



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la construction
Département d'Electromécanique



Mémoire

en vue de l'obtention du diplôme de Master/Startup dans le cadre
de l'arrêté ministériel n° 1275

Filière : Electromécanique
Spécialité : Maintenance industrielle

THEME

**Conception et fabrication d'une enceinte
semi-automatique de vieillissement de matériaux
sous UV couplés à la température**

Présenté par :

BOUCHAIB Aissa
CHIBANE Mohamed

Encadré par :

NECHICHE Mustapha

Remerciements



Le travail présenté dans ce mémoire a été mené au département d'électromécanique de l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

Nos remercions avant tout le grand Dieu qui nous a donné la force, le courage et la patience de mener à terme ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements à notre promoteur, M. NECHICHE Mustapha, pour ses encouragements et ses précieuses orientations durant notre travail.

Nous tenons plus largement à exprimer notre reconnaissance à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury pour avoir expertisé notre travail. Vos retours nous ont été précieux pour une meilleure lisibilité de notre manuscrit.

Dédicaces

Je dédie ce travail à celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses dévouements

A ma chère mère

A celui qui s'est changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions

A mon cher père

A mes frères, pour votre soutien indéfectible et les moments de joie que nous avons partagés. Vous avez toujours été là pour me motiver et me faire rire dans les moments difficiles. Merci d'être mes complices dans cette aventure.

A mes sœurs, pour votre encouragement et votre amour, vous avez toujours été mes meilleures amies et mes plus grandes supportrices. Votre présence a rendu ce parcours encore plus spécial.

A mes amis, qui ont été là dans les hauts et les bas de ce parcours. Votre camaraderie, vos rires et votre soutien m'ont aidé à surmonter les difficultés. Merci d'avoir partagé ces expériences avec moi.

*A mon binôme **CHIBANE Mohamed** pour ta collaboration précieuse et ton engagement tout au long de ce projet. Travailler ensemble a été une expérience enrichissante et je te suis reconnaissant d'avoir partagé cette aventure avec toi.*

A mes camarades de promotion (2023/2024), avec qui j'ai partagé tant de moments inoubliables. Ensemble nous avons surmonté des défis et célébré des réussites. Cette réalisation est le fruit de nos efforts collectifs et notre esprit d'équipe.

Dédicaces

Aissa

Dédicace

Je dédie ce travail avec une immense gratitude et tout mon amour à mes chers parents, dont le soutien constant, les sacrifices et les encouragements ont été la source de ma force et de ma détermination tout au long de ce parcours.

Je dédie également cette réalisation à mon frère et mes sœurs et à toute ma famille.

*A mon cher binôme **BOUCHAIB Aissa**, je dédie cette réussite pour sa collaboration, son engagement et sa contribution précieuse tout au long de ce projet.*

A mes chers amis qui ont partagé avec moi les hauts et les bas de mon parcours de formation universitaire.

A tous mes camarade de promotion 2023/2024.

Dédicaces

Moh

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie I : Etude bibliographiques

Chapitre I : Vieillissement des matériaux sous rayonnement ultra-violet, température.

I.1. Introduction	3
I.2. Généralités sur les rayonnements ultraviolets et leur origine.....	3
I.2.1. Définition des rayonnements UV	3
I.2.2. Historique de la découverte des rayonnements UV	3
I.2.3. Les sources des rayonnements UV.....	4
I.2.4. Spectre électromagnétique.....	5
I.3. Mécanismes de vieillissements des matériaux sous UV- Température	7
I.3.1. Principes de vieillissement des polymères	7
I.3.2. Mécanisme de coupure de chaînes macromoléculaires	7
I.3.3. Réticulation des chaînes macromoléculaires	8
I.3.4. Vieillissement sous ultraviolets-température.....	8
I.4. Le vieillissement des matériaux polymères.....	9
I.4.1. Vieillissement chimique	9
I.4.2. Vieillissement physique	10
I.4.2.1. Vieillissement physique interne	10
I.4.2.2. Vieillissement physique externe.....	11
I.5. Les matériaux sensibles aux ultraviolets et à la température.....	11
I.6. Conclusion.....	14

Chapitre II : Étude du vieillissement des matériaux sous UV-température au laboratoire.

II.1. Introduction	15
II.2. Principe de vieillissement accéléré	15
II.3. Mécanismes du vieillissement accéléré.....	16
II.4. Objectifs et applications	16
II.5. Intérêt des expériences au laboratoire	17

II.5.1. Validation des résultats	18
II.6. Equipements de vieillissement accéléré.....	18
II.6.1. Mode de fonctionnement des enceintes UV	19
II.7. Les enceintes UV combinés à la température et à l'humidité.....	20
II.7.1. Fonctionnement.....	20
II.7.1.1. Simulation des effets des UV, de la chaleur et de l'humidité.....	21
II.7.1.2. Applications variées dans de nombreux secteurs.....	21
II.7.1.3. Normes et standards des enceintes.....	22
II.7.2. Performances.....	22
II.8. Conclusion	24

Partie II : Conception et fabrication d'une enceinte de vieillissement sous UV-température

Chapitre III : Conception de l'enceinte

III.1. Introduction.....	27
III.2. Principe de fonctionnement de l'enceinte.....	27
III.3. Présentation des différents composants	27
III.3.1. Le « tiroir » de l'enceinte.....	27
III.3.1.1. Support vertical sous forme « u ».....	28
III.3.1.2. Support horizontal.....	28
III.3.1.3. Les rails du tiroir.....	29
III.3.1.4. Assemblage global du tiroir	29
III.3.2. L'intérieur de l'enceinte.....	30
III.3.2.1. Le haut et le bas de l'enceinte.....	30
III.3.2.2. Plaques latérales intérieures droite et gauche et arrière	30
III.3.2.3 L'assemblage global de l'intérieur de l'enceinte	31
III.3.3. L'extérieur de l'enceinte.....	32
III.3.3.1. Haut et le bas	32
III.3.3.2. Extrémité droite et gauche	32
III.3.3.3. Cache arrière extérieur de l'enceinte	33
III.3.4. La portière.....	34
III.3.4.1. Le cadre de la portière	34

III.3.4.2. Intérieur de la portière	34
III.3.4.3. Extérieur de la portière	35
III.3.4.4. Les paumelles de la portière	35
III.3.5. L'isolation thermique	36
III.3.6. L'assemblage final de notre enceinte	36
III.3.7. La table de l'enceinte	37
III.4. Les composants électriques	37
III.4.1. Le régulateur de température	37
III.4.2. Résistance chauffante	38
III.4.3. Interrupteur horaire électronique	39
III.4.4. Relais électromécanique	40
III.4.5. Le thermocouple	40
III.4.6. Emplacement du thermocouple.....	41
III.4.7. Les lampes UV	42
III.4.8 Les ventilateurs	42
III.5. Principales caractéristiques techniques.....	43
III.6. Eléments de commande	43
III.7. Description du circuit électrique.....	44
III.8. Conclusion	46

Chapitre IV : Exposition du projet startup

IV.1. Introduction	47
IV.2. Genèse de l'idée	47
IV.3. Présentation du projet.....	47
IV.4. Les aspects innovants	48
IV.5. Domaine d'activités.....	48
IV.6. Horizons du projet.....	50
IV.7. Clients potentiels	50
IV.8. Responsables du projet.....	50
Conclusion générale.....	51

Bibliographie

Mise en plans

Résumé

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Spectre de la lumière	5
Figure I.2 : Différents types de rayonnement UV	6
Figure I.3 : Processus de coupures de chaînes macromoléculaires	7
Figure I.4 : Processus de réticulation de chaînes macromoléculaires	8
Figure I.5 : Illustration par DSC du phénomène de relaxation interne.....	10
Figure I.6 : Représentation schématique du phénomène de vieillissement physique externe.....	11
Figure I.7 : Exemples de semi-conducteurs organiques : les petites molécules et les polymères.....	12
Figure I.8 : Caoutchouc	12
Figure I.9 : Verre	13
Figure I.10 : Revêtements et peintures	13
Figure I.11 : Matériaux composites.....	14

Chapitre II :

Figure II.1 : Principe de la prédiction de la durée de vie par une méthode à facteur d'accélération	15
Figure II.2 : Dispositif de vieillissement rapide, tests de vieillissement accéléré, test de vieillissement aux UV (rayonnement UV), condensation de l'humidité	19
Figure II.3 : Procédé d'essai de vieillissement accéléré.....	21

Chapitre III :

Figure III.1 : Support sous forme « U ».....	28
Figure III.2 : Support horizontal	28
Figure III.3 : Les rails du tiroir	29
Figure III.4 : Assemblage global du tiroir	29
Figure III.5 : Le haut et le bas de l'enceinte	30
Figure III.6 : Plaques latérale intérieure droite, gauche et arrière.....	31
Figure III.7 : L'assemblage intérieur de l'enceinte en INOX	31
Figure III.8 : Plaques externes haut et bas de l'enceinte.....	32
Figure III.9 : Plaques externes droite et gauche	33

Figure III.10 : Cache arrière extérieur de l'enceinte	33
Figure III.11 : Le cadre de la porte	34
Figure III.12 : Intérieur de la portière	34
Figure III.13 : Extérieur de la portière	35
Figure III.14 : Les paumelles de la porte et photographie de l'assemblage enceinte-portière.....	35
Figure III.15 : La laine de verre mise autour de l'enceinte.....	36
Figure III.16 : Photographie de l'enceinte assemblée	36
Figure III.17 : La table de l'enceinte	37
Figure III.18 : Le régulateur de température.....	38
Figure III.19 : La résistance chauffante	39
Figure III.20 : Interrupteur horaire électronique.....	39
Figure III.21 : Relais statique.....	40
Figure III.22 : Le thermocouple	41
Figure III.23 : Emplacement de thermocouple	41
Figure III.24 : Les lampes UV	42
Figure III.25 : Ventilateurs.....	42
Figure III.26 : Élément de commande	44
Figure III.27 : Schéma du circuit électrique	45

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1 : Longueurs d'ondes et énergies des photons pour chaque bande UV	6
---	---

Introduction générale

Introduction générale

Certains matériaux à forte utilisation sont sensibles au vieillissement sous rayonnements ultra-violet (UV) et autres conditions de température et d'atmosphère et voient leurs performances se dégrader avec le temps. Parmi ces matériaux, les polymères et les matériaux biodégradables revêtent un intérêt particulier pour les industriels et les chercheurs en raison de leur importance dans plusieurs secteurs industriels et de développement durable.

Au niveau des laboratoires de recherches, notamment universitaires, il semble nécessaire de développer des dispositifs permettant de simuler les conditions dans lesquelles évoluent les matériaux dans le but de prédire leur comportement durant leur cycle de vie.

Pour certains essais, pourtant simples à réaliser, les dispositifs instrumentés et suffisamment fiables, ne sont pas disponibles. En effet, le vieillissement des matériaux sous UV-Température est peu abordé par les chercheurs vu que la grande partie des matériaux de structures et/ou fonctionnels sont insensibles aux UV, du moins à court terme. Aussi, la puissance des UV et les durées des cycles d'ensoleillement dans les pays situés dans l'hémisphère nord de la planète ont fait que l'intérêt accordé à l'étude de l'évolution des matériaux exposés à ces rayonnements soit moindre. Cependant, l'incontestable changement climatique dû, en partie, à l'inévitable mais anarchique industrialisation a poussé au développement de matériaux moins nocifs pour l'environnement mais à durabilité relative.

En Algérie, pays chaud et très ensoleillé, l'utilisation de certains matériaux, notamment les polymères classiques et les nouveaux composites requiert un certain savoir, nécessaire pour s'assurer d'un minimum de performances mécaniques et de durabilité notamment dans certaines régions du pays. D'où l'importance d'inclure, dans les études de comportement de certains matériaux, le paramètre exposition aux UV et autres conditions d'atmosphère.

Ceci étant, nous nous proposons, à titre de projet de fin d'études, de concevoir et de fabriquer un dispositif de laboratoire permettant de provoquer le vieillissement accéléré des matériaux sous Ultra-violet (UV) combinés à la chaleur. Il s'agit donc de concevoir une enceinte dans laquelle les échantillons des matériaux d'étude seront soumis aux rayons produits par une lampe UV et à la chaleur dégagée par un élément chauffant. Contrairement aux expériences actuellement en cours (lampe UV actionnée manuellement puis exposition ultérieure du matériau à la chaleur), nous proposons de fabriquer un dispositif instrumenté de sorte que les actions des UV et de la chaleur soient simultanées ou différées, que les durées et cycles d'exposition aux UV ainsi que la température soient réglables et la température ajustable.

Le présent mémoire, rapport de notre travail, est scindé en deux parties : la première est une revue de bibliographie tandis que la deuxième porte sur la conception et la fabrication de l'enceinte UV-température. Ce travail étant jugé avec aspect innovant et possibilité de déboucher sur la création d'une Start-Up, nous incluons également un chapitre dédié à cet effet. Le manuscrit sera clôturé par une conclusion générale.

Partie I

Etude bibliographique

Chapitre I

**Vieillissement des matériaux sous
rayonnement ultraviolets -
température**

I.1 Introduction

L'exposition de nombreux matériaux aux rayons ultraviolets (UV) peut causer une dégradation importante, au départ non perceptible visuellement, mais qui se manifeste de plus en plus avec le temps. Dans les matériaux polymères pour lesquels le phénomène est plus pesant, le rayonnement UV provoque une dégradation auto-oxydante qui entraîne la rupture des chaînes moléculaires, produit de nouveaux radicaux, réduit la masse moléculaire, dégage du gaz carbonique (même en très faible proportion), engendrant une détérioration des propriétés mécaniques et ce au bout de durées de fonctionnement parfois imprévisibles [1].

C'est grâce à des expériences de vieillissement accéléré réalisées au moyen de lampes UV montées sur des dispositifs conçus à cet effet que les chercheurs arrivent à suivre, plus ou moins, l'évolution du matériau au cours de son fonctionnement et à prédire, approximativement, sa durée de vie [1].

I.2. Généralités sur les rayonnements ultraviolets et leur origine

I.2.1. Définition des rayonnements UV

Le rayonnement ultraviolet (UV) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde intermédiaire entre celle de la lumière visible et celle des rayons X ; le violet étant la couleur de longueur d'onde la plus courte de la lumière visible [1].

I.2.2. Historique de la découverte des rayonnements UV

Les rayons ultraviolets (UV) ont été découverts en 1801 par le physicien allemand Johan Wilhelm RITER. Cette découverte découle de l'action chimique des UV sur le chlorure d'argent. Ce chercheur s'aperçut que le papier brunissait plus rapidement au-delà du violet, donc de toute couleur visible. En 1877, Arthur DOWNES et Thomas BLUNT mettent en évidence l'action stérilisante des rayonnements lumineux à courtes longueurs d'onde sur les bactéries et, dès 1903, on reconnut que les longueurs d'onde les plus efficaces à cet effet se situent autour de 250 nm. En 1893, le physicien allemand Victor SCHUMANN met en évidence l'existence de rayons ultraviolets de longueur d'onde inférieures à 200 nm, baptisés «ultraviolets cosmiques» à cause de leur absorption par la couche d'ozone.

Les ultraviolets peuvent être subdivisés en UV proches (380-200 nm de longueur d'onde) et ultraviolets extrêmes (200-10 nm).

Quand on considère les effets du rayonnement UV sur la santé humaine, la gamme des rayons UV souvent subdivisés en UV- A (400-315 nm), UV-B (315-280 nm) et UV-C (280-10 nm) [2]. Les UV-A sont situés juste au-delà de la lumière violette visible (400–700 nm), sont moins énergétiques que les autres UV et sont utilisés dans des applications médicales, comme outil de détection de lumières noires (détection de fluorescence), dans l'art du bronzage et l'analyse de documents (comme pour la détection de faux billets). [2].

Les UV proches sont plus doux que les UV-B (280–315 nm) et les UV-C (100–280 nm), mais ceci peut avoir des effets cumulatifs à long terme sur la santé [3].

I.2.3. Les sources des rayonnements UV

a. Soleil et rayonnement

Au sol, nous recevons du soleil un rayonnement composé de 5% d'UV, 39% de rayonnement visible et 56% d'infrarouge. Les UV ont subi une atténuation importante par l'atmosphère avant d'arriver sur la terre.

Les UVC sont filtrés par la couche d'ozone et n'atteignent pas la terre. Les UVA et UVB atténués par l'atmosphère et les particules en suspension, frappent malgré tout notre planète dans les proportions respectives de 98% et 2%.

Les nuages hauts n'arrêtent que 5 à 10% des UV. Ceux d'altitude moyenne en arrêtent 30 à 70%. Seuls les gros nuages sombres, très bas, arrêtent tous les UV.

b. Autres sources de rayonnement UV

Les sources artificielles de rayons UV se doivent avoir des enveloppes en quartz. Parmi ces sources on distingue :

c. Les arcs à souder

La soudure électrique à l'arc provoque l'émission d'une quantité d'UV très importante d'où la nécessité de porter un masque de protection des yeux et du visage.

d. Les lampes hautes pression

Ces lampes ont un principe de fonctionnement similaire à celui des lampes basses pressions sauf que la pression supérieure à 1 bar engendre un plasma plus chaud et plus intense entraînant la nécessité d'avoir une ampoule en quartz.

e. Les diodes UV

La première diode UV a été créée au Japon en mai 2006. Avec une longueur d'onde de 210 nm, elle permet d'améliorer la finesse de gravure des circuits intégrés et de concevoir des DVD dont la quantité d'information stockée est très élevée [4].

I.2.4. Spectre électromagnétique

La figure I.1 illustre le spectre électromagnétique et situe, en fonction des longueurs d'onde, les rayonnements ultraviolets.

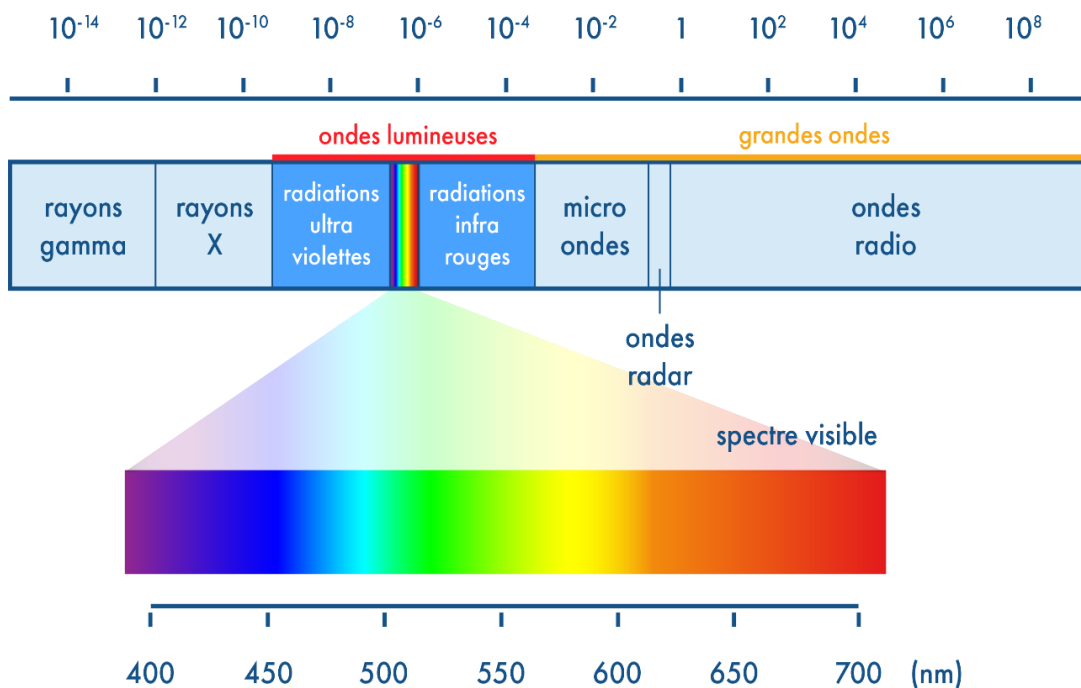


Figure I.1 : Spectre électromagnétique.

Nous voyons que les UV sont situés à la limite de la lumière visible. Selon les types des UV cités précédemment, leurs énergies sont données dans le tableau 1ci-dessous et leurs positions spectrales illustrées sur la figure I.2.

Tableau 1 : Longueurs d'ondes et énergies des photons pour chaque bande UV.

Nom	Longueur d'onde	Energie du photon
UVA	320-400nm	3.10-3.94ev
UVB	290-320nm	3.94-4.43ev
UVC	100-280nm	4.43-12.4ev

Le rayonnement ultraviolet se divise en trois bandes :

- 1. Les UVA** ont une énergie inférieure à celle des UVB, ils pénètrent dans le derme et sont responsables du bronzage immédiat, du vieillissement prématuré de la peau et peuvent jouer un rôle dans l'apparition de certains cancers de la peau. Les UVA ne sont pas facilement absorbés par la couche d'ozone.
- 2. Les UVB** ne pénètrent que la couche protectrice de l'épiderme. Ils sont responsables du bronzage à long terme, des coups de soleil, ainsi que de la plupart des cancers de la peau. Une grande part des UVB est absorbée par la couche d'ozone.
- 3. Les UVC** ont une énergie plus élevée. Ils sont très dangereux pour toutes les formes de vie (même à très faible dose). Par contre, ils ne traversent pas la couche d'ozone et n'atteignent jamais la terre. Ils sont créés de façon artificielle pour tuer des bactéries [4].

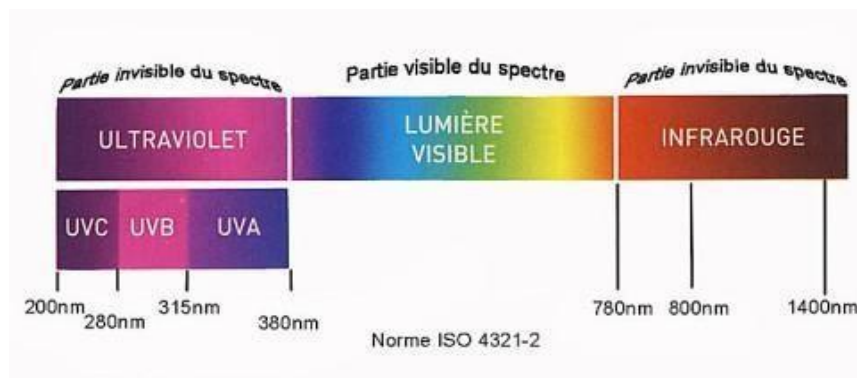


Figure I.2 : Différents types de rayonnements UV.

I.3. Mécanisme de vieillissements des matériaux sous UV-température

I.3.1. Principe de vieillissement des polymères

Le vieillissement d'un matériau correspond à une évolution lente et irréversible d'une ou de plusieurs propriétés du matériau à partir d'un point de référence identifié grâce aux propriétés physiques et mécaniques du matériau. Ces dernières sont celles obtenues, généralement près de la fin du cycle d'élaboration des matériaux. C'est cette évolution et modification de la structure des macromolécules (à l'échelle atomique) qui assurent leur cohésion mécanique, de leur composition ou de leur texture (et de morphologie) qui gouverne le processus de vieillissement.

Le vieillissement se traduit par une altération des propriétés fonctionnelles (propriétés mécaniques, aspect, propriétés physiques et résistance chimique, etc.) ou de propriétés liées à une utilisation donnée (isolation électrique, perméabilité gazeuse ou liquide, protection contre le feu...). Dans le cas du vieillissement sous UV, cette perte de propriétés est opérée par l'absorption des UV principalement et elle est due aux vibrations à forte fréquence pour de longues durées provoquant des ruptures des faibles liaisons chimiques. Etant donné que les liaisons faibles sont les plus prédominantes dans les polymères, ces matériaux sont les plus sensibles au vieillissement sous UV. De ce fait, les métaux et alliages et les céramiques, où les liaisons fortes sont les plus dominantes (liaisons métalliques et covalentes pour les métaux et alliages et liaisons ioniques pour les céramiques) sont pratiquement insensibles aux UV [2].

I.3.2 Mécanisme de rupture des chaînes macromoléculaires

Ce mécanisme de dégradation se traduit par une diminution de la masse moléculaire moyenne du polymère, il peut être schématisé comme indiqué sur la figure I-3.

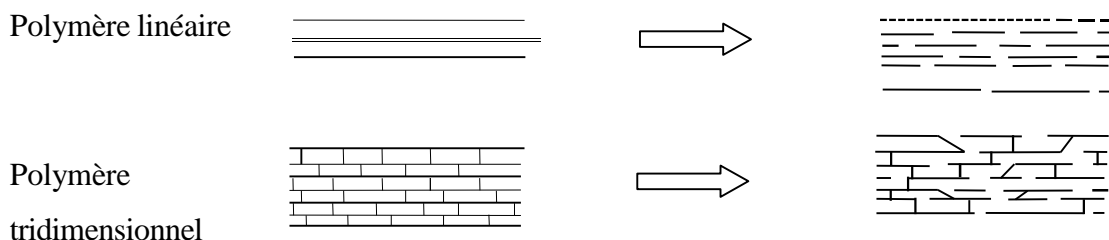


Figure I.3 : Processus de coupures de chaînes macromoléculaires.

I.3.3 Réticulation

C'est le processus inverse de la coupure de chaînes. Il se traduit par la formation de ponts entre les segments voisins de la macromolécule.

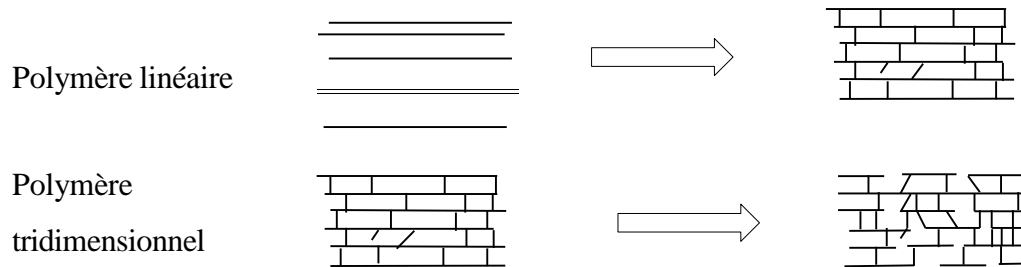


Figure I.4 : Processus de réticulation de chaînes.

I.3.4. Vieillissement sous ultraviolets-température

Le vieillissement des matériaux sous l'effet des rayonnements ultraviolets (UV) et de la température est un processus complexe qui peut altérer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques des matériaux, en particulier des polymères organiques. Voici comment chaque facteur peut influencer le vieillissement des matériaux :

1. Rayonnements ultraviolets (UV)

Effets : Les rayonnements UV peuvent provoquer des réactions photochimiques dans les polymères, entraînant la formation de radicaux libres et d'autres groupes fonctionnels. Cela peut conduire à la dégradation des chaînes polymères, à une réduction de la résistance mécanique, à un jaunissement, à une perte de brillance et à une augmentation de la fragilité du matériau [5].

Prévention : Pour atténuer ces effets, des additifs stabilisants UV sont souvent incorporés dans les polymères lors de leur élaboration. Ces additifs absorbent les photons UV et protègent ainsi les chaînes polymères contre la dégradation [5].

2. Température

Effets : Les fluctuations de la température peuvent avoir plusieurs effets sur les polymères. A des températures élevées, les polymères peuvent subir une dégradation thermique, ce qui se traduit par une réduction de la viscosité, une augmentation de la cristallinité, une diminution de la résistance à la traction et une augmentation de la tendance au fluage. A des températures très basses, les polymères deviennent plus rigides et plus cassants (plus fragiles), ce qui peut conduire à une rupture sous contrainte [5].

Prévention : Le choix de polymères adaptés aux conditions de température prévues est crucial. De plus, des additifs stabilisants thermiques peuvent être utilisés pour améliorer la résistance à la chaleur et réduire la dégradation thermique.

3. Humidité

Effets : L'humidité peut également influencer le vieillissement des polymères. Elle peut provoquer une hydrolyse des liaisons chimiques dans certains polymères, en particulier ceux contenant des groupes esters ou amides, conduisant ainsi à une diminution de la résistance mécanique et à une augmentation de la fragilité. De plus, l'humidité peut agir comme un plastifiant, affectant les propriétés mécaniques et dimensionnelles des polymères.

Prévention : L'utilisation de polymères résistants à l'humidité ou l'application de revêtements/barrières appropriés peut aider à réduire l'impact de l'humidité sur les matériaux.

Le vieillissement des matériaux sous l'effet des rayonnements UV, de la température et de l'humidité est un processus multifactoriel qui nécessite une prévention appropriée pour maintenir les propriétés et la durabilité des matériaux utilisés dans diverses applications industrielles [5].

I.4. Le vieillissement des matériaux polymères

Il existe différents mécanismes de vieillissement qui peuvent être classés en 2 familles :

I.4.1. Vieillissement chimique

Le vieillissement chimique regroupe plusieurs phénomènes qui peuvent parfois être complémentaires entre eux, ce qui complique leur étude. Ils se traduisent principalement par des phénomènes d'hydrolyse, d'oxydation, de lessivage ou de diffusion et peuvent conduire à une altération du squelette macromoléculaire suivant trois mécanismes distincts. Les coupures du squelette peuvent induire une baisse de la masse molaire du polymère, ce qui entraîne une chute des propriétés mécaniques.

Une ou des réactions de réticulation peuvent se produire, notamment sur les polymères qui possèdent des doubles liaisons dans la chaîne ou des groupements réactifs n'ayant pas encore réagi auparavant. Une ou des réactions sur les groupements latéraux peuvent intervenir par substitution d'un groupe sur un autre, par élimination des groupes au profit d'une double liaison ou d'une cyclisation. Ils sont généralement classifiés suivant la cause qui les provoque : vieillissement thermochimique, photochimique ou biologique.

I.4.2. Vieillissement physique

Le vieillissement physique s'oppose au vieillissement chimique dans la mesure où aucune modification chimique des macromolécules n'intervient. Ce vieillissement se caractérise en général par des pertes ou des gains de masse, principalement dues à l'absorption ou à la disparition de petites molécules (évaporation et/ou dissolution dans le milieu liquide en contact), et pouvant se traduire par des assouplissements ou des rigidifiassions des matériaux [5].

I.4.2.1. Vieillissement physique interne

Le vieillissement physique interne est un phénomène qui ne s'accompagne d'aucun changement de masse. Ce vieillissement est généralement constaté lors de la mise en œuvre même des matériaux, ou lors de chocs thermiques. Ainsi, lors d'un refroidissement brutal du polymère d'un état fluide vers un état solide, les polymères se trouvent alors figés au sein d'une microstructure thermodynamiquement instable, et qui va évoluer lentement vers un état plus stable. Il est possible de réparer les effets de ces vieillissements par des traitements de recuit au-dessus de la température de transition vitreuse du matériau. Ce phénomène est assez facilement identifiable par des analyses par calorimétrie différentielle à balayage DSC, où l'on observe un pic endothermique au niveau de T_g en premier passage ; pic qui disparaît lors d'un second passage. Ce phénomène est illustré sur la figure I.5.

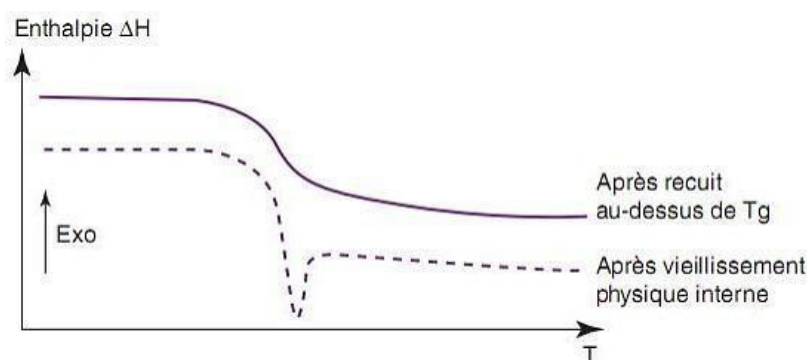


Figure I.5 : Illustration par DSC du phénomène de relaxation interne.

I.4.2.2. Vieillissement physique externe

Contrairement au vieillissement physique interne, le vieillissement physique externe s'accompagne de transferts de masse entre le matériau et le milieu extérieur. Ce type de vieillissement est schématisé sur la figure I.6.

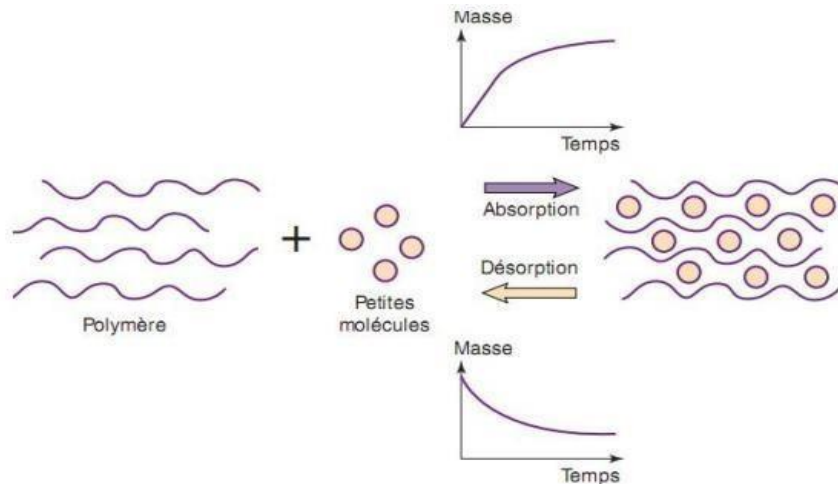


Figure I.6 : Représentation schématique du phénomène de vieillissement physique externe.

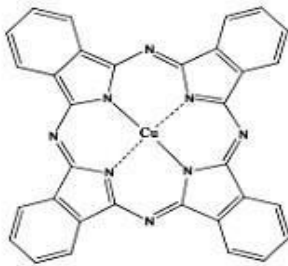
I.5. Les matériaux sensibles aux ultraviolets et à la température

Les matériaux sensibles aux rayonnements ultraviolets (UV) et à la température peuvent inclure plusieurs types de substances, en fonction de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques. Par exemple :

a. Polymