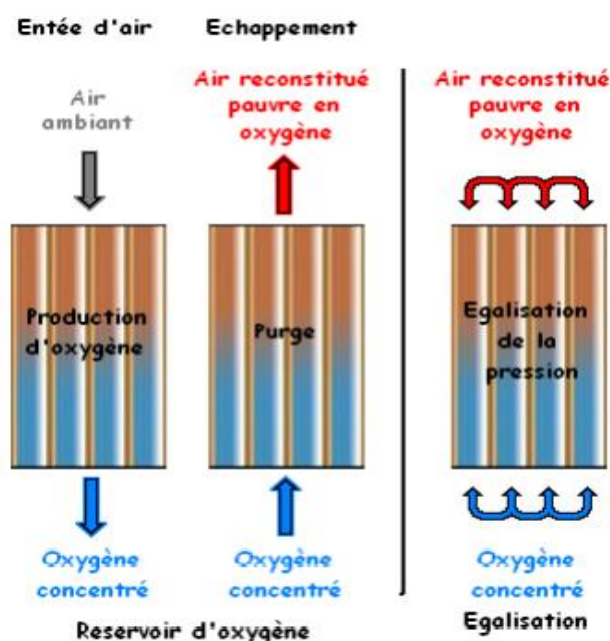


Figure (II - 6) : cycle permanent simultané des 3 groupes de 4 colonnes dans un concentrateur ATF.
[1]

II.4. Principe de fonctionnement d'un concentrateur d'oxygène PSA

La technologie PSA est le type de séparation par adsorption lié à une variation de pression (« Pressure Swing Adsorption » : adsorption par cyclage de pression).

Le fonctionnement de ces concentrateurs d'oxygène est basé sur les phénomènes d'adsorption et désorption du tamis moléculaire en fonction du cycle de pression, à une pression élevée, l'azote de l'air est piégé par le tamis moléculaire (adsorption). À une pression faible, cet azote est relâché (désorption). La désorption est favorisée par l'envoi d'un gaz appauvri en azote à contre-courant (élution)

Un compresseur aspire l'air ambiant à travers un ensemble de filtres. L'air traverse d'abord un filtre à grosses particules, puis un préfiltre, et enfin un filtre bactérien. Un silencieux

est placé à l'entrée du compresseur afin de diminuer le bruit d'aspiration. Un échangeur thermique placé à l'entrée du compresseur diminue la température de l'air comprimé, afin d'augmenter la densité de ce dernier, et d'obtenir ainsi un meilleur rendement (20). Le compresseur augmente la pression atmosphérique entre 2 à 3 bars. L'air comprimé est alors dirigé vers le lit de l'un des deux tamis moléculaires par un système de vanne. Ici, l'azote de l'air est absorbé. Les flux d'air sont dirigés par une valve de solénoïde à quatre voies commandées par un circuit électronique ou par des paires de pneumo vanes actionnées par une électrovanne pilote (19).

L'oxygène concentré sort du tamis moléculaire. Cet écoulement de l'oxygène est coupé en deux flux. Le flux le plus petit est conduit dans le réservoir d'oxygène. Le plus important flux d'oxygène concentré est redirigé vers un autre orifice réduisant la pression puis traverse le lit du second tamis moléculaire pour le purger. Le mélange gazeux (air reconstitué) est alors évacué à l'extérieur (20).

Le cycle décrit ci-dessus se reproduit toutes les cinq à vingt secondes, ainsi chaque lit de tamis moléculaire est alternativement adsorbant puis purger. Quand les cycles sont renversés, l'électrovanne d'équilibrage est momentanément ouverte pour égaliser les pressions entre les deux tamis. Un réservoir en aval des tamis stocke l'air enrichi. Cet air, régulé en pression, traverse un débitmètre et un filtre bactérien avant d'être distribué au malade (20).

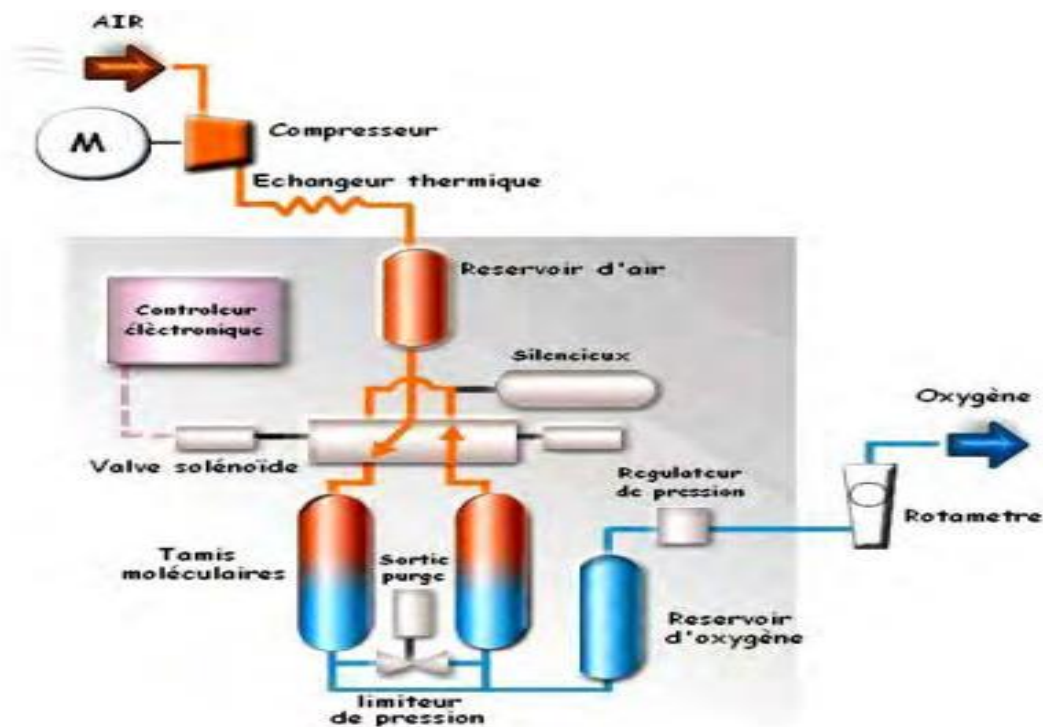


Figure (II - 7) : Schéma d'un système PSA. [1]

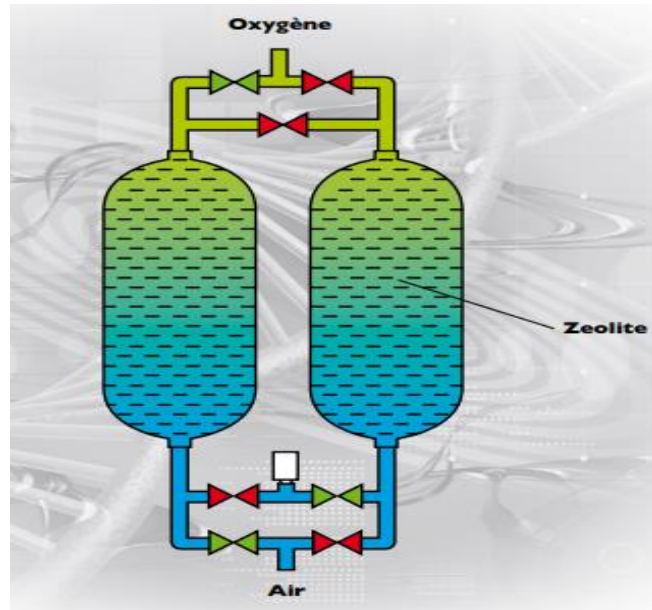


Figure (II - 8) : Lits de tamis moléculaires. [1]

II.5. Avantages et inconvénients des concentrateur d'oxygène

Avantages :

- C'est une source permanente d'oxygène à domicile.
- L'utilisation en est facile. Il n'y a que le débit à régler.
- L'encombrement est moindre qu'avec les bouteilles d'oxygène gazeux.
- Le déplacement est facile à l'intérieur de l'appartement grâce aux roulettes dont est muni l'appareil.
- Le concentrateur libère des contraintes de livraison des bouteilles et de leur stockage.
- Son coût de fonctionnement est bien moindre que celui des bouteilles d'oxygène. Une participation forfaitaire pour le surcoût de la consommation électrique vous sera versée par votre prestataire de santé.

Inconvénients :

- Ils sont encore bruyants. Toutefois, il est possible de les éloigner et de les mettre dans une pièce voisine en utilisant un tuyau de 10 à 15 m pour raccorder ses lunettes à oxygène.
- Ils nécessitent une alimentation électrique capable de fournir au moins 300 Watts à leur compresseur.
- La plupart des appareils sont limités au débit de 5 l/min mais certains peuvent fournir un débit supérieur, jusqu'à 10 l/min.

II.6. Les composants habituels d'un concentrateur d'oxygène et leur fonction

II.6.1. Boîtier

Caisson, Enceinte, capot, sont des autres appellations du boîtier du concentrateur, ils sont conçus pour renferme les composants internes du concentrateur.

II.6.2. Filtre d'admission du compresseur

Le filtre de protection du compresseur, Filtre les particules fines pour protéger le compresseur et/ou les vannes.



Figure (II - 9) : Filtre à air d'admission.

II.6.3. Compresseur OLF1500AF

Comprime et fait circuler l'air dans le dispositif.



Figure (II - 10) : Compresseur modèle OLF1500AF.

II.6.4. Ventilateur

Le Ventilateur de refroidissement, facilite la circulation de l'air dans le caisson et refroidit le compresseur.



Figure (II - 11) : Ventilateur.

II.6.5. Échangeur de chaleur

Échangeur thermique, serpentin ou bien condenseur d'air dissipe la chaleur engendrée par la compression du gaz



Figure (II - 12) : Condenseur d'air.

II.6.6. Circuit de contrôle

Circuit imprimé, carte électronique analyse l'état du système et contrôle les vannes et le compresseur.



Figure (II - 13) : Circuit imprimé électronique.

II.6.7. Electrovannes

Assurent la régulation du flux d'air vers les tamis ou le dispositif d'échappement.



Figure (II - 14) : Electrovanne.

II.6.8. Tamis moléculaire

Tamis moléculaire sur colonne, zéolithe sépare les gaz de l'air lors de son passage au travers du tamis.



Figure (II - 15) : Tamis moléculaire.

II.6.9. Réservoir d'oxygène

Réservoir d'accumulation, réservoir de mélange accumule l'oxygène concentré de manière à assurer un courant stable et permanent.

II.6.10. Débitmètre

Sélecteur de flux, permet de régler le débit du gaz.



Figure (II - 16) : Manomètre d'oxygène.

II.6.11. Barboteur

Humidificateur, Humidificateur à bulles, humidifie le gaz avant que le patient l'inhale.



Figure (II - 17) : Humidificateur.

II.6.12. Moniteur d'oxygène

Alarme de faible concentration en oxygène, indicateur de la concentration en oxygène, moniteur d'oxygène, déclenche une alarme lorsque la concentration en oxygène descend en dessous du niveau fixé.



Figure (II - 18) : Moniteur d'oxygène.

II.7. Conclusion

Les concentrateurs peuvent fournir un produit gazeux contenant une concentration d'oxygène variable dans une plage spécifiée : par exemple $93 \pm 3 \%$, selon les caractéristiques de l'appareil et le débit délivré. La concentration d'oxygène fournie variera en conséquence de 90 à 96% dans des conditions de fonctionnement normales. L'oxygène 93+ produit par un système d'alimentation à concentrateur d'oxygène doit être conforme aux réglementations nationales

CHAPITRE III :
RASSEMBLEMENT DES COMPOSANTS
CONSTITUANT LE CONCENTRATEUR
D'OXYGENE.

III. Rassemblement des composants constituant le concentrateur d'oxygène.

III. 1. Les différents composants du concentrateur d'oxygène

III.1.1. Le compresseur OLF1500AF

Après une longue recherche par ci par là, enfin nous l'avons acheté auprès d'un fournisseur spécialisé dans la matière à EL-HAMIZ ROUIBA.

Le prix de revient est de 23000,00DA.

Nous avons opté pour le modèle OLF1500AF à piston 1500w, 1.5 HP, AC 220 v, sans huile.



Figure (III - 1) : Le compresseur 1500 Watt 1.5 HP modèle OLF1500AF.

III.1.2. La Zéolite (tamis moléculaire)

a. Définition

Un tamis moléculaire est un minéral à base de silice ayant une structure cristalline tridimensionnelle présentant des cavités et des canaux dont les surfaces peuvent adsorber les

CHAPITRE III : RASSEMBLEMENT DES COMPOSANTS CONSTITUANT LE CONCENTRATEUR D'OXYGENE.

petites molécules. C'est un solide poreux qui a la propriété d'agir comme un tamis à l'échelle moléculaire. Il s'agit d'une classe d'adsorbant qui a la capacité de retenir certaines molécules à l'intérieur de ses pores. Dans l'idéal, il possède des pores de petite taille distribués de manière homogène. Il a de ce fait une grande surface spécifique.

b. Provenance

Après des recherches individuelles, nous étions orientés auprès de LIND GAS REGHAIA, cette dernière nous a exigé des documents nécessaires certifiant notre projet auprès de notre faculté qui reste en instance pour le moment ; espérant que nous atteindrons notre objectif pour finaliser notre projet.



Figure (III - 2) : La zéolite 13X HP.

III.1.3. Le capteur d'oxygène

Après une longue recherche, le produit est indisponible dans notre pays, nous avons fait recours à la famille résidente en France qui nous a aidé pour l'obtention de ce composant avec un prix totale de 40€, environs 8720,00DA.



Figure (III - 3) : Le capteur O2.



Figure (III - 4) : Le capteur O2.

III.1.4. L'afficheur

Plusieurs choix nous ont été proposé ; nous avons opté d'acheter un afficheur LCD 2004_I2C localement à Tizi-Ouzou (Tizi-Tronic BASTOS) avec une valeur de 1920,00DA.



Figure (III - 5) : L'afficheur LCD 2004_I2C.



Figure (III - 6) : L'afficheur LCD 2004_I2C.

III.1.5. Les silents blocs du compresseur :

a. Définition

Matériel nécessaire pour dissiper les vibrations et diminuer les bruits émis par le compresseur.

b. Provenance

Acheter au niveau d'une pièces détachés agricole a Draa-EL-Mizan, avec une somme de 1000,00DA pour les quatre.



Figure (III - 7) : Les support du compresseur.

III.1.6. Le circuit de contrôle

a. Définition

Un circuit électronique est un ensemble de composants électroniques interconnectés sur un circuit imprimé dans le but de remplir une fonction. C'est pour cela qu'un circuit électronique est souvent considéré comme une boîte noire avec :

- Une alimentation
- Des paramètres d'entrées
- Une ou plusieurs sorties

b. Provenance

Composant acheter chez Tizi-Tronic BASTOS TIZI-OUZOU, au prix de 1600,00DA.

Nous avons opté pour une carte STM32 pour son prix abordable et adapter a notre machine.

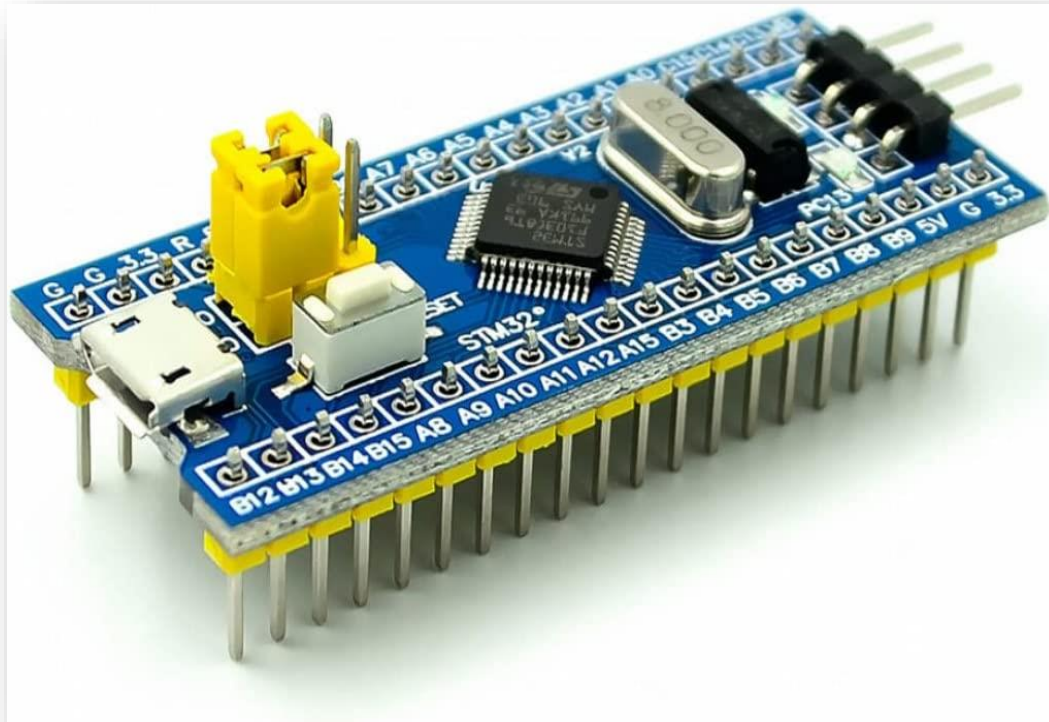


Figure (III - 8) : Le circuit électronique imprimé (STM32).

III.1.7. Le condenseur d'air

a. Définition

Le condenseur est conçu pour refroidir, fonctionnant sur le principe du radiateur de refroidissement, il est composé d'un réseau d'ailettes dans lequel va circuler l'air chauffer a cause de la compression du compresseur pour être refroidi grâce u ventilateur et aux ailettes.

b. Provenance

Après avoir acheter un tube en cuivre recuit de 3/8 (10mm) a 3 mètres de long avec 2340,00DA, conçu à la maison.

Ces ailettes ont été conçus au niveau de la SARL Rafnou Metal Baraki Alger (La tôle au prix de 3900DA, la fabrication assure par nous même avec l'aide d'un technicien exerçant dans la société.

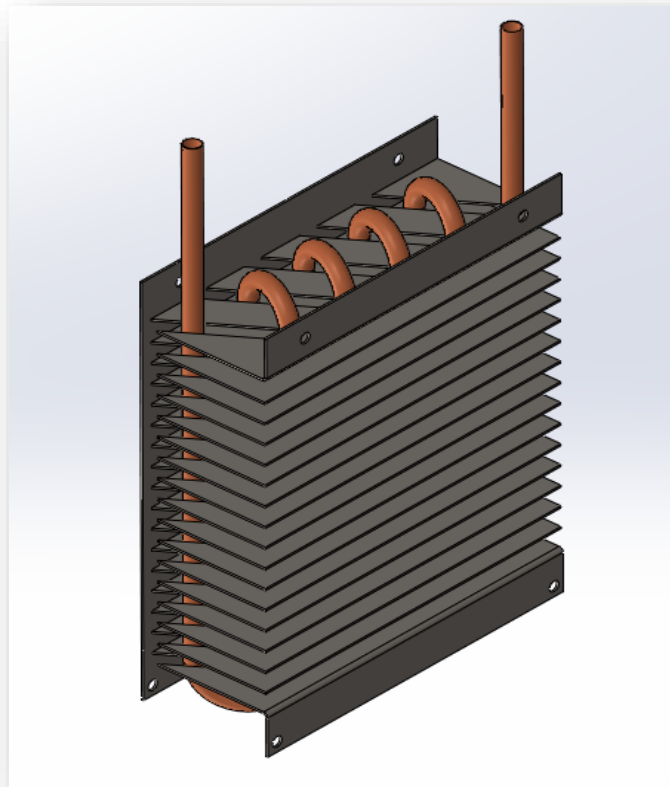


Figure (III - 9) : Le condenseur d'air.

III.1.8. Les ventilateurs

Produit acheter à Tizi-Ouzou au sein d'une pièce détachée électroménagère au prix de 2700,00DA pour les trois unités.



Figure (III - 10) : Le ventilateur.

III.1.9. Les électrovannes

a. Définition

Vanne actionnée par un électroaimant et permettant d'agir sur le débit d'un fluide à l'intérieur d'un circuit.

b. Provenance

Composant acheté auprès de Tizi-Tronic avec une somme de 1700,00DA l'unité, nous avons acheté six (06) unités.



Figure (III - 11) : L'électrovanne GSPU-04.

III.1.10. Le réservoir d'oxygène

Produit en voie de fabrication, détails à joindre ultérieurement...

III.1.11. Le barbotteur d'oxygène

Produit acheté à ESPACE DU CONFORT MEDICAL 20 rue Boirie Kouba Alger, après une annonce trouver sur OuedKniss avec un prix de 1600,00DA.

III.1.12. Manomètre d'oxygène

Produit acheter à ESPACE DU CONFORT MEDICAL 20 rue Boirie Kouba Alger, après une annonce trouver sur OuedKniss avec un prix de 7000,00DA.



Figure (III - 12) : L'humidificateur et le manomètre d'oxygène.

III.1.13. Pressostat

Composant acheter auprès de Tizi-Tronic avec une somme de 1700,00DA.

III.2. Conclusion

Après avoir rassembler toutes les pièces nécessaires pour réaliser l'appareil qui est le concentrateur d'oxygène nous avons dépense une somme totale d'environ 70 000DA.

CHAPITRE IV :
GESTION DU PROJET.

IV. GESTION DU PROJET

IV.1. Introduction

Afin de former un projet professionnel dans le domaine de la conception mécanique, le passage de la phase (gestion) constitue un pilier important pour que le schéma final prenne son sens.

La maîtrise en gestion de projet prépare les professionnels à gérer des projets, de sa propre conception à sa réalisation, quels que soient la nature, la portée ou le domaine d'application du projet. Qu'on soit entrepreneur, manager, chef de projet, propriétaire d'une grande entreprise, ingénieur... la notion de gestion de projet est essentielle. Parce que nous avons tous un projet à exécuter. Quelle que soit son objectif et son volume, son succès dépendra de la façon dont nous le dirigerons.

La parole est ainsi sujette automatiquement sur les méthodes et pratiques de gestion de projet à adopter, nous devons tenir compte du caractère unique de chaque projet. Le contexte détermine la manière dont le projet est géré et donc la manière dont les techniques, méthodes et outils de gestion de projet sont appliqués, notamment la communication interne par exemple. En d'autres termes : l'agilité est notre meilleure alliée.

En reportant notre attention principale sur la gestion de projet en particulier dans le domaine de la conception mécanique, nous pouvons distinguer certaines particularités. Il est très important dès le début de la conception de notre innovation d'avoir une vision claire et précise sur le déroulement de toutes les étapes à suivre afin d'assurer la qualité de notre enjeu final ainsi que la gestion des moindres coûts et des délais qui sont primordial.

IV.2. Définition d'un projet

Le projet est un processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin dans une organisation quelconque ou pour un particulier dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques incluant des contraintes diverses.

C'est un effort temporairement exercé dans le but de l'innovation et de l'atteinte d'une finalité.

IV.3. La notion de gestion

La gestion est une science qui s'intéresse aux techniques de mise en œuvre des ressources de l'entreprise en vue d'atteindre des objectifs fixés au préalable (chiffre d'affaires, part de marché...) et ce, dans le cadre d'une politique déterminée.

La gestion est enseignée à la faculté des sciences économiques et s'intéresse aux organisations et aux projets tandis que la science économique elle s'intéresse au pays tout entier.

C'est aussi un art qui permet de répondre à la question : comment marche une organisation, institutions, conclure un projet...

Elle consiste à planifier, organiser, diriger et contrôler l'entreprise pour assurer son développement et sa pérennité. Elle correspond à la mise en œuvre des ressources pour assurer la mise en marche d'un projet quelconque son domaine. C'est pour cela qu'elle est souvent assimilée au management.

IV.4. Un projet dans le domaine de la conception mécanique

En conception mécanique, la priorité et la lumière est rivé particulièrement sur un acteur, le chef de projet responsable de l'envers entier du cycle mécanique. Non seulement il est chargé de la conception mais aussi de la définition des composants des ensembles propulsifs.

Un chef de projet ou autrement dit l'ingénieur constitue et encadre une équipe qui le poursuit tout au long du déroulement de la conception en établissant avec leurs aides et leurs avis des solutions techniques optimales en termes de qualité, couts, délais et performances.

Il suit différentes étapes du protocole :

- Calculs
- Prototypes
- Essais
- Veille à la bonne coordination des sous-traitants

La conception mécanique a pour but premier de créer un système ou une innovation qui répond à un besoin tout en gardant un œil attentif sur les contraintes. L'ingénieur doit donc aimer travailler dans les bureaux d'études avec une équipe. Il doit être passionné par son activité et ne pas avoir peur de gérer plusieurs activités en même temps car le système crée doit être développé minutieusement afin de pouvoir l'installer et ainsi qu'il soit fonctionnel.

IV.5. La gestion de projet

La gestion de projet est le mode de réalisation d'un projet, où l'application des techniques de gestion pendant le cycle de vie du projet permet d'atteindre des objectifs précis.

D'après la définition de l'AFNOR, La gestion de projet couvre l'ensemble des outils, techniques et méthodes qui permettent au chef de projet et à l'équipe plus ou moins nombreuse, qui lui est directement associée, de conduire, coordonner et harmoniser les diverses tâches exécutées dans le cadre du projet, afin qu'il satisfasse aux besoins explicites et implicites pour lesquels il a été entrepris.

IV.6. L'utilité de faire une gestion de projet

La gestion de projet vise à organiser, dans son intégralité, le bon déroulement du projet. Elle fait appel à des techniques d'organisation pendant le cycle de vie de celui-ci dans l'unique but d'atteindre les objectifs fixés au départ.

IV.7. Création d'un planning prévisionnel de Gantt

IV.7.1. Définition du diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un graphique à barres horizontales qui sert à illustrer l'avancement du projet et de ses tâches. Cet outil de planification donne à votre équipe le moyen de visualiser clairement le déroulement du projet, de suivre les jalons et de bien identifier les délais à respecter pour les différentes tâches à réaliser.

Chaque barre horizontale correspond à une tâche ou étape du processus et sa longueur représente le temps alloué à sa réalisation. Plus généralement, le diagramme de Gantt permet de donner aux chefs de projet et aux équipes une vue d'ensemble claire du travail à accomplir, des responsables et des échéances à respecter.

Le diagramme de Gantt comprend généralement les éléments suivants :

- L'échéance et la durée de chaque tâche
- La liste des tâches
- Les responsables des tâches
- Les jalons

La plupart des diagrammes de Gantt offrent également un contexte supplémentaire sur la façon dont les tâches du projet sont liées les unes aux autres, sur les personnes à qui elles sont attribuées et sur les échéances et étapes importantes à venir.

Le diagramme de Gantt dynamique offre aux membres de votre équipe un aperçu de leurs responsabilités et de l'importance de leur travail dans la réalisation du projet dans son ensemble.

IV.7.2. L'utilité du diagramme de Gantt

Bien que le diagramme de Gantt puisse être réalisé pour bon nombre de projets et programmes, il est tout de même utile de comprendre à quoi il est généralement destiné et pourquoi :

Créer et gérer des projets complexes

Plus un projet est important, plus il y a de tâches à gérer. Réaliser un diagramme de Gantt peut alors aider les chefs de projet à visualiser facilement les étapes à accomplir et à les décomposer en tâches plus petites.

a. Contrôler les dépendances des tâches

Il ne faut jamais dire jamais. Les retards, ça arrive ! Pour éviter qu'ils ne sèment la pagaille, les diagrammes de Gantt aident les chefs de projet à automatiser les dépendances des tâches, ce qui garantit que la phase ou la tâche suivante ne commence pas avant que la précédente ne soit terminée.

b. Suivre l'évolution du projet

Les diagrammes de Gantt vous permettent de suivre votre progression et les différents jalons, facilitant ainsi l'ajustement de votre plan de projet si nécessaire.

IV.7.3. Le diagramme de Gantt de notre projet

a. La liste des activités du projet

Pour mener à bien ce projet nous avons organisé nos activités et nos recherches dans un certain ordre pour le bon avancement de la situation en vue de le réaliser dans les délais.

Nous avons créé ce planning en suivant les tâches suivantes :

- Tache A : Partie théorique (appréhension et maîtrise des technologies), rédaction de deux chapitres dans un délai de 21 jours.

- Tache B : Créer un plan de gestion de projet, ce dernier dans un délai de 7 jours.
- Tache C : Rassembler les composants prêts dans le marcher qui constitueront le concentrateur d’oxygène, dans un délai de 31 jours.
- Tache D : La CAO (La conception du concentrateur d’oxygène avec le logiciel SolidWorks), dans un délai de 15 jours.
- Tache E : La fabrication et l’usinage de la conception dans un délai de 7 jours.
- Tache F : La réalisation et la rédaction de quatre (04) chapitres comportant les taches B, C, D, E et F, dans un délai de 21 jours.

b. Estimation de la durée des taches

Nous avons classe l’estimations de la durée des taches de notre projets dans ce tableau ci-dessous :

Tache	Date de début	Durée	Date de fin
Partie theorique	07/06/2022	21 jour(s)	05/07/2022
Gestion de projet	06/07/2022	7 jour(s)	14/07/2022
Rassemblement des composants	15/07/2022	31 jour(s)	26/08/2022
La CAO	29/08/2022	15 jour(s)	16/09/2022
Fabrication et usinage	19/09/2022	7 jour(s)	27/09/2022
Realisation et redaction	28/09/2022	21 jour(s)	26/10/2022

Tableau (IV - 1) : La durée des taches du projet.

c. Identification des indépendances entre les taches

Le tableau ci-dessous démontre l’indépendances entre chaque tache :

La tache	La tache antérieur
A	—
B	A, B
C	A, B, C

D	A, C, D
E	A, C, D, E
F	A, B, C, D, E, F

Tableau (IV - 2) : l'indépendance des taches du projet.

d. Création du planning de GANTT

Nous avons créé un planning de GANTT avec l'EXCEL, comme le montre la figure ci-dessous :

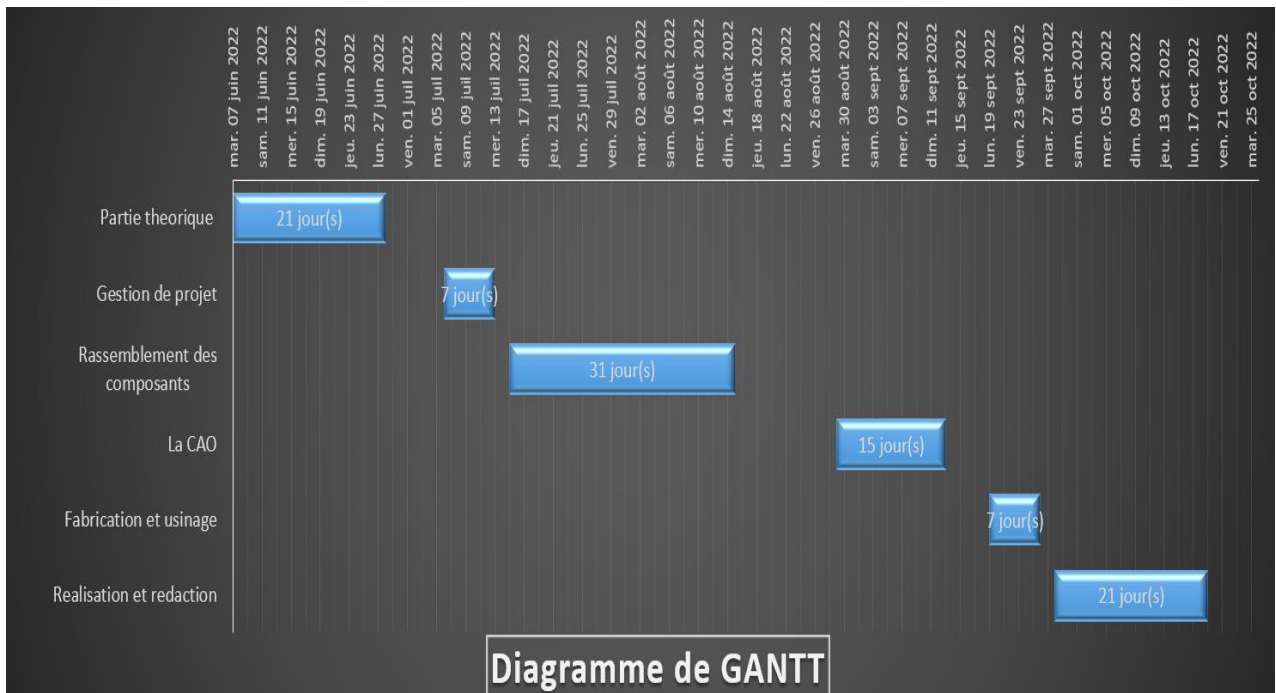


Figure (IV - 1) : Le diagramme de GANTT de notre projet de conception.

IV.8. Création du diagramme FAST

IV.8.1. Définition du diagramme FAST (Function Analysis System Technique)

Un diagramme FAST présente une traduction rigoureuse de chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) constructive(s).

Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans une logique du pourquoi au comment. Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit.

Le diagramme FAST constitue alors un ensemble de données essentielles permettant d'avoir une bonne connaissance d'un produit complexe et ainsi de pouvoir améliorer la solution proposée.

IV.8.2. Les deux types de fonctions

a. Fonction de service

Les fonctions de service constituent une relation entre le système et le milieu extérieur, elles traduisent l'action attendue ou réalisée par le produit pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné. Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin. Dans une étude donnée, leur énumération et leur formulation qualitative et quantitative résultent de l'analyse du besoin à satisfaire et le décrivent d'une manière nécessaire et suffisante.

Il existe deux types de fonctions de service :

- Les fonctions principales, correspondant au service rendu par le système pour répondre aux besoins.
- Les fonctions contraintes, traduisant des réactions, des résistances ou des adaptations à des éléments du milieu extérieur.

b. Fonction technique

Les fonctions techniques sont internes au produit, elles sont choisies par le constructeur dans le cadre d'une solution, pour assurer une fonction de service.

IV.8.3. Schématisation du diagramme

Voici l'exemple type du diagramme :

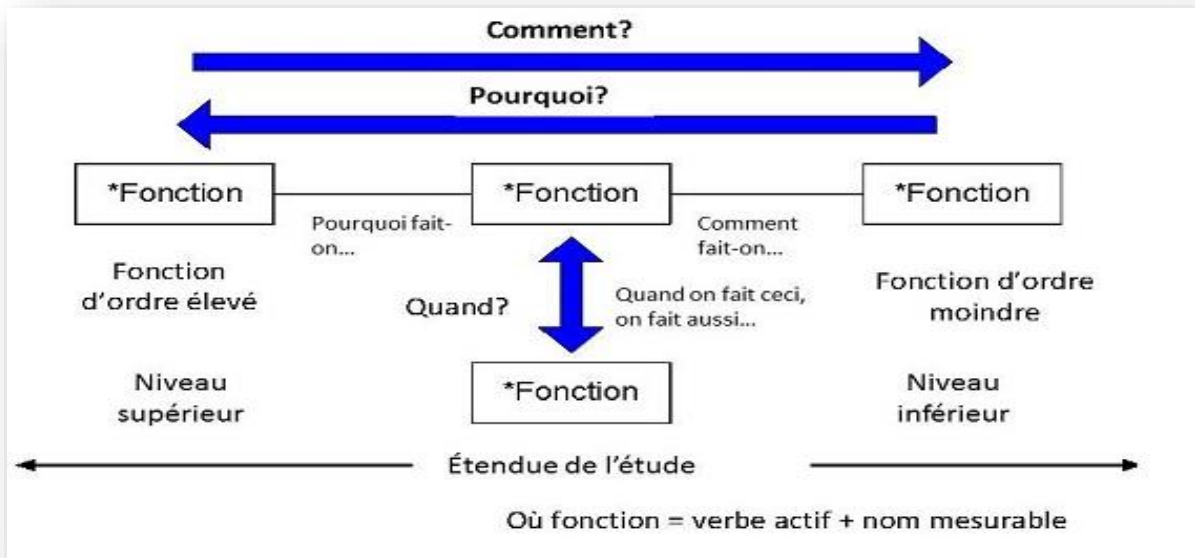


Figure (IV - 2) : Schéma du diagramme FAST.

IV.8.4. Bénéfices de la méthode FAST

La création d'un diagramme FAST est un processus de réflexion créatif qui fortifie la communication entre les membres de l'équipe.

La création d'un diagramme FAST aide les équipes à :

- Développer une compréhension commune du projet.
- Déterminer les fonctions omises.
- Définir, simplifier et clarifier le problème.
- Organiser et comprendre les relations entre les fonctions.
- Déterminer la fonction de base du projet, du processus ou du produit.
- Améliorer la communication et le consensus.
- Stimuler la créativité.

IV.8.5. Le diagramme de FAST de notre projet

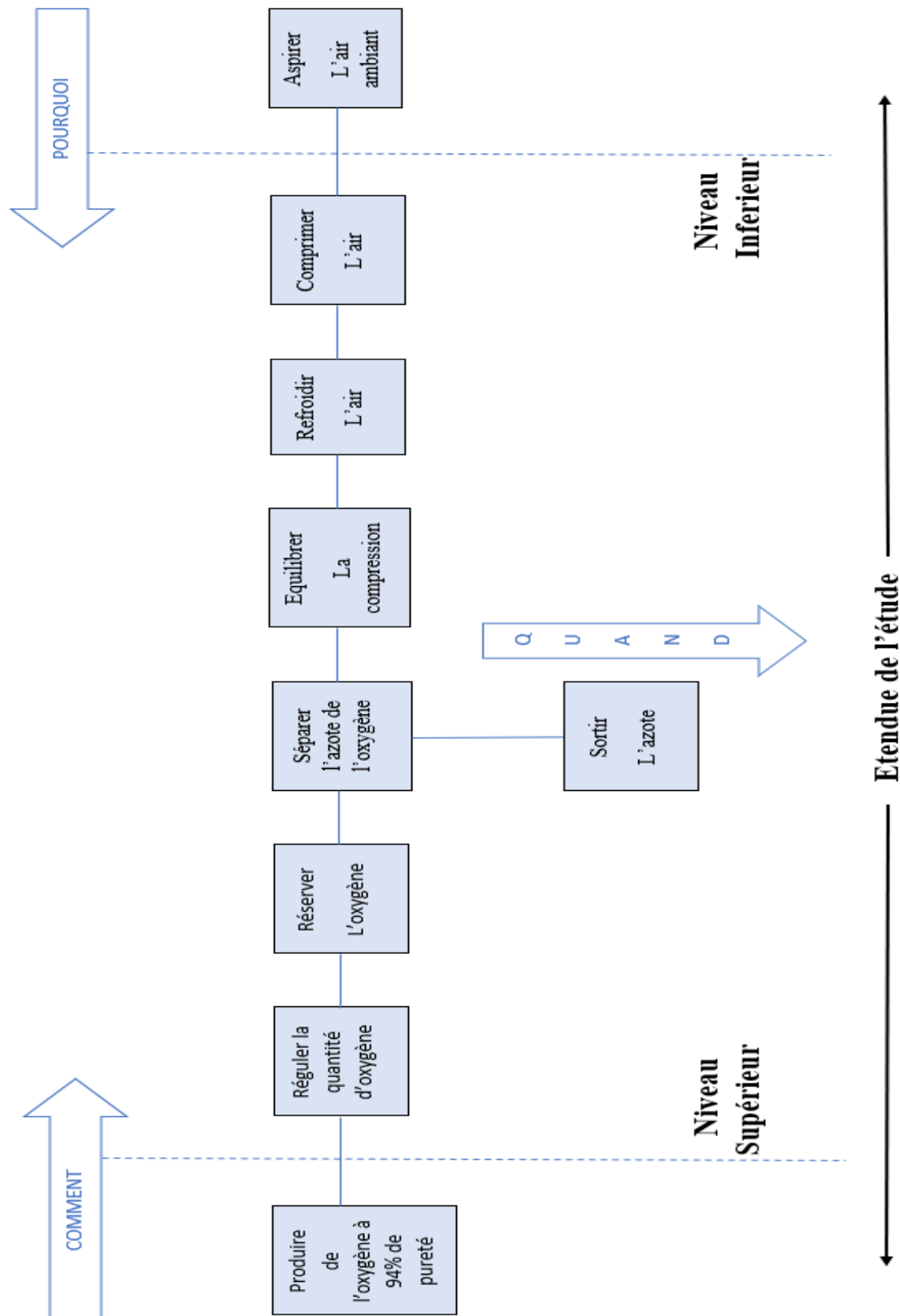


Figure (IV - 3) : Le diagramme FAST du concentrateur d'oxygène.

IV.9. Conclusion

La recherche scientifique est un domaine très vaste, nécessitant beaucoup d'énergie, volonté, temps et motivation, donc pour créer, innover ou améliorer, il va falloir réunir tous les atouts pour réussir son projet professionnel tels que connaissance, savoir gérer le temps et le cout de la réalisation.

Le succès scientifique demande effort et volonté.

CHAPITRE V :
LA CONCEPTION DU
CONCENTRATEUR D'OXYGENE AVEC
SOLIDWORKS.

V. La conception du concentrateur d'oxygène avec SolidWorks

V.1. Description de SOLIDWORKS

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur, appartenant à la société Dassault Systèmes. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés : la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Ainsi toute modification sur un de ces trois fichiers sera répercutée sur les deux autres.

SolidWorks permet de réaliser de la modélisation 2D et 3D, ce logiciel de CAO est réputé pour sa simplicité d'utilisation et se veut intuitif.

Le logiciel SolidWorks permet de :

- Concevoir des objets en 3D de manière très précise.
- Développer des produits.
- Vérifier la conception de votre fichier.
- Détenir une bibliothèque de vos fichiers 3D.
- Mettre en place des mises en plan 2D.
- Créer des images et animations de vos objets 3D.
- Estimer le coût de la fabrication de vos objets 3D.

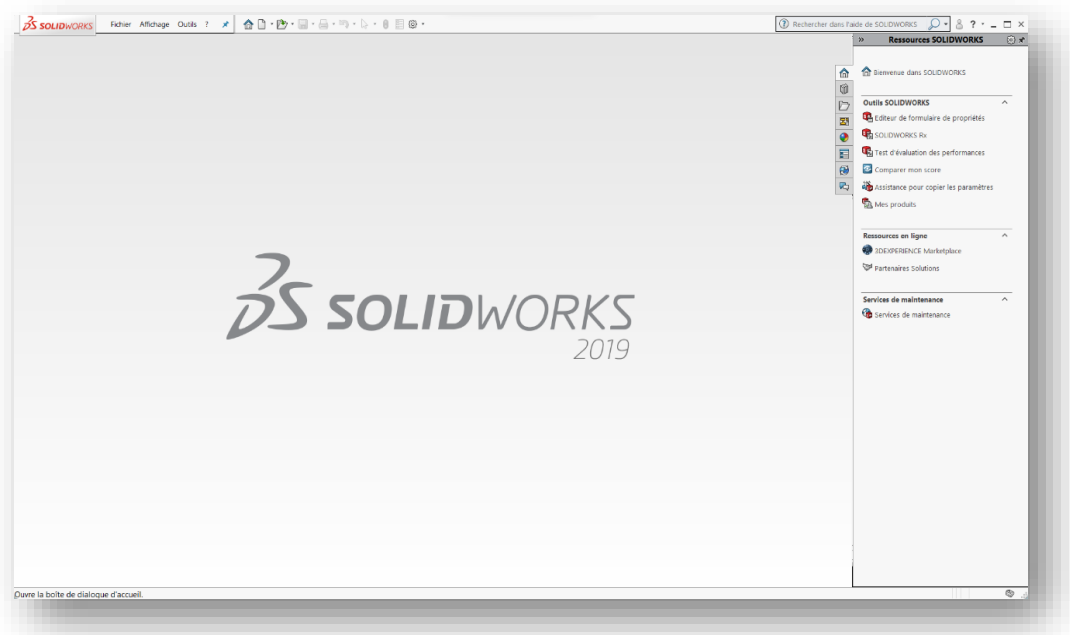


Figure (V - 1) : L'accueil de SolidWorks.

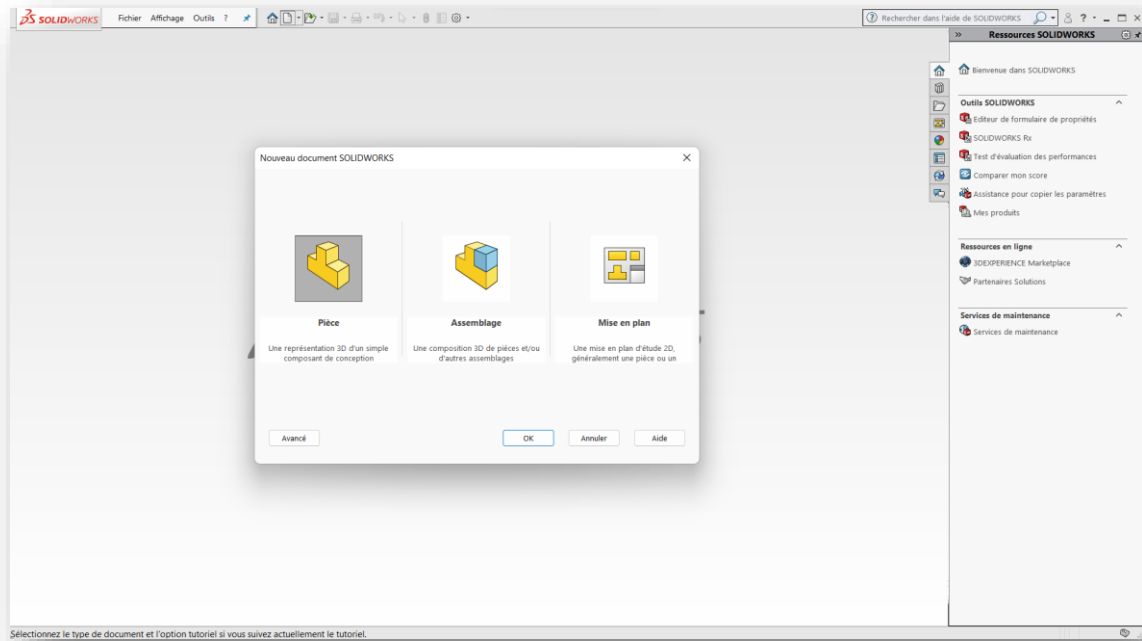


Figure (V - 2) : Choix de documents sur SolidWorks.

V.2. Présentation de l'assemblage du boîtier

Cette figure ci-dessous, représente l'assemblage des différentes pièces conçus sur SolidWorks qui constitue le boîtier (carcasse) du concentrateur d'oxygène.

Ce boîtier que nous avons conçu, nous permet de couvrir tous les composants de concentrateur d'oxygène.

La mise en plan de l'assemblage avec la CAO en 3D :

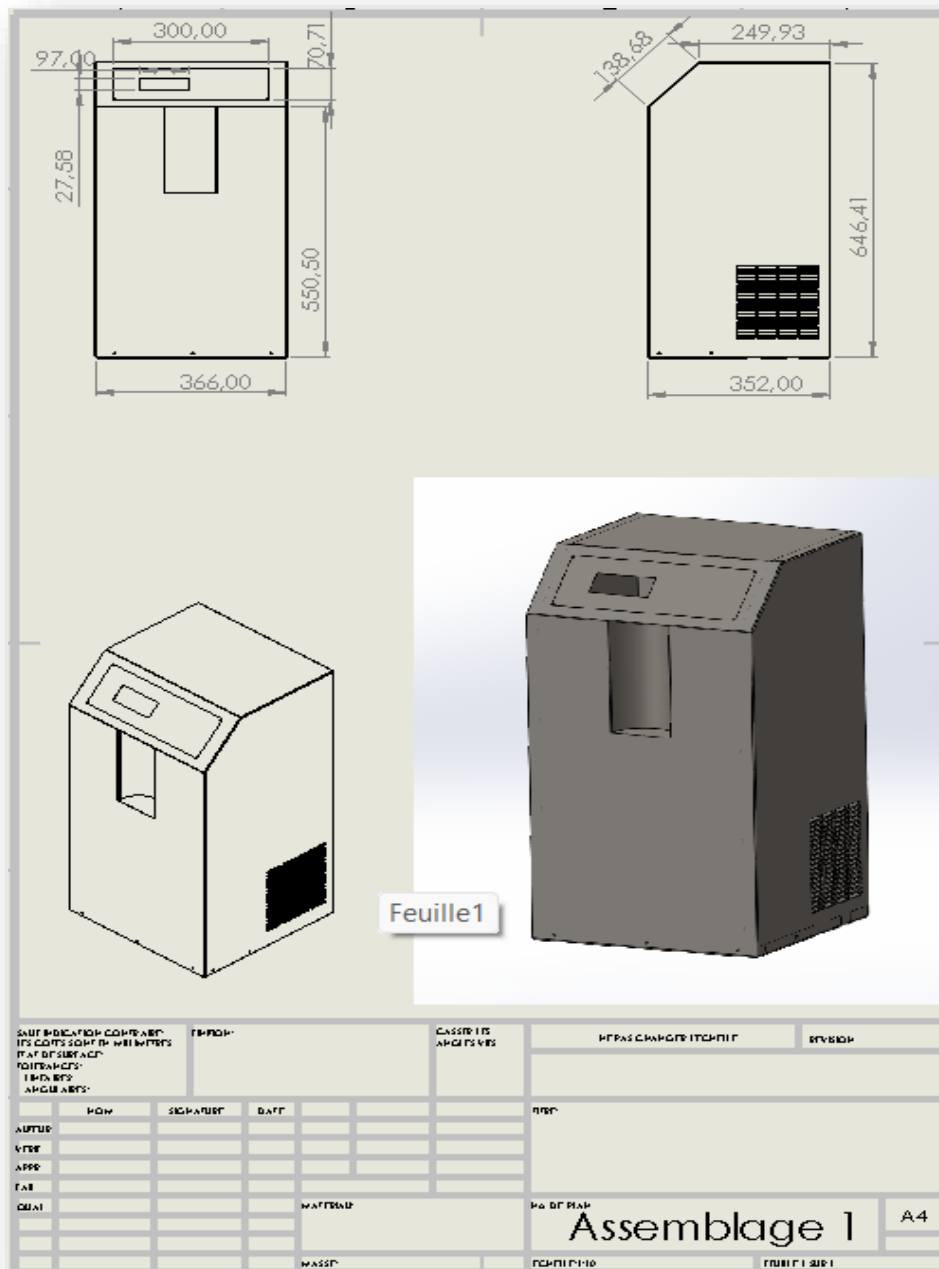


Figure (V - 3) : Mise en plan de l'assemblage avec la CAO en 3D.

V.3. Présentation de la vue éclatée de l'assemblage du boîtier

La figure ci-dessous, nous présentons la vue éclatée du boîtier pour permettre de voir toutes les pièces qui le constitue.

La mise en plan de la vue éclatée de l'assemblage avec la CAO 3D :

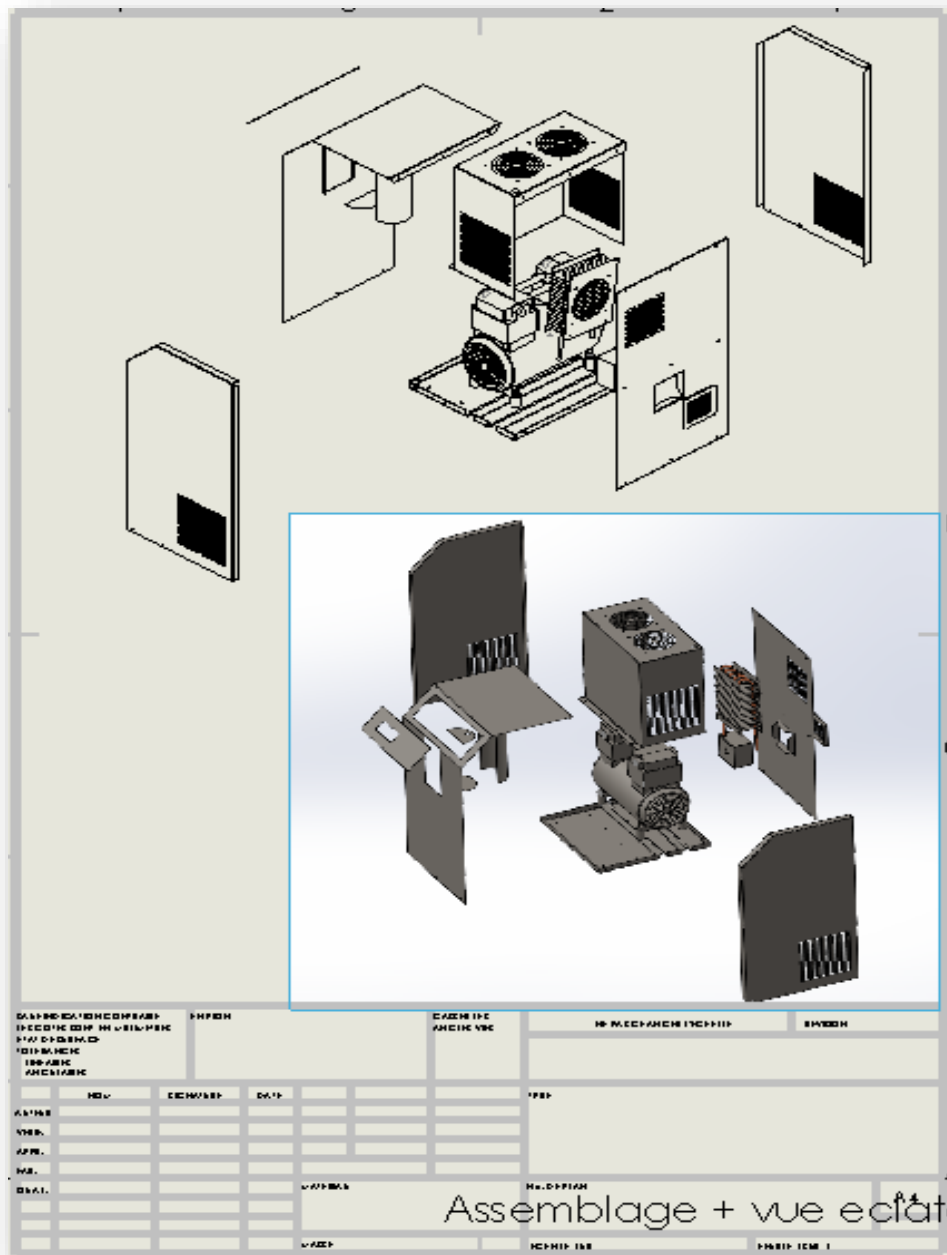


Figure (V - 4) : Mise en plan de la vue éclatée de l'assemblage avec la CAO 3D.

V.4. Présentation des composants du boîtier

V.4.1. Le châssis

Nous avons conçu un châssis de 346 sur 364 mm qu'est la base du concentrateur avec une tôle de 2 mm pour une meilleure résistance aux contraintes et au poids du compresseur, il sert aussi à relier les autres pièces qui constitue le boîtier.

La mise en plan de la vue éclate du châssis avec la CAO 3D :

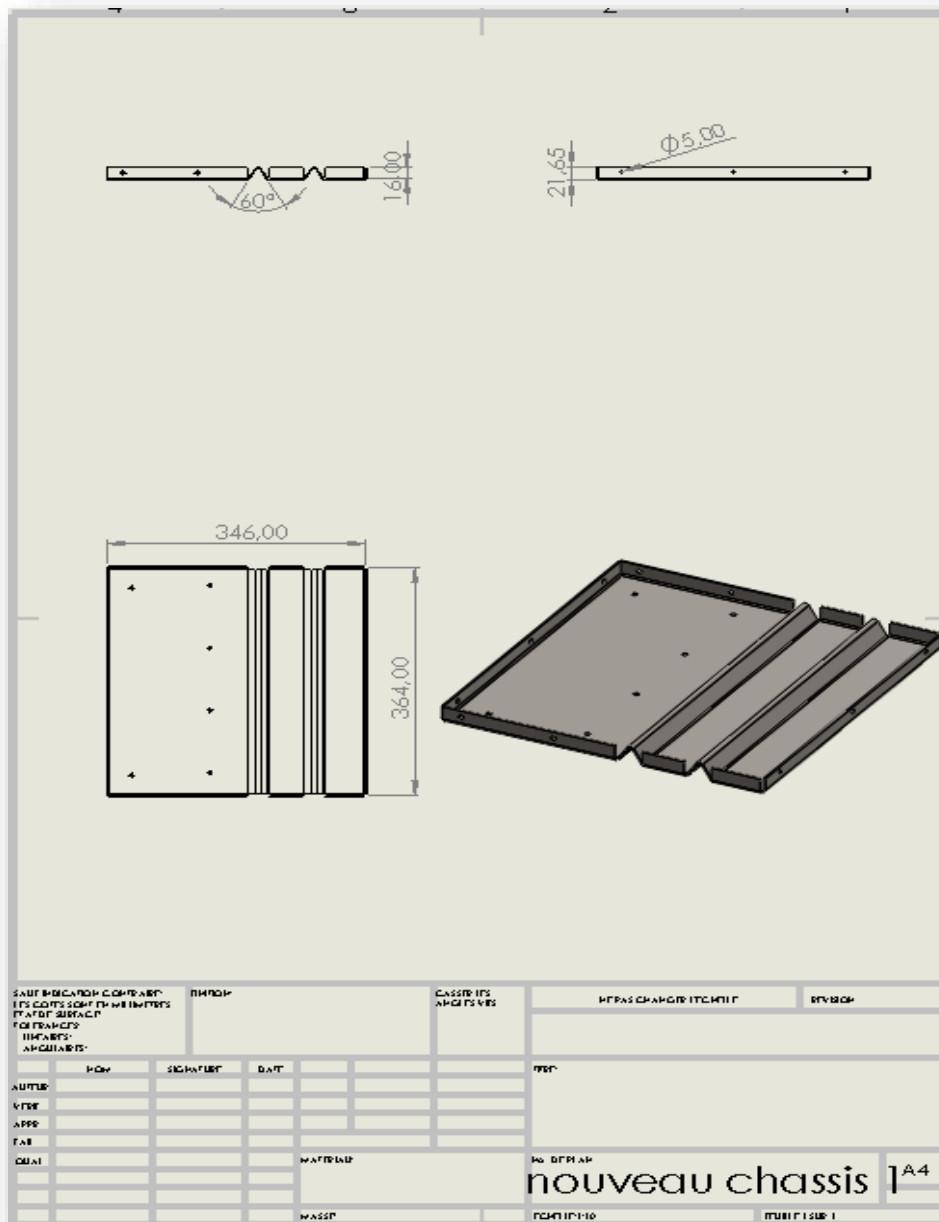


Figure (V - 5) : Mise en plan de la vue éclate du châssis avec la CAO 3D.

V.4.2. Le boitier

a. La partie 1 (cote gauche)

Cette pièce couvre le cote gauche du concentrateur d'oxygène et contiens une grille d'aérations pour évacuer la chaleur dégager par le compresseur lors de son utilisation.

La mise en plan de la vue éclaté de la partie 1 du boîtier avec la CAO 3D :

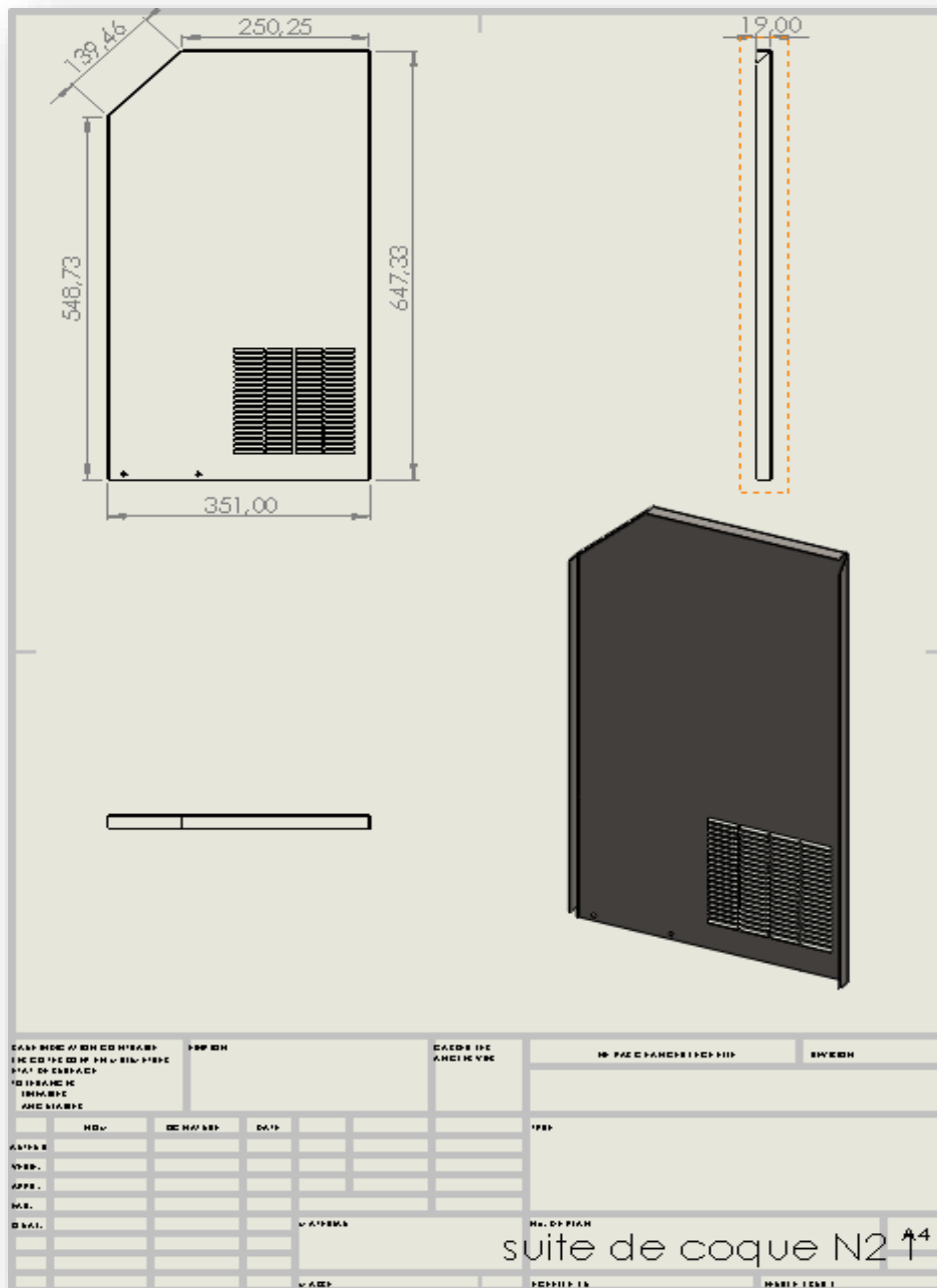


Figure (V - 6) : mise en plan de la vue éclaté de la partie 1 du boîtier avec la CAO 3D.

b. La partie 2 (cote droit)

Cette pièce couvre la partie droite du boîtier, et contiens aussi une grille d'aérations pour évacuer la chaleur du compresseur dégagé de ce cote-là.

La mise en plan de la vue éclaté de la partie 2 du boitier avec la CAO 3D :

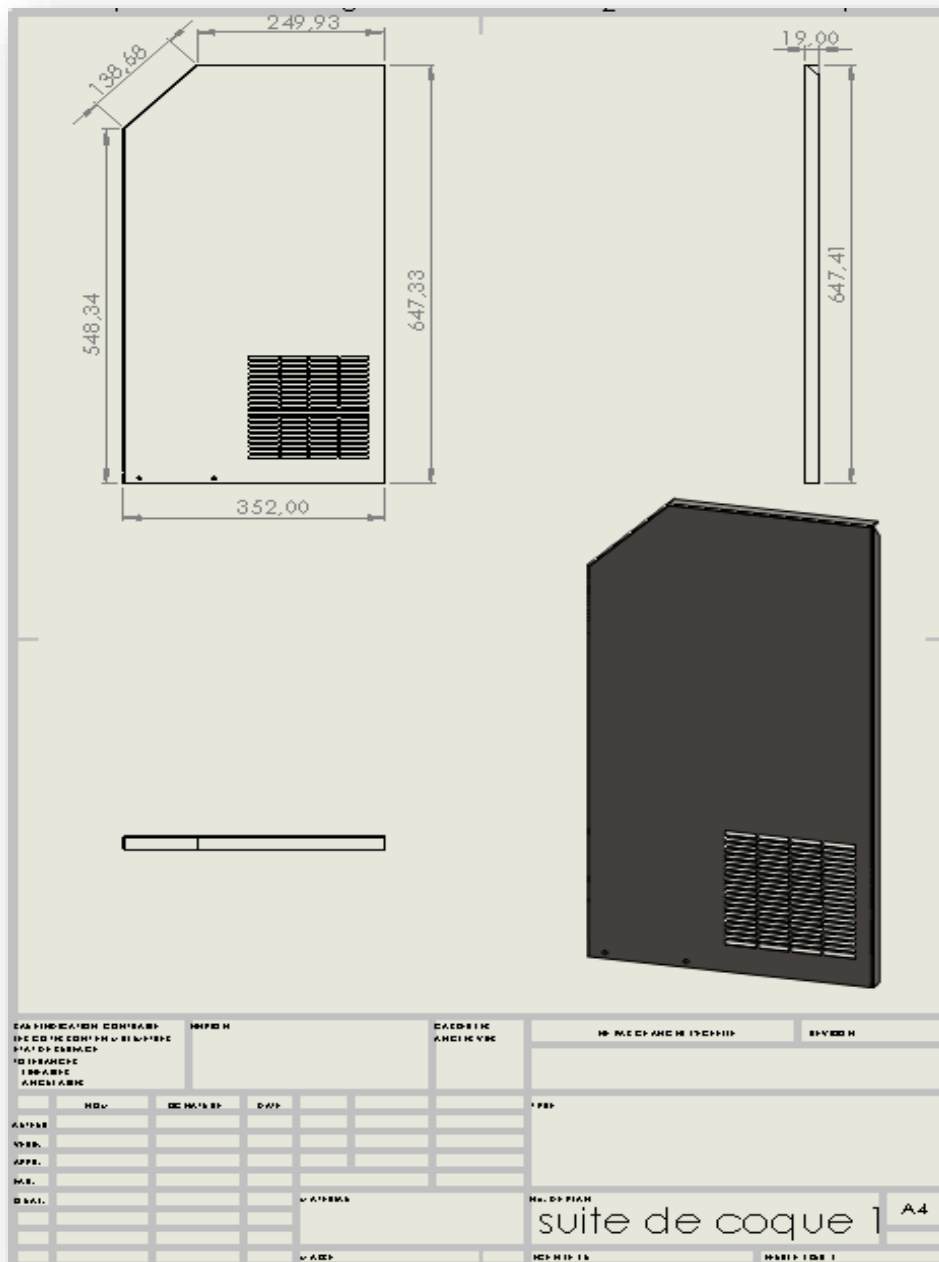


Figure (V - 7) : mise en plan de la vue éclaté de la partie 2 du boitier avec la CAO 3D.

c. La partie 3 (la façade)

Cette partie que nous avons nommé la façade couvre le concentrateur de la façade jusqu'en haut, et contient le support où se trouve l'afficheur et les boutons de commande du concentrateur, contiens aussi la cuve du barboteur (l'humidificateur).

La mise en plan de la vue éclatée de la partie 3 du boîtier avec la CAO 3D :

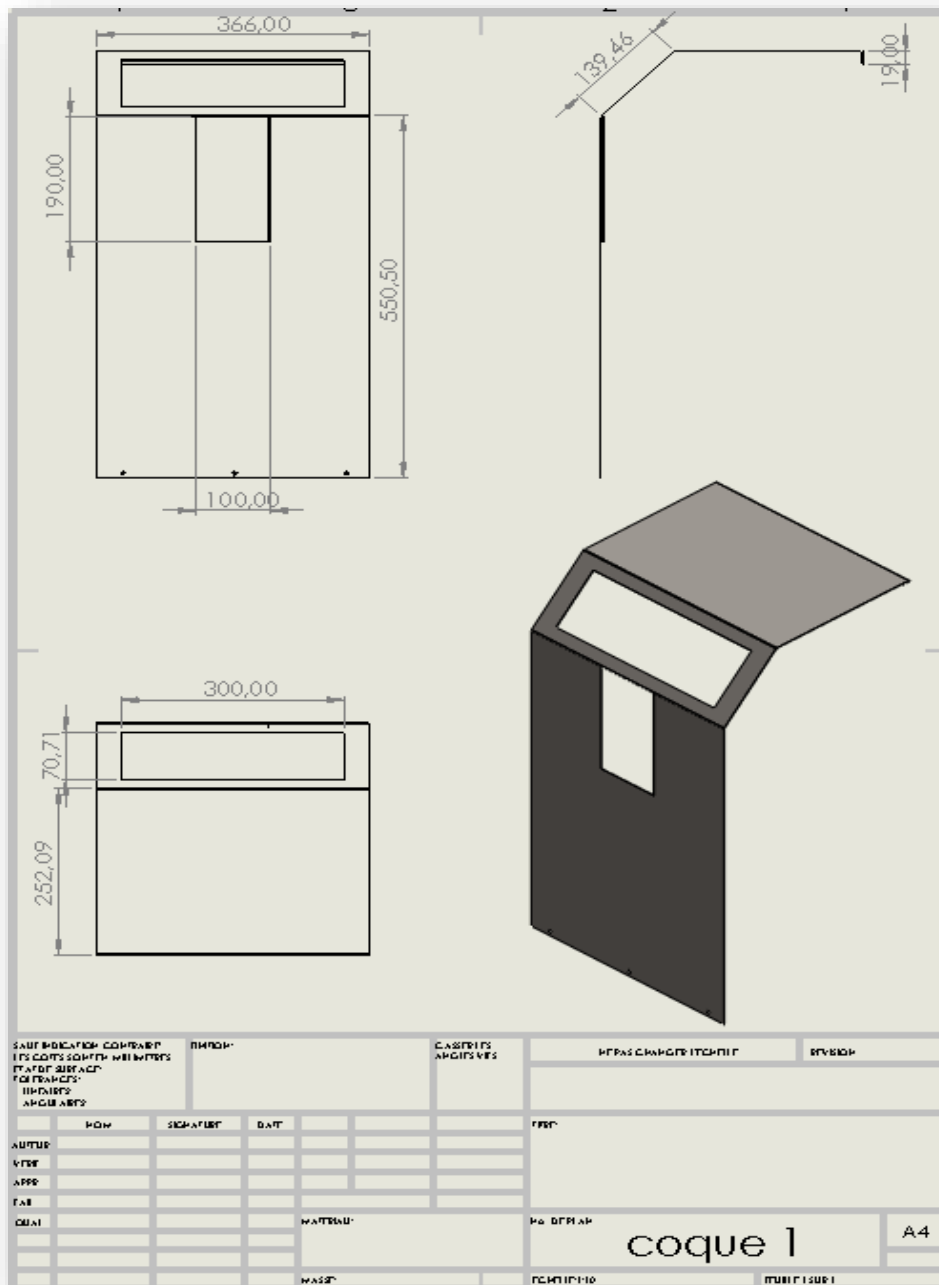


Figure (V - 8) : mise en plan de la vue éclatée de la partie 3 du boîtier avec la CAO 3D.

d. La partie 4 (l'arrière du boîtier)

Cette pièce couvre l'arrière du concentrateur et sert à fixer le condenseur d'air de l'intérieur, et contient une grille d'aérations pour ce dernier et dissiper la chaleur dégagée. Cette pièce contient aussi un petit port filtre à air pour l'admission de l'air du compresseur.

La mise en plan de la vue éclatée de la partie 4 du boîtier avec la CAO 3D :

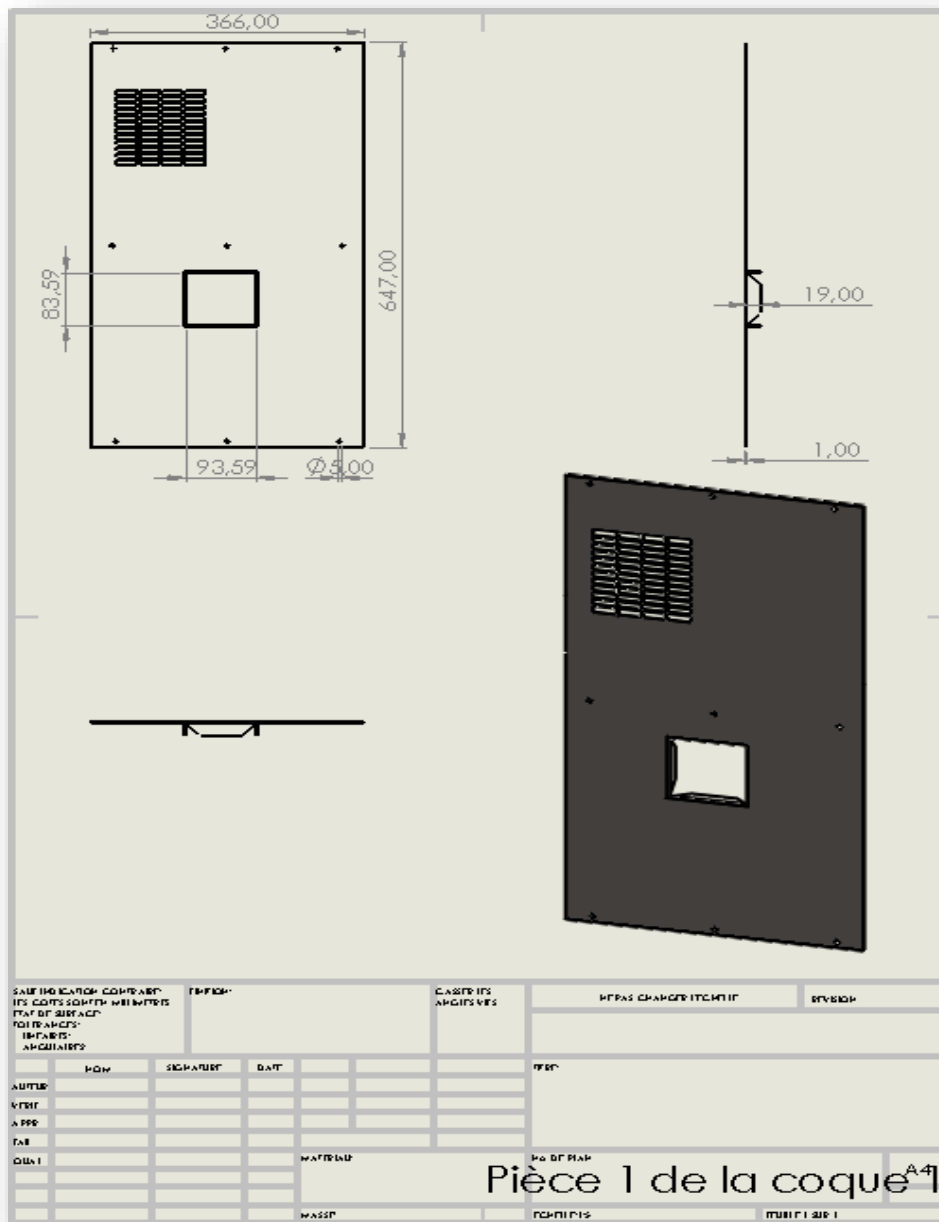


Figure (V - 9) : mise en plan de la vue éclatée de la partie 4 du boîtier avec la CAO 3D.

V.4.3. La séparation du compresseur

Cette pièce est conçue pour couvrir le compresseur et diminue les bruits émis par ce dernier, elle contient deux grilles d'aérations sur le haut ou seront fixer deux ventilateurs de refroidissement pour le compresseur, et contient aussi deux grilles d'aérations sur les côtes pour laisser échapper la chaleur dégagée par le compresseur vers l'extérieur.

La mise en plan de la vue éclate de la séparation du compresseur avec la CAO 3D :

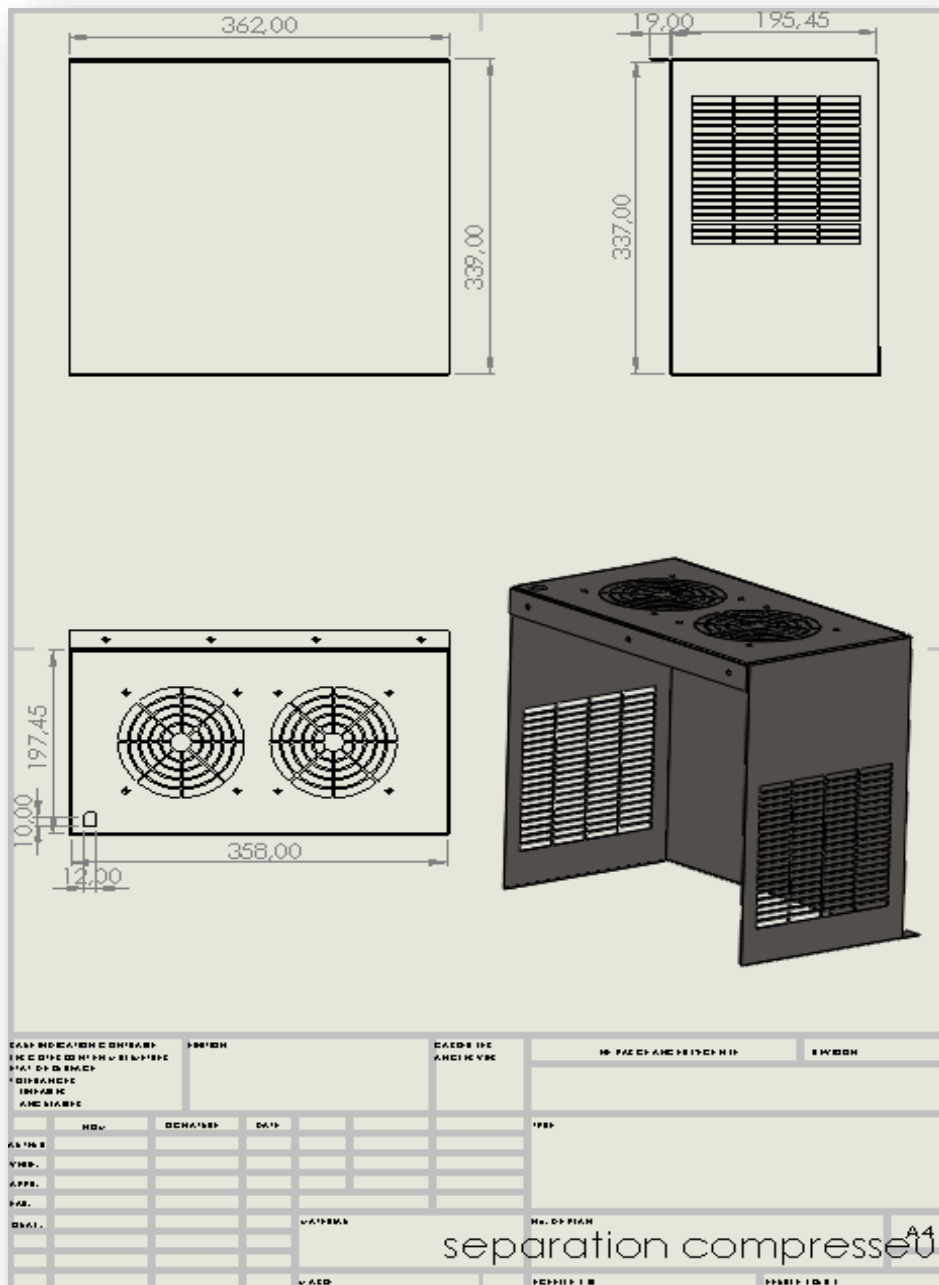


Figure (V - 10) : mise en plan de la vue éclate de la séparation du compresseur avec la CAO 3D.

V.4.4. Le support des unités de commande et d'affichage

Cette pièce est une suite de la façade du boîtier, elle est conçue pour faciliter l'accès aux unités de commande pour une maintenance facile et rapide, elle contient une ouverture pour l'afficheur LCD du concentrateur.

La mise en plan de la vue éclaté du support des unités de commande et d'affichage avec la CAO 3D :

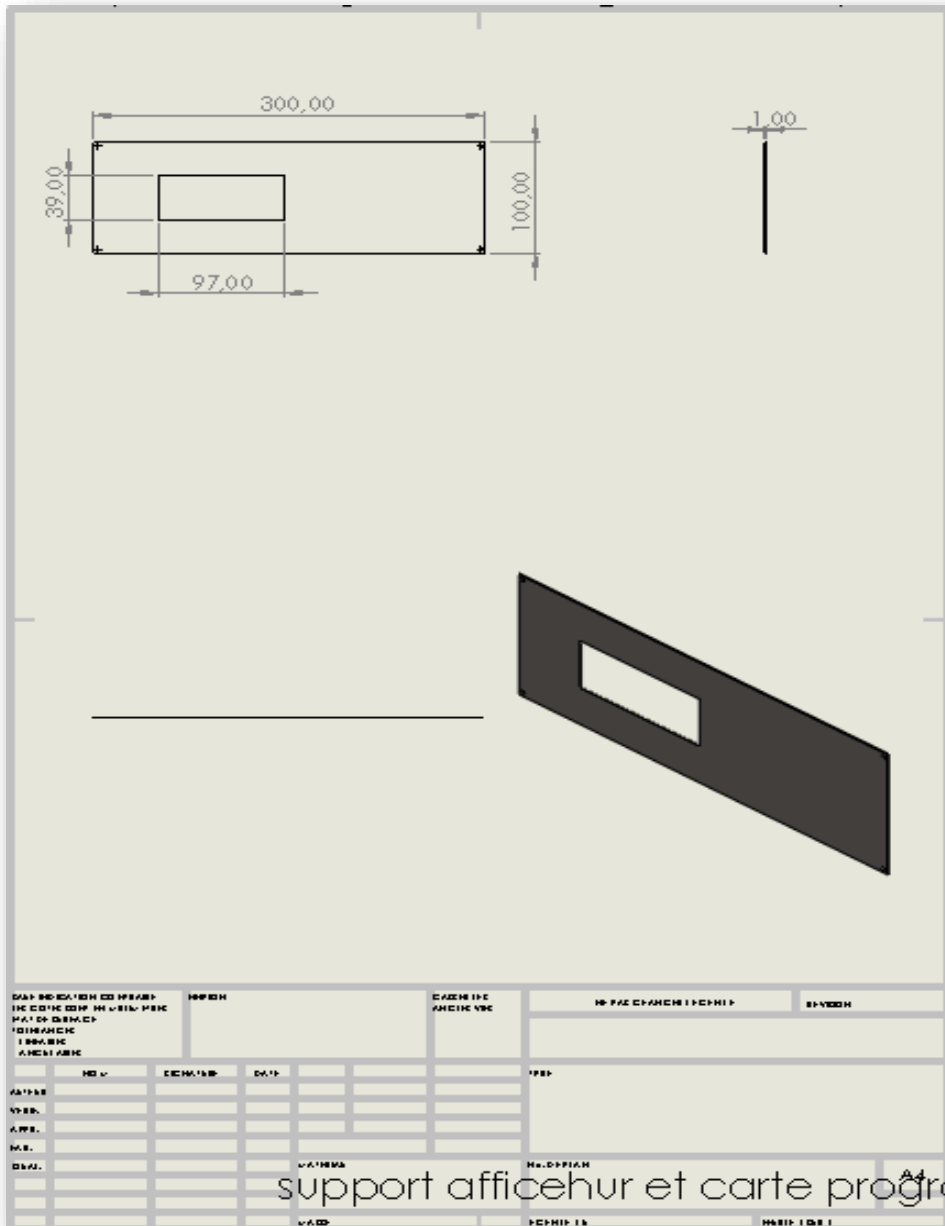


Figure (V - 11) : mise en plan de la vue éclaté du support des unités de commande et d'affichage avec la CAO 3D.

V.4.5. Le port filtre à air d'admission

Cette pièce se fixe sur la partie arrière du boîtier de l'intérieur et comporte l'emplacement du filtre à air d'admission du compresseur, elle est conçue pour faciliter le changement de filtre sans ouvrir le boîtier, dans le but de faciliter sa maintenance préventive.

La mise en plan de la vue éclatée du port filtre à air d'admission avec la CAO 3D :

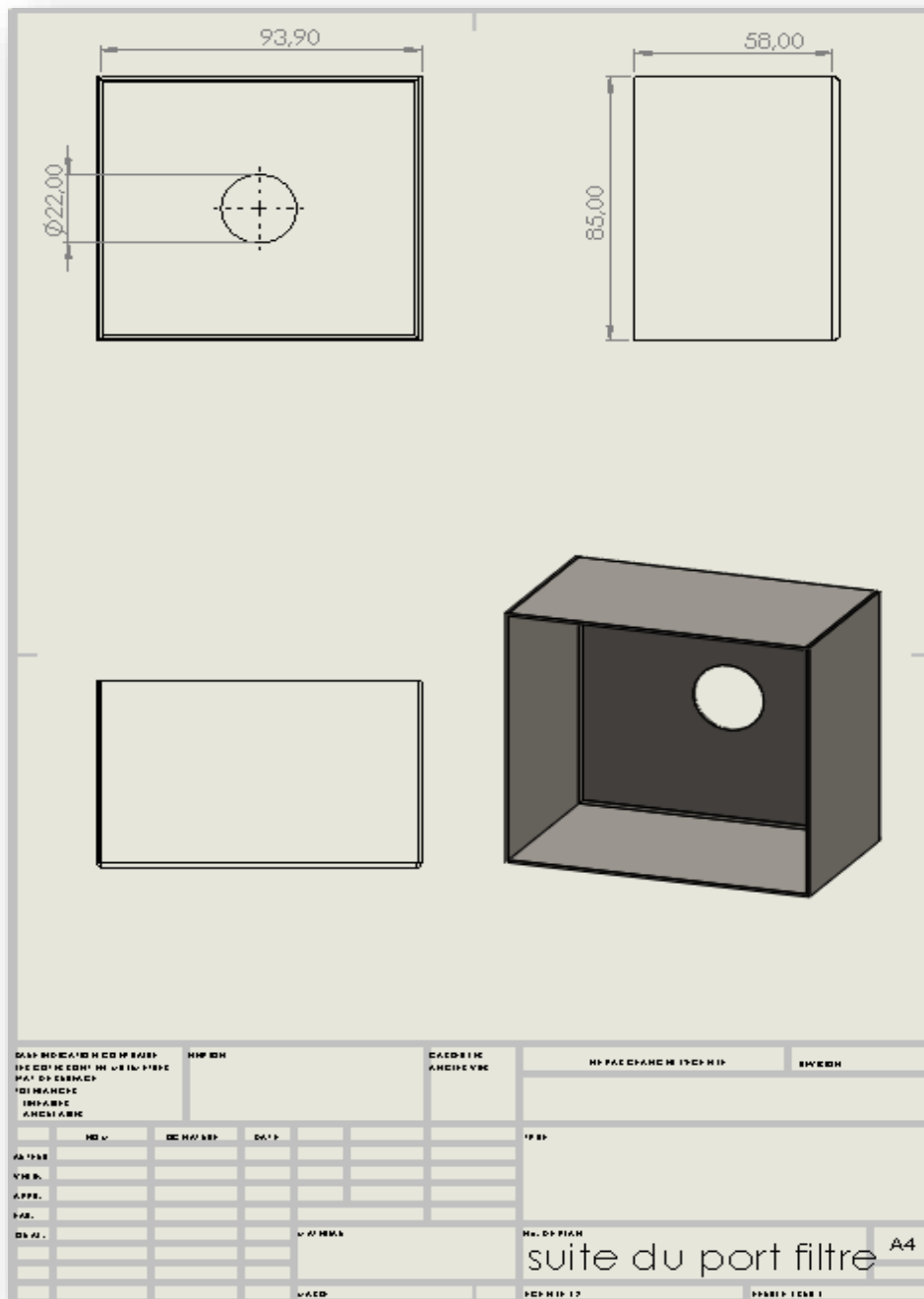


Figure (V - 12) : mise en plan de la vue éclatée du port filtre à air d'admission avec la CAO 3D.

V.4.6. Le cache du port filtre

Cette pièce nous l'avons conçue spécialement pour cacher le filtre a air d'admission du compresseur, elle a une grille d'aération pour laisser entres facilement l'air.

La mise en plan de la vue éclatée du cache port filtre avec la CAO 3D :

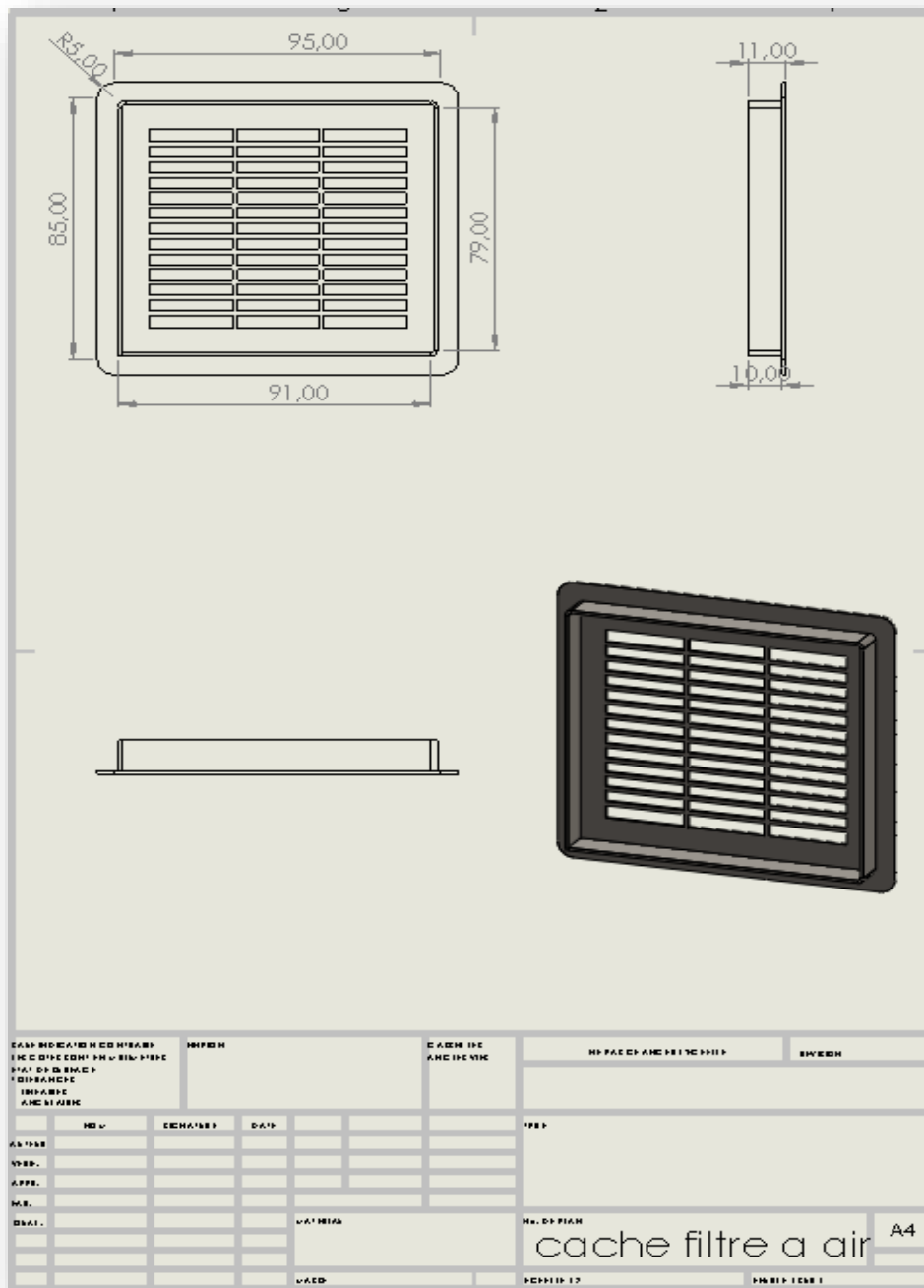


Figure (V - 13) : mise en plan de la vue éclatée du cache port filtre avec la CAO 3D.

V.4.7. Le support du barboteur

Cette pièce c'est le conteneur de l'humidificateur du concentrateur d'oxygène, elle est fixe sur la façade du boîtier.

La mise en plan de la vue éclatée du cache port filtre avec la CAO 3D :

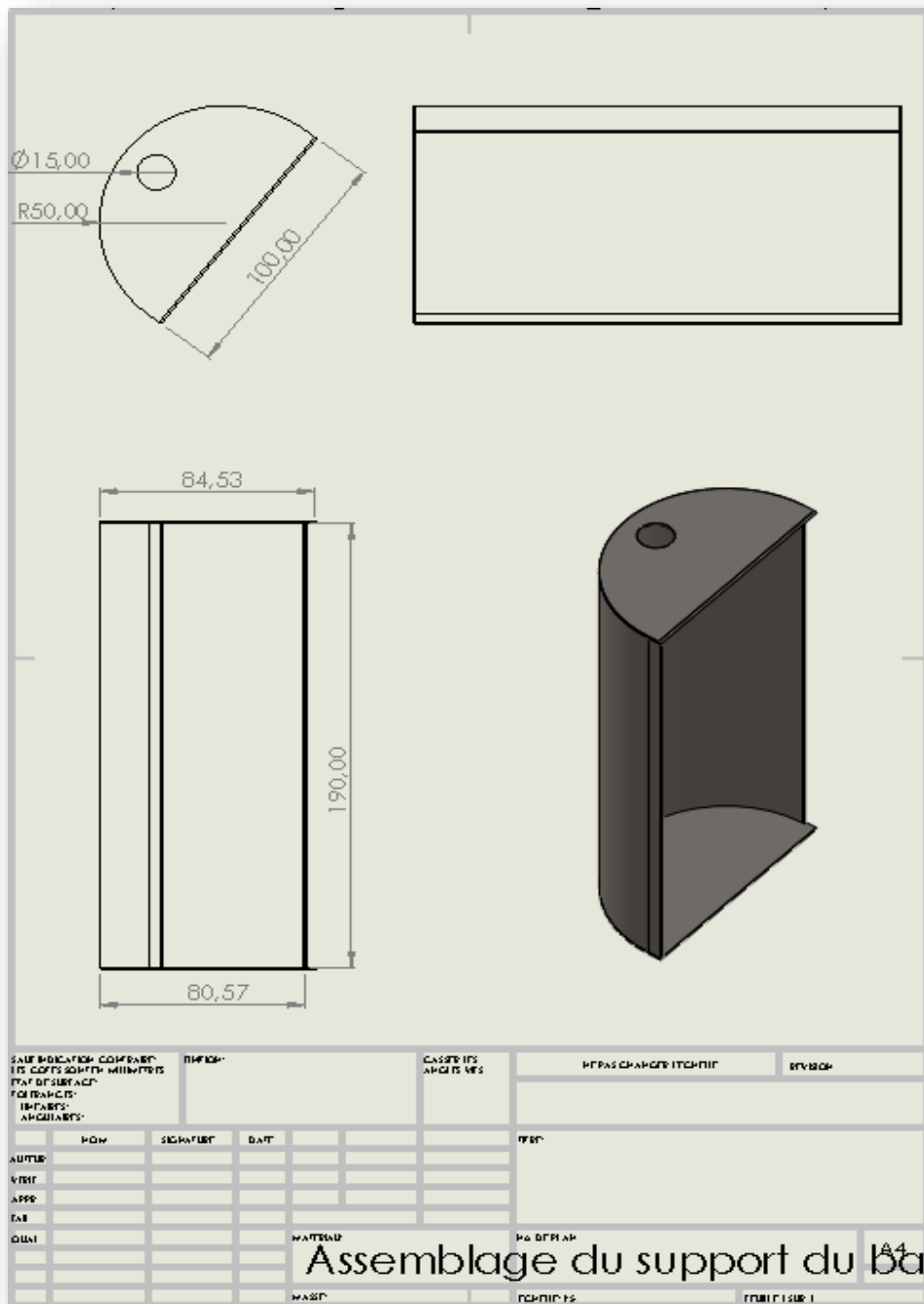


Figure (V - 14) : mise en plan de la vue éclatée du cache port filtre avec la CAO 3D.

V.5. Présentation du condenseur d'air

V.5.1. Présentation de l'assemblage du condenseur d'air

Cette figure ci-dessous représente l'assemblage des différentes pièces qui constituent le condenseur d'air.

Nous l'avons conçu pour assurer le refroidissement d'air qui est envoyé par le compresseur dans le circuit.

La mise en plan de l'assemblage du condenseur avec la CAO en 3D :

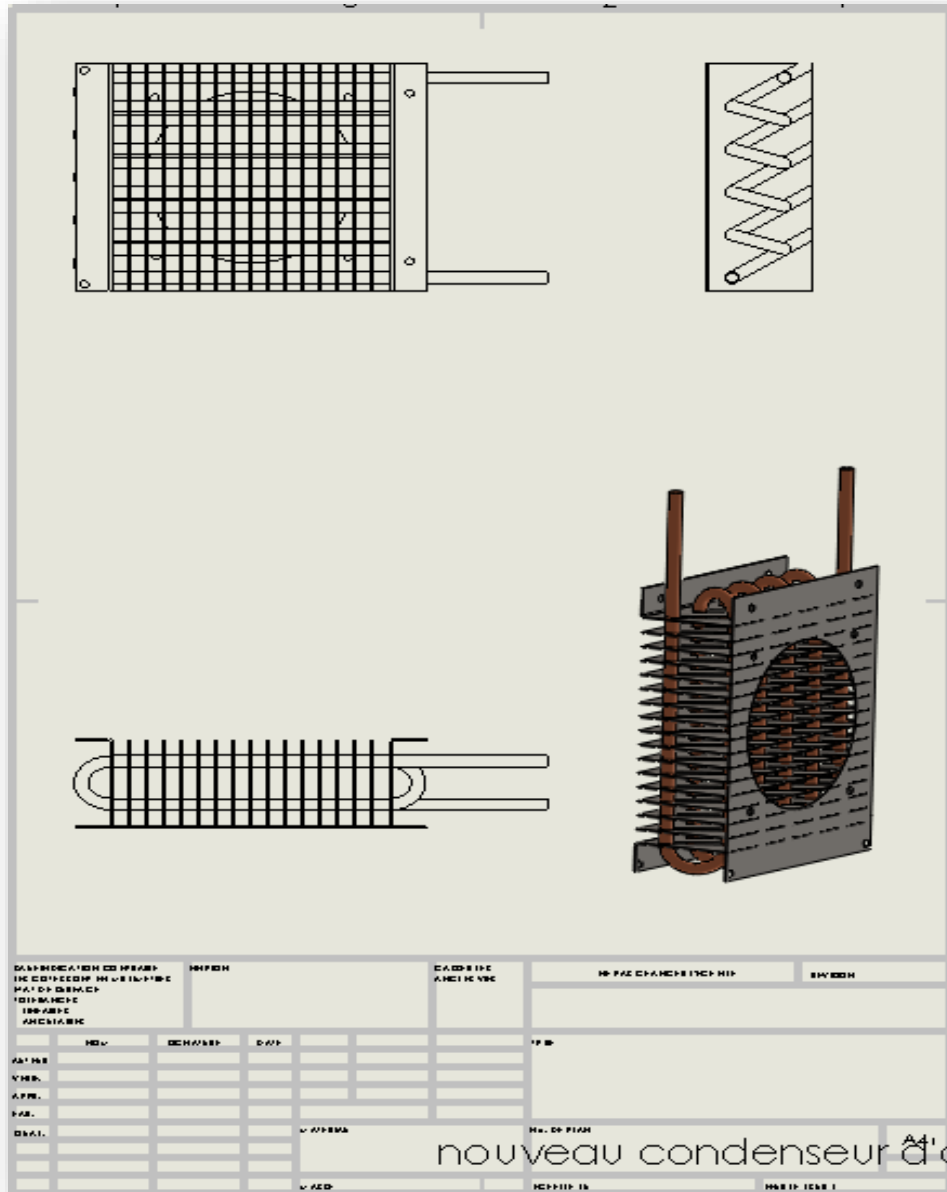


Figure (V - 15) : mise en plan de l'assemblage du condenseur avec la CAO en 3D.

V.5.2. Présentation des pièces du condenseur d'air

a. Les ailettes

Cette pièce est la plus importante du condenseur, car elle dirige l'air émis par le ventilateur vers le tube en cuivre, et la chaleur de tube se dissipe à travers ces dernières.

La mise en plan de la vue éclatée d'une ailette avec la CAO 3D :

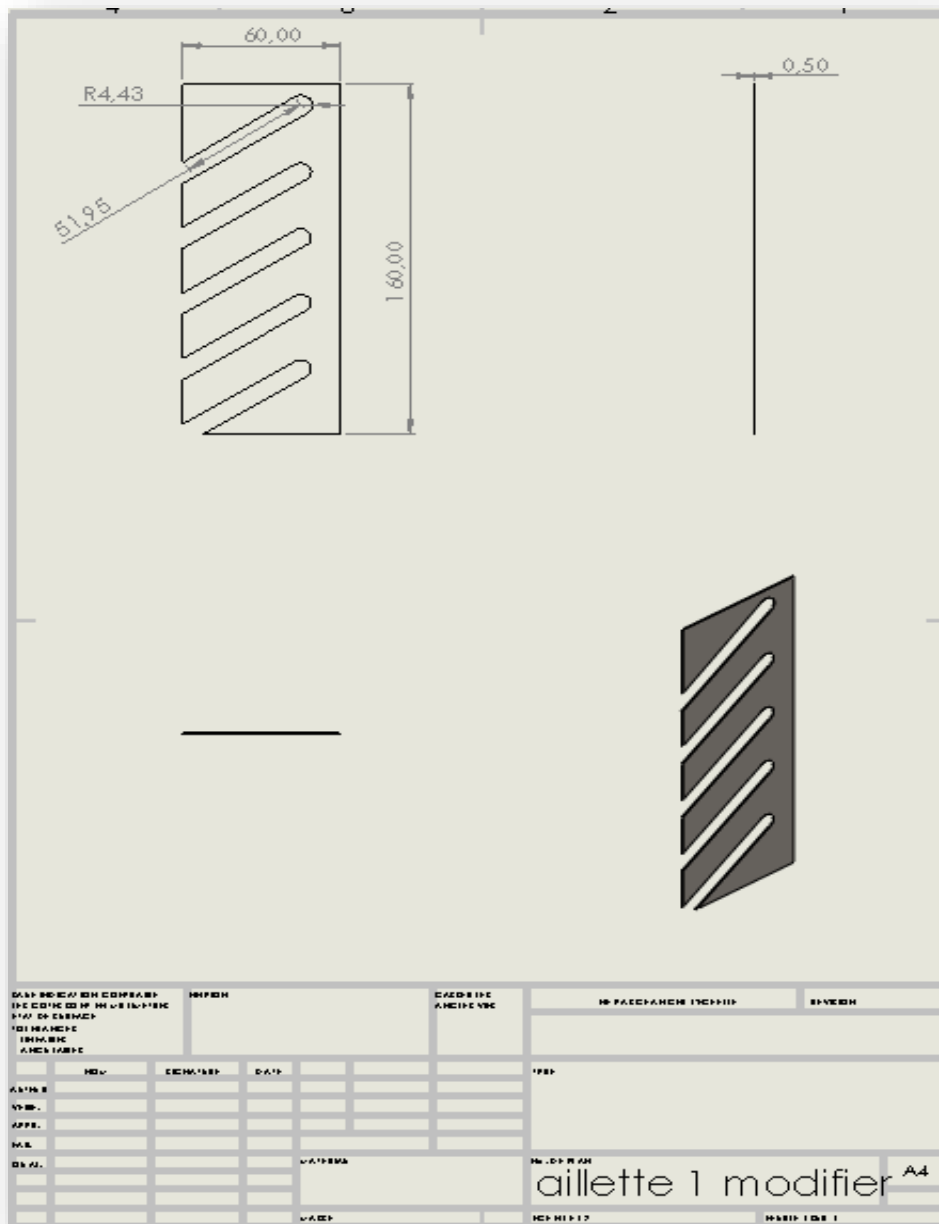


Figure (V - 16) : mise en plan de la vue éclatée d'une ailette avec la CAO 3D.

b. Les ailettes de fixation

Cette pièce occupe la même fonction que les ailettes, sauf qu'elle a un parti de tôle plier sur arête pour la fixation du condenseur dans son emplacement.

La mise en plan de la vue éclatée d'une ailette de fixation avec la CAO 3D :

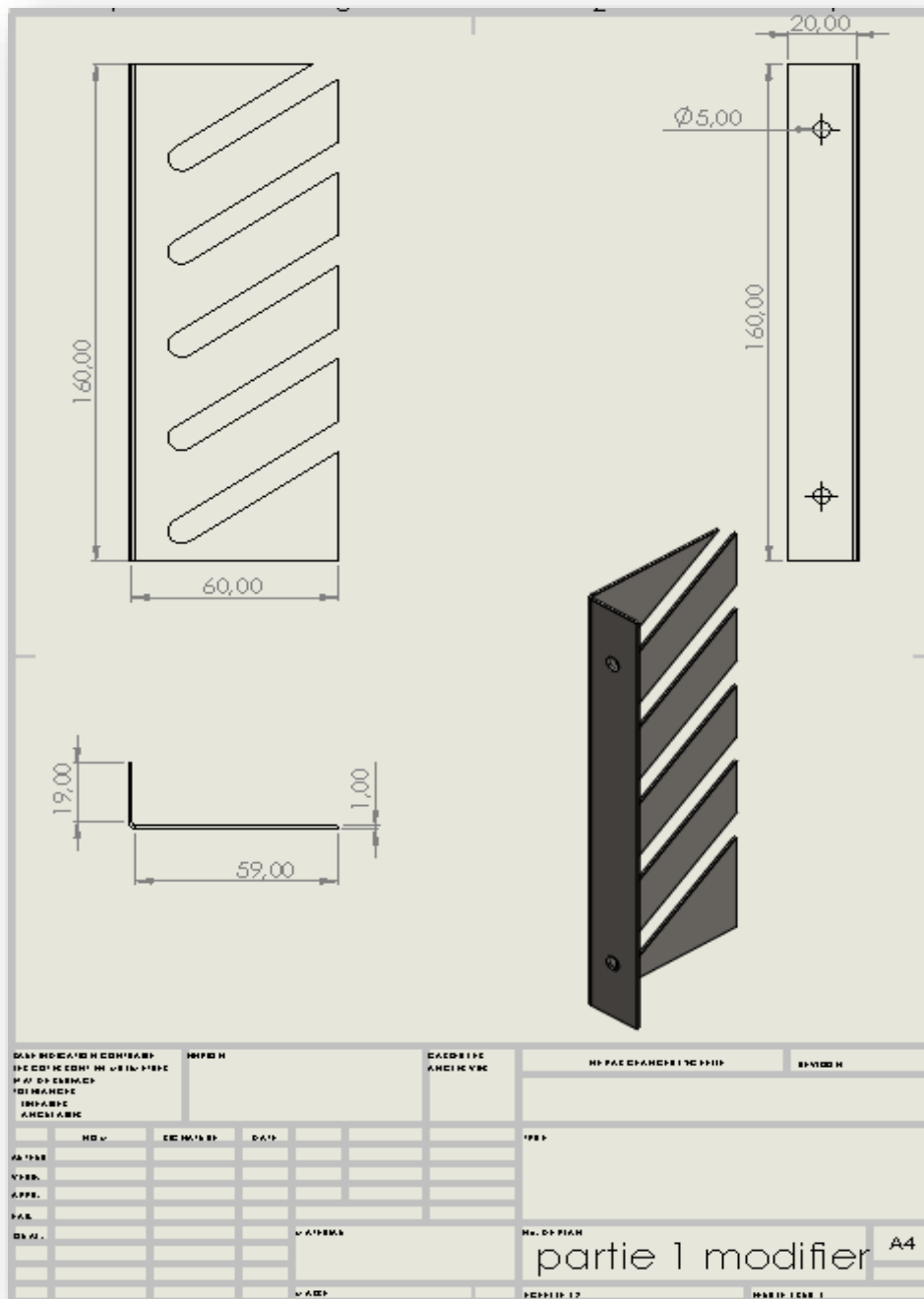


Figure (V - 17) : mise en plan de la vue éclatée d'une ailette de fixation avec la CAO 3D.

c. Le tube de circuit

C'est le circuit ou circule l'air en zigzag comprimé par le compresseur et ou cet air se refroidi grâce à un ventilateur.

La mise en plan de la vue éclatée du tube de circuit avec la CAO 3D :

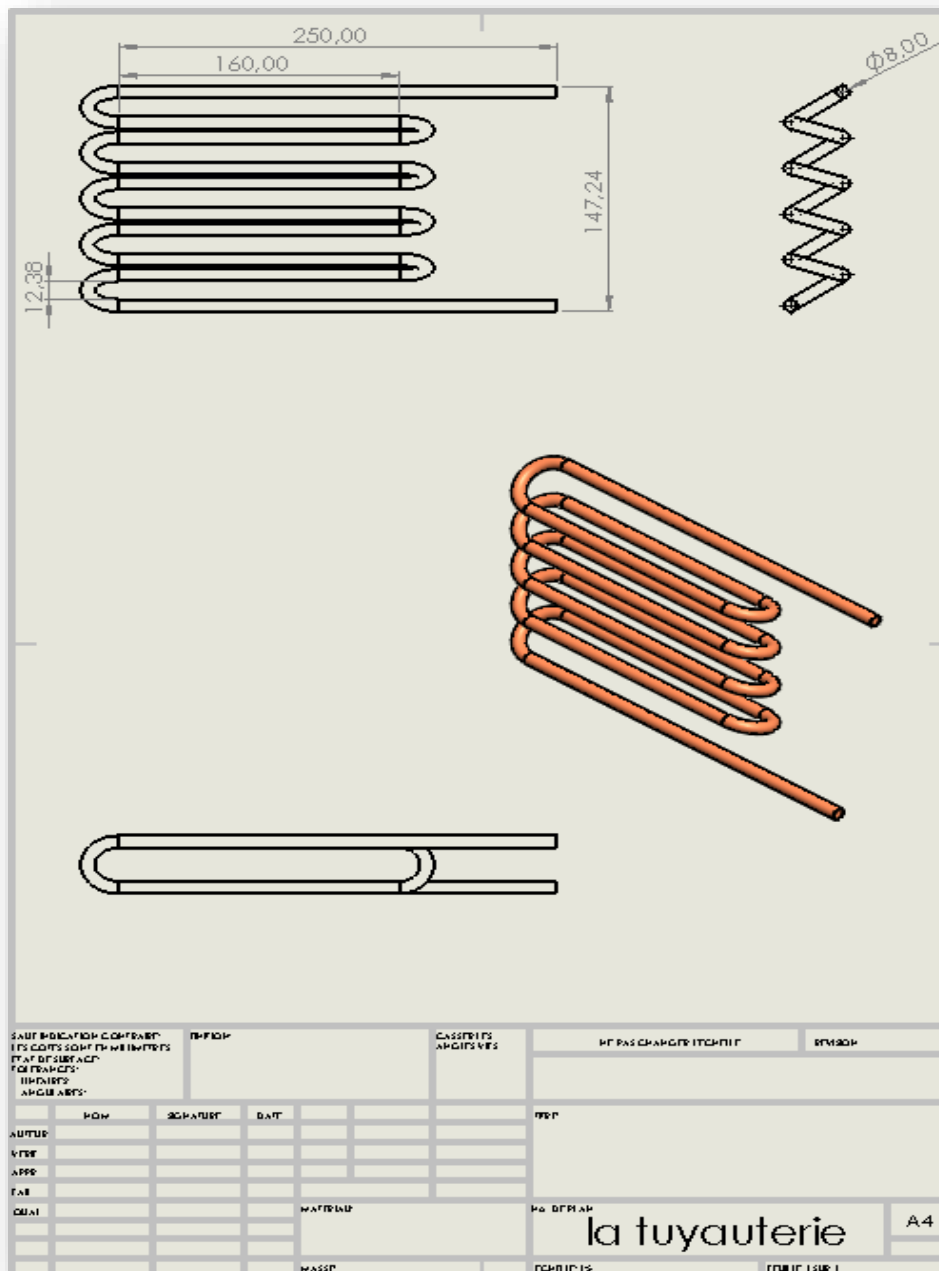


Figure (V - 18) : mise en plan de la vue éclatée du tube de circuit avec la CAO 3D.

d. Le support du ventilateur

Nous avons conçu cette pièce pour fixer un ventilateur sur le tube et les ailettes du condenseur d'air et pouvoir fixer solidement ce dernier sur le boîtier de l'intérieur dans son emplacement.

La mise en plan de la vue éclatée du support ventilateur avec la CAO 3D :

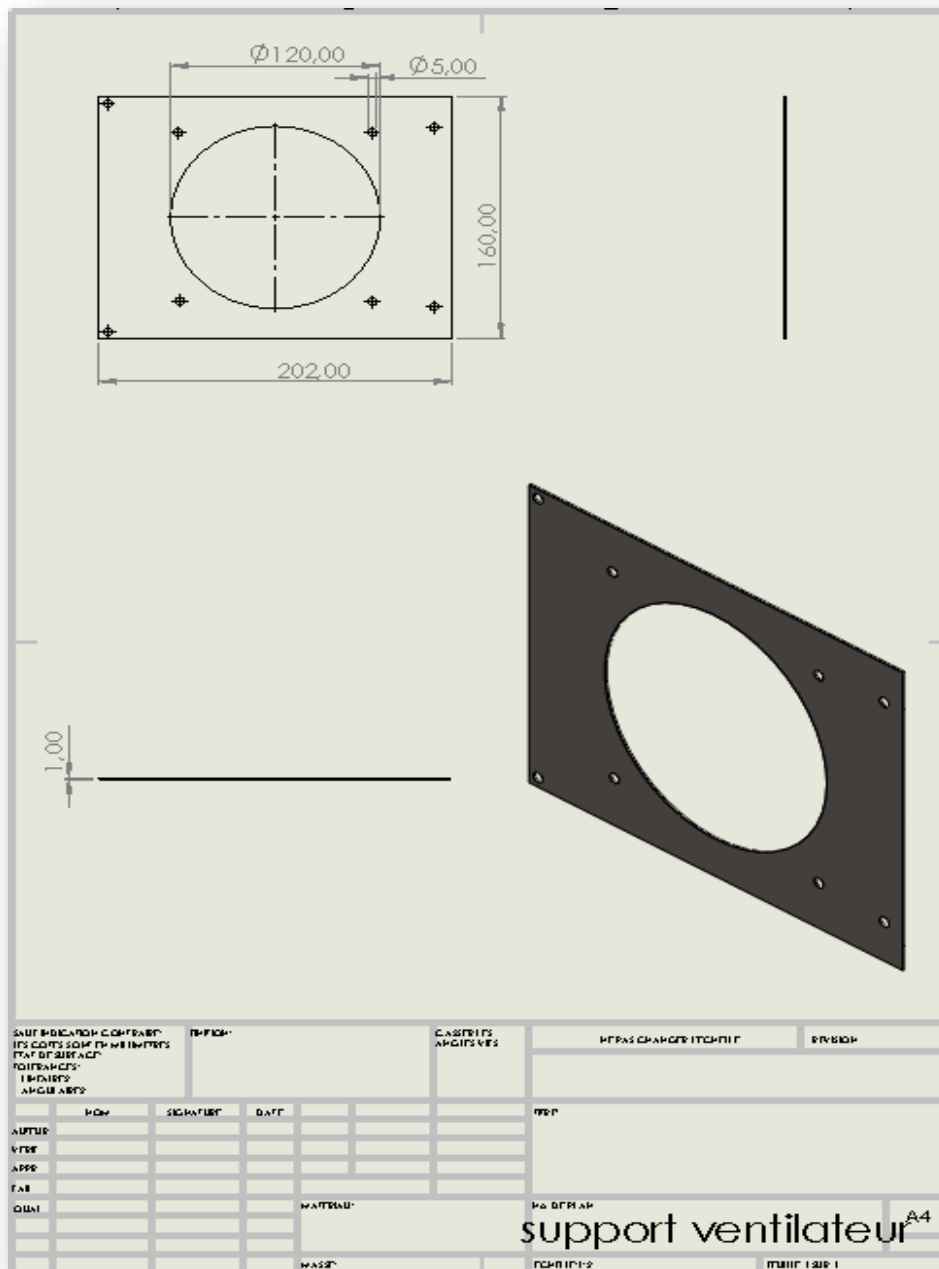


Figure (V - 19) : mise en plan de la vue éclatée du support ventilateur avec la CAO 3D.

CHAPITRE VI :
LA REALISATION DU
CONCENTRATEUR D'OXYGENE

VI. La réalisation du concentrateur d'oxygène.

VI.1. Cypcut Laser Cutting System

CYPCUT LASER CUTTING CONTROL SYSTEM (CypCut en abrégé) est un ensemble de logiciels système conçus pour la découpe laser plane, y compris le processus de découpe laser, la fonction de mise en page commune et le contrôle du traitement laser, la plupart de ses fonctions sont appliquées dans le traitement graphique, les réglages de paramètres, la découpe personnalisée édition de processus, mise en page, ...etc.

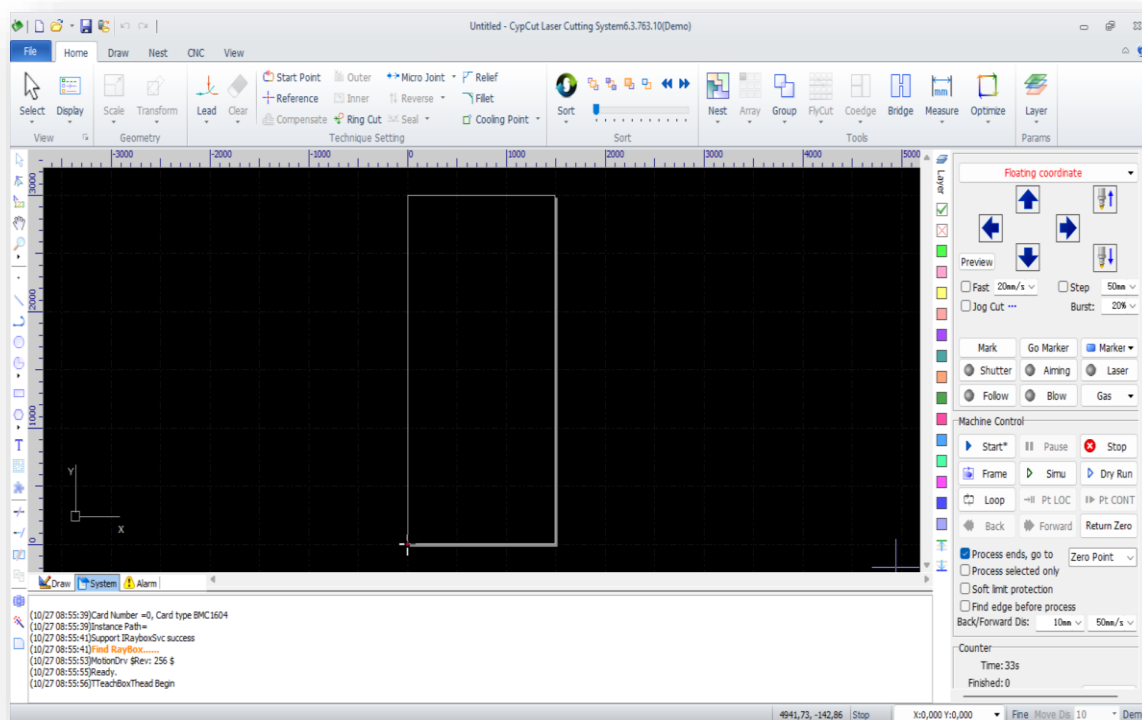


Figure (VI - 1) : Accueil de Cypcut Laser Cutting System.

VI.2. Présentation de SARL Rafnou Metal

SARL Rafnou Metal est une entreprise Algérienne spécialisée dans l'industrie métallique notamment la menuiserie métallique, déroulage, refendage, découpage pliage et l'emboutissage de tôles.

L'entreprise met à la disposition de sa clientèle et collaborateurs son expérience ainsi que ses moyens de production afin de satisfaire leurs besoins en matière de sous-traitantes et réalisation des produits fini.



Figure (VI - 2) : La SARL Rafnou Metal (Découpage et emboutissage de métal).

VI.3. La mise en page des pièces sur Cypcut

Nous avons commencé par concevoir un plan de découpe au laser avec le logiciel Cypcut avec ça mise en page qui permet de bien organiser toutes les pièces de la conception en état déplier sous format DXF pour économiser de la tôle comme le montre cette figure ci-dessous.

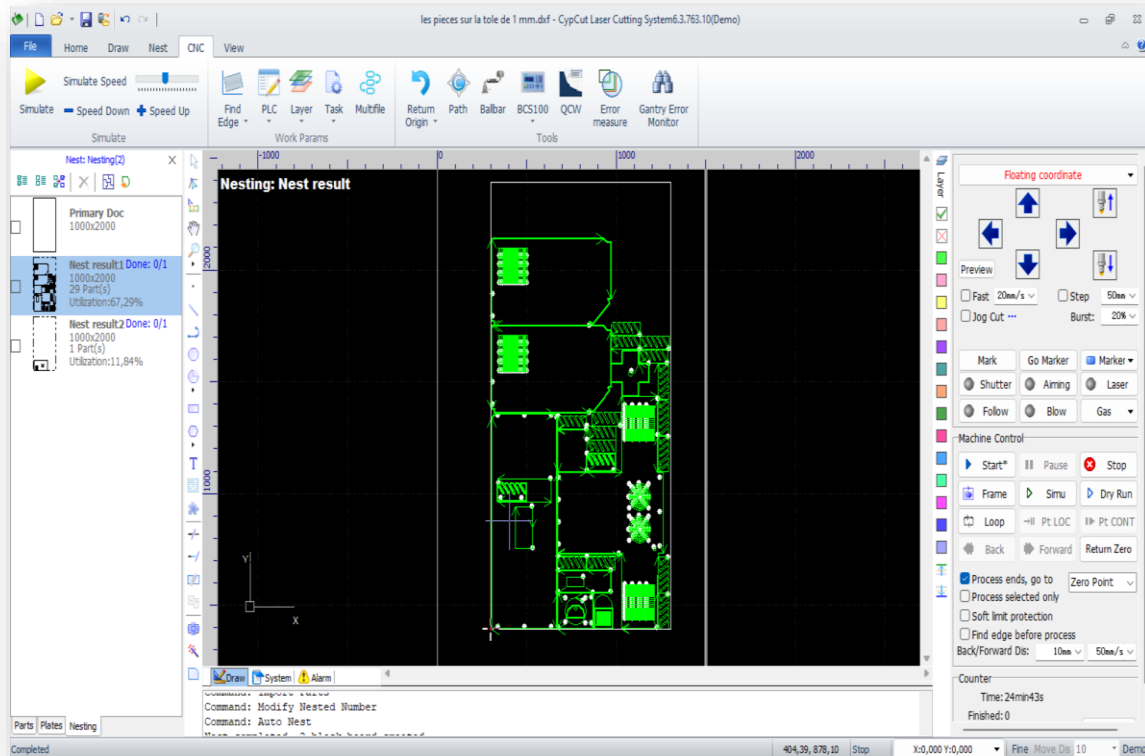


Figure (VI - 3) : La mise en page des pièces de conception.

VI.4. La fabrication des pièces et composants

VI.4.1. Le découpage au laser des pièces

Après avoir terminé les plans de la découpe sur cypcut, nous avons pris contact avec l'entreprise de SARL rafnou Metal pour découper et fabriquer les pièces dont nous avons besoin pour réaliser notre concentrateur d'oxygène.

Nous avons utilisé une tôle noire de 1 mm pour toutes les pièces qui constituent le boîtier et le condenseur d'air, et une tôle galvanisée de 2 mm pour réaliser le châssis.

Nous avons manipulé la table et placé la feuille de tôle noire de 1 mm sur la table pour préparer le laser pour lancer la découpe.

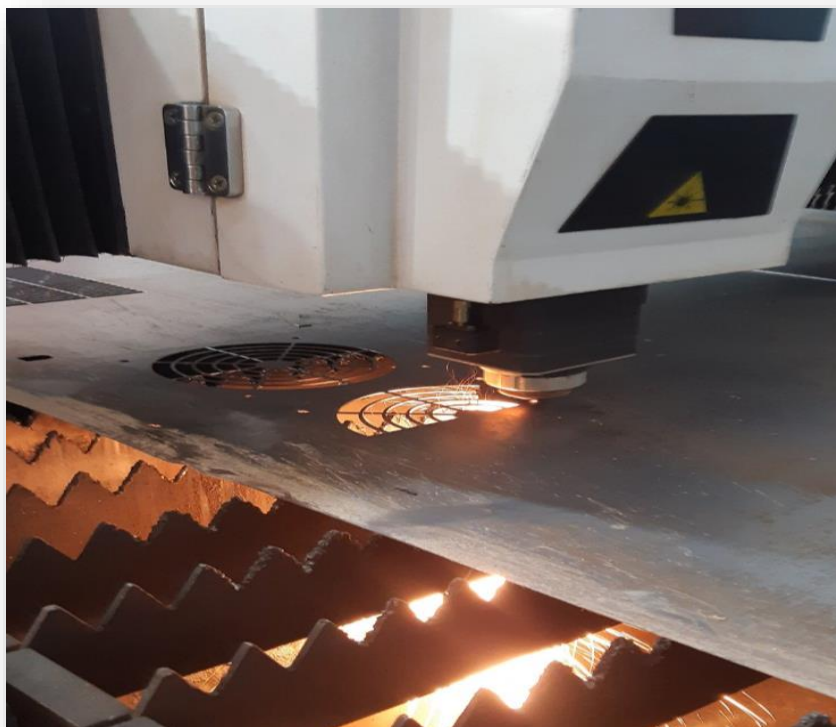


Figure (VI - 4) : La découpe au laser sur la feuille de tôle de 1mm.

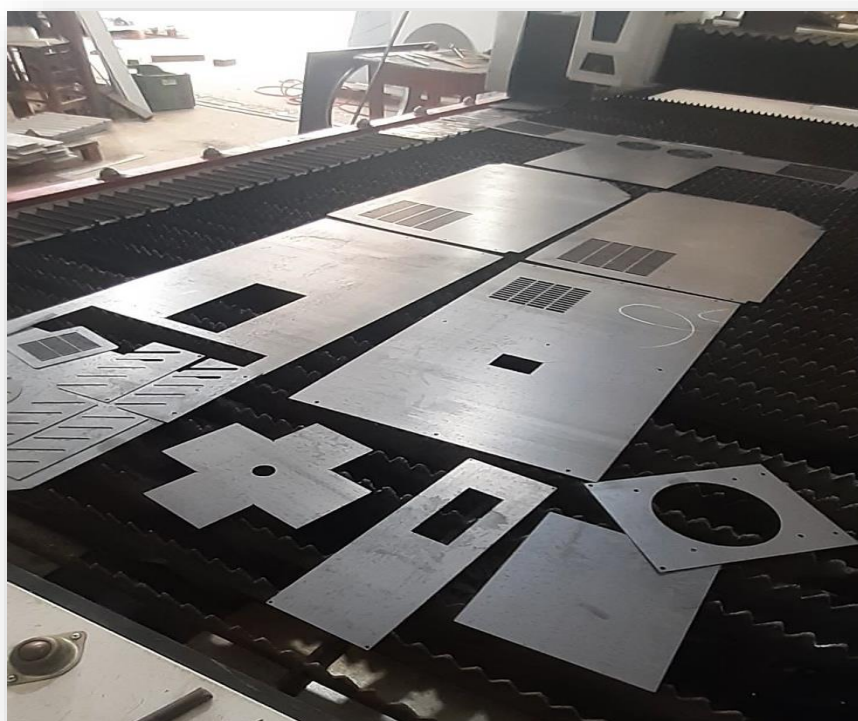


Figure (VI - 5) : La fin de la découpe des pièces sur la tôle de 1 mm

Dès que la découpe sur la feuille de tôle de 1 mm est terminer, nous avons directement enchaîner avec la découpe du châssis sur la tôle galvanise de 2 mm.

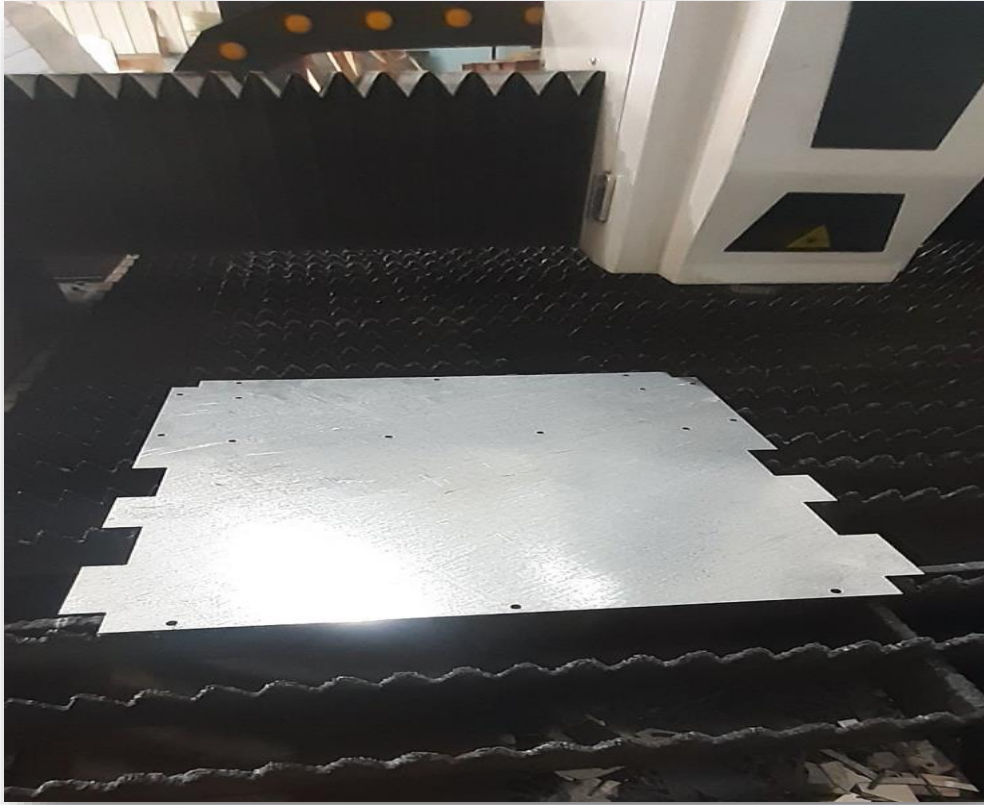


Figure (VI - 6) : La découpe du châssis.

VI.4.2. Le pliage des pièces découpé

Après avoir fini l'étape de découpage, nous avons débuté le pliage de ces composants avec une plieuse manuel, pour avoir la forme des pièces 3D que nous avons conçus comme l'illustre les figures ci-dessous.

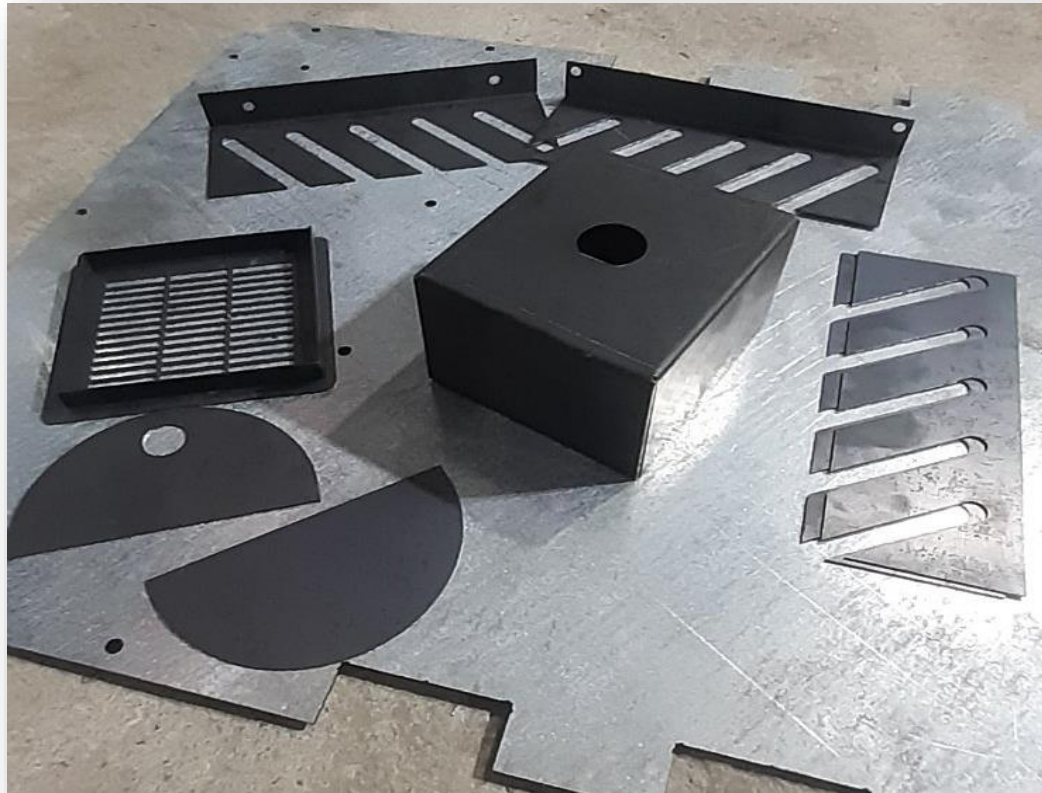


Figure (VI - 7) : Pliage de quelques pièces.



Figure (VI - 8) : Le pliage de la séparation du compresseur.



Figure (VI - 9) : La fin de pliage des pièces.

VI.4.3. Confection du serpentín du condenseur d'air

Nous avons opté pour le confectionne à la maison avec des outils que nous avons adopté pour la situation. Nous avons utilisé un chalumeau pour chauffer le tube en cuivre que nous avons remplie avec du sable fin à l'endroit que nous voulons coude, une fois bien chauffer et devenu très rouge, le tube devient flexible et se déforme facilement, de là nous avons formé le premier spiral.

Nous avons répété les faits et gestes jusqu'à ce que nous ayons obtenu le serpentín du condenseur d'air que nous voulions.

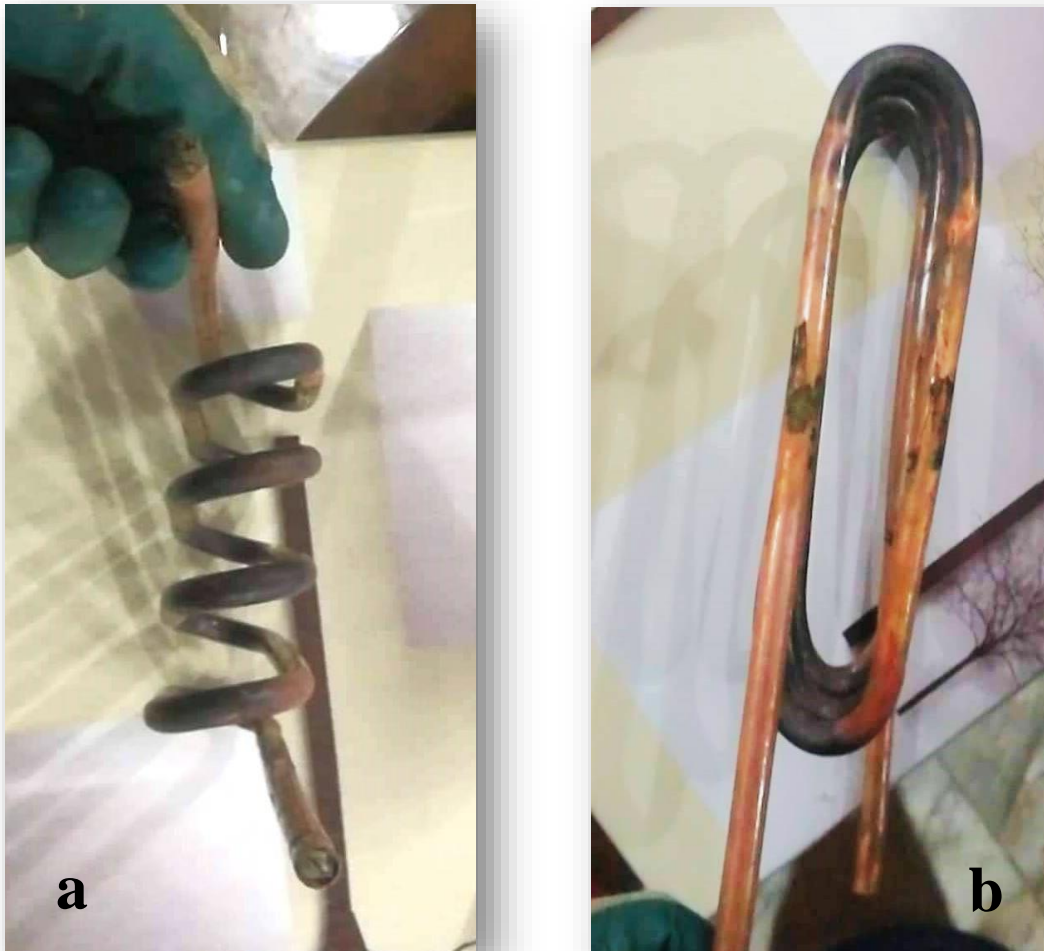


Figure (VI - 10) : Le serpentin du condenseur d'air.

VI.5. L'assemblage du concentrateur d'oxygène

VI.5.1. L'assemblage du condenseur d'air

Nous avons le serpentin que nous avons fabriqué et une ailette de fixation, en commençant les petits points de soudure pour la fixer sur le serpentin, une fois cette dernière fixer sur le serpentin, nous poursuivons avec la fixation des ailettes sur le serpentin chacune dans son sens.

Nous avons fini la fixation de toutes les ailettes et nous fixons l'ailette de fixation de l'autre bout du serpentin ce qui vas nous forme enfin notre condenseur d'air.

En dernière étape, nous avons place le ventilateur de refroidissement du condenseur et nous l'avons fixé avec des boulons et écrous de 8mm.

VI.5.2. L'assemblage de la structure du concentrateur

Pour un boîtier plus solide, nous avons décidé de fixer la façade avec les deux côtés avec des point de soudure de l'intérieur pour forme une coque bien rigide qui vas envelopper toutes les pièces poser sur le châssis.

Nous avons pointer aussi au niveau du pliage de la séparation de compresseur pour une bonne fixation et solidité.

Avant d'assemblé les pièces de la structure, nous avons d'abord pose et fixer le compresseur sur le châssis, puis nous l'avons couvert avec la pièce de la séparation conçu pour étouffer les bruits émis. Nous avons fait sortir les files d'alimentation du compresseur et les files du condensateur (capacitor), comme le démontre cette figure ci-dessous :



Figure (VI - 11) : la fixation du compresseur et de sa séparation sur le châssis.

Ensuite, nous avons place la coque pour avoir l'assemblage de toute la carcasse entière comme le démontre la figure ci-dessous :



Figure (VI - 12) : L'assemblage de la structure du concentrateur d'oxygène.

VI.5.2. L'assemblage des composants constituant la machine

Nous avons commencé par pose les deux ventilateurs qui refroidissent le compresseur sur la séparation de ce dernier, puis nous avons fixé le condenseur d'air a son emplacement sur la grille d'aération su l'arrière de la structure, et nous avons effectue le branchement de la tuyauterie en posant aussi les deux tamis moléculaires de zéolite.

Ensuite, nous avons effectué le branchement électrique de la machine (le circuite électronique imprime, l'afficheur, la carte des relais, les boutons de commandes, le capteur d'oxygène, les électrovannes, et le pressostat).

Une fois que nous avons fini avec l'assemblage de toute la machine, nous avons opte pour finir le travaille avec une couche de peinture pour esthétiser le produit, et place le filtre à air d'admission au compresseur.

VI.6. Conclusion

Suite a la réalisation de notre travail, nous avons obtenu un concentrateur qui fonctionne sur le cote mécanique et électronique de la machine, mais nous ne pouvons pas encore certifier la production de l'oxygène conforme au pharmacopée européenne de l'oxygène 93 a cause du manque et la difficulté de procurer de la zéolite pour avoir un tamis moléculaire a notre concentrateur.

CONCLUSION GENERALE

Suite a la catastrophe covid-19 pandémie mondial, maladie contagieuse qui a cause beaucoup de perte humaine et la catastrophe naturelle qu'a subit notre pays, le feu qui a rase nos terres, qu'a cause ainsi des pertes humaines et matériels.

L'autonomie en oxygène des hôpitaux qui reste soumise a la production des laboratoires pharmaceutique, a été très vite dépassée dans cette pandémie de maladie avec atteinte respiratoire.

Le recours aux concentrateurs d'oxygènes pour la production d'oxygène conforme à la pharmacopée européenne oxygène 93 intéresse les établissements hospitaliers pour une utilisation régulière sur leurs réseaux d'oxygène.

La production d'oxygène par les concentrateurs parait la plus économique, tout en offrant le maximum d'autonomie en situation d'exception.

La réalisation de ce concentrateur d'oxygène qui pourra produire 30 L/Min vas assurer la disponibilité de ce Gas indispensable a la vie et à la survie.

Enfin, le concentrateur que nous avons conclu, peut satisfaire les besoins des hôpitaux et clinique qui ne sont pas doté de station de production d'oxygène, quelques concentrateurs avec ces performances peuvent remplacer une station de production au niveau d'un hôpital ou une clinique, ce qui est très favorable financièrement parlant, car le cout d'un concentrateur est trop faible par rapport a une station.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Ingrid Millot. Production d'oxygène en situation d'exception. Vers une autonomie totale... Sciences du Vivant [q-bio]. 2012. fihal-01734090

[2] Mancel B. Présentation et maintenance du concentrateur FS-40®. Mémoire, session 2006-2007, ECMSSA.

[3] Abdoul M. Production de masse d'oxygène dans les hôpitaux mobiles de campagne. Mémoire, session 2003-2004, ECMSSA

[4] Evrard P, Borneb M, Huartc B, Hokayem P. Production d'oxygène sur site appliquée aux hôpitaux de campagne. IRBM 2007.

ANNEXE

ANNEXE 1 : Statut de l'oxygène

L'oxygène est de loin l'élément que l'on trouve le plus abondamment dans la nature. Il représente en poids :

- 46 % de l'écorce terrestre (sous forme d'oxydes, de silicates, ...).
- 89 % de l'eau présente sur terre (sous forme moléculaire).
- 21% de l'air que nous respirons.
- 62% du corps humain (sous forme moléculaire).

Sous sa forme la plus connue (il constitue 21% de l'air), c'est un gaz incolore, inodore et sans saveur ; il est essentiel à la vie et réagit fortement en présence de nombreuses autres substances chimiques.

Caractéristique de l'oxygène :

- Formule : O₂.
- Température d'ébullition en °C à la pression atmosphérique : - 183.
- Masse volumétrique liquide kg / dm³ : 1,14.
- Equivalence liquide / gaz (15°C à 1 bar) : 850.
- Masse volume gaz kg / m³ (15°C à 1 bar) : 1,354.

Tableau des normes concernant l'oxygène médical :

PHARMACOPEE FRANCAISE

Composants Valeurs limites :

- Oxygènes-en % (pureté) : 99,5.
- Humidité (eau) en ppm : 67.
- Monoxyde de carbone (CO) en ppm : 5.
- Dioxyde de carbone (CO₂) en ppm : 300.
- Caractère organoleptique : Gaz incolore et inodore.

ANNEXE 2 : Comparatif des différentes sources d'oxygène

Sources	Avantages	Inconvénients
Bouteilles d'oxygène	Pureté garantie Utilisation simple et silencieuse	Poids et volume non négligeables Risques liés à la pression Coût global important si transport aérien Problème lié aux réépreuves des bouteilles (réglementation équipements sous pression)
Oxygène liquide	Bon rapport volume oxygène fourni/volume de stockage Pureté garantie Utilisation silencieuse	Taux de vaporisation non négligeable Manipulation avec précautions Danger d'incendie ou d'explosion en cas de perforation du réservoir cryogénique Réglementation stricte pour transport routier et quasi-interdiction de transport aérien
Oxygène chimique	Autonomie énergétique (pas de source électrique) Stockage de très longue durée (> 10 ans) Maintenance faible Pas de fuite Pas de risque d'explosion Ne nécessite pas de personnel hautement qualifié Discrétion acoustique	Poids et volume chandelles non négligeables Coût très important du mètre cube d'oxygène produit Tributaire d'un moyen de transport pour acheminement des chandelles Réglementation à prendre en compte pour transport des chandelles chimiques
Système à membranes céramiques	Très grande pureté de l'oxygène produit Pas de réglementation contraignante quant à l'utilisation Pas de risque d'explosion	Fonctionnement à très haute température Forte consommation en énergie électrique Débit oxygène faible Coût important du mètre cube d'oxygène produit Technologie non encore industrialisée et fiabilisée
Concentrateurs d'oxygène	Prix de revient du mètre cube d'oxygène fourni très faible Pas de risque d'explosion Pas de réglementation contraignante quant à l'utilisation et au transport notamment aérien	Nécessité d'une alimentation électrique Poids et volume non négligeables Maintenance à prévoir Source de bruit et vibrations Adaptation nécessaire suivant environnement climatique
Electrolyse	Simple de mise en œuvre Adapté aux espaces confinés Pureté garantie	Dépendant d'une source d'électricité Nécessite une association à un surpresseur Grande consommatrice d'eau

ANNEXE 3 : Pharmacopée européenne sur l'oxygène 93%

PA/PH/Exp. 9G/T (07) 21 PUB

04/2011:2455

OXYGÈNE À 93 POUR CENT

Oxygenium 93 per centum

 O_2 M_r 32,00

DÉFINITION

Teneur : 90,0 pour cent V/V à 96,0 pour cent V/V de O_2 , le reste étant principalement constitué d'argon et d'azote.

Cette monographie s'applique à l'oxygène à 93 pour cent pour usage médical. Elle ne s'applique pas au gaz produit à l'aide de concentrateurs individuels à domicile.

PRODUCTION

L'oxygène à 93 pour cent est produit dans des concentrateurs simple étage par un procédé de purification de l'air ambiant par adsorption sur zéolites. En cours de production, la teneur en oxygène est vérifiée en continu au moyen d'un analyseur paramagnétique (2.5.27). De la conception à l'installation du concentrateur et après toute modification ou intervention majeure, le gaz produit satisfait aux exigences suivantes.

Dioxyde de carbone : au maximum 300 ppm V/V, déterminé à l'aide d'un analyseur infrarouge (2.5.24).

Gaz à examiner. La substance à examiner. Filtrez pour éviter les phénomènes optiques parasites.

Gaz témoin (a). Oxygène R.

Gaz témoin (b). Un mélange de 7 pour cent V/V d'azote R1 et de 93 pour cent V/V d'oxygène R, contenant 300 ppm V/V de dioxyde de carbone R1.

Étalonnez l'appareil et ajustez la sensibilité à l'aide des gaz témoins (a) et (b). Mesurez la teneur en dioxyde de carbone dans le gaz à examiner.

Monoxyde de carbone : au maximum 5 ppm V/V, déterminé à l'aide d'un analyseur infrarouge (2.5.25).

Gaz à examiner. La substance à examiner. Filtrez pour éviter les phénomènes optiques parasites.

Gaz témoin (a). Oxygène R.

Gaz témoin (b). Un mélange contenant 5 ppm V/V de monoxyde de carbone R dans l'azote R1.

Étalonnez l'appareil et ajustez la sensibilité à l'aide des gaz témoins (a) et (b). Mesurez la teneur en monoxyde de carbone dans le gaz à examiner.

Monoxyde d'azote et dioxyde d'azote : au maximum 2 ppm V/V pour la somme des teneurs, déterminé à l'aide d'un analyseur à chimiluminescence (2.5.26).

Gaz à examiner. La substance à examiner.

Gaz témoin (a). Un mélange de 21 pour cent V/V d'oxygène R et de 79 pour cent V/V d'azote R1, contenant moins de 0,05 ppm V/V de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote.

Gaz témoin (b). Un mélange contenant 2 ppm V/V de dioxyde d'azote R dans l'azote R1.

PA/PH/Exp. 9G/T (07) 21 PUB

1 Etalonnez l'appareil et ajustez la sensibilité de l'appareil à l'aide des gaz témoins (a) et (b).
 2 Mesurez les teneurs en monoxyde d'azote et en dioxyde d'azote dans le gaz à examiner.

3 **Dioxyde de soufre** : au maximum 1 ppm V/V, déterminé à l'aide d'un analyseur à
 4 fluorescence ultraviolette (figure 2455.-1).

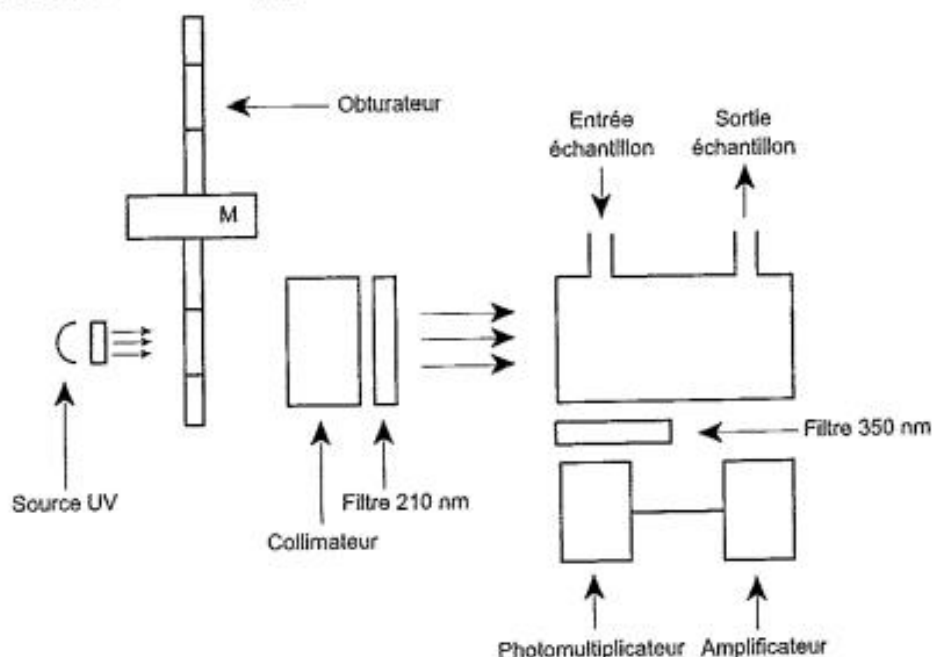


Figure 2455.-1. - Analyseur à fluorescence UV

L'appareil comporte :

- un système de génération du rayonnement ultraviolet d'une longueur d'onde de 210 nm, comprenant une lampe ultraviolette, un collimateur et un filtre sélectif ; le faisceau lumineux est interrompu périodiquement par un obturateur tournant à grande vitesse ;
- une chambre de réaction, dans laquelle circule le gaz à examiner ;
- un système de détection du rayonnement émis à la longueur d'onde de 350 nm, constitué par un filtre sélectif, un photomultiplicateur et un amplificateur.

Gaz à examiner. Filtrez la substance à examiner.

Gaz témoin (a). Un mélange de 7 pour cent V/V d'azote R1 et de 93 pour cent V/V d'oxygène R.

Gaz témoin (b). Un mélange de 7 pour cent V/V d'azote R1 et de 93 pour cent V/V d'oxygène R contenant de 0,5 ppm V/V à 2 ppm V/V de dioxyde de soufre R1.

Etalonnez l'appareil et ajustez la sensibilité à l'aide des gaz témoins (a) et (b). Mesurez la teneur en dioxyde de soufre dans le gaz à examiner.

Huile : au maximum 0,1 mg/m³, déterminé à l'aide du tube détecteur d'huile (2.1.6).

Eau : au maximum 67 ppm V/V, déterminé à l'aide d'un hygromètre électrolytique (2.5.28).

Dosage. Déterminez la teneur en oxygène à l'aide d'un analyseur paramagnétique (2.5.27).

CARACTÈRES

Aspect : gaz incolore.

1 IDENTIFICATION

2 L'oxygène à 93 pour cent satisfait aux limites du dosage.

4 ESSAI

5 **Dioxyde de carbone** : au maximum 300 ppm V/V, déterminé à l'aide du tube détecteur de
6 dioxyde de carbone (2.1.6).7 **Monoxyde de carbone** : au maximum 5 ppm V/V, déterminé à l'aide du tube détecteur
8 de monoxyde de carbone (2.1.6).9 **Monoxyde d'azote et dioxyde d'azote** : au maximum 2 ppm V/V pour la somme des
10 teneurs, déterminé à l'aide du tube détecteur de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote
11 (2.1.6).12 **Dioxyde de soufre** : au maximum 1 ppm V/V, déterminé à l'aide du tube détecteur de
13 dioxyde de soufre (2.1.6).14 **Huile** : au maximum 0,1 mg/m³, déterminé à l'aide du tube détecteur d'huile (2.1.6).15 **Vapeur d'eau** : au maximum 67 ppm V/V, déterminé à l'aide du tube détecteur de vapeur
16 d'eau (2.1.6).

20 DOSAGE

21 Déterminez la teneur en oxygène à l'aide d'un analyseur paramagnétique (2.5.27).

23 CONSERVATION

24 L'oxygène à 93 pour cent obtenu avec un concentrateur d'oxygène est normalement utilisé
25 sur le site où il est produit. Il alimente directement une canalisation pour gaz médicinal ou
26 un système d'administration. Dans les cas autorisés par l'Autorité compétente, l'oxygène
27 à 93 pour cent peut être conservé en récipients appropriés conformes aux prescriptions
28 légales. N'utilisez des huiles ou des graisses que si elles sont compatibles avec l'oxygène.

30 IMPURETÉS

32 A. CO₂ : dioxyde de carbone,

34 B. CO : monoxyde de carbone,

36 C. SO₂ : dioxyde de soufre,38 D. NO et NO₂ : monoxyde d'azote et dioxyde d'azote,

40 E. huile,

42 F. H₂O : eau.

45 Réactifs

46 **Azote (dioxyde d')**. NO₂. (M_r 46,01). XXXXXXXX [10102-44-0].47 **Teneur** : au minimum 98,0 pour cent V/V.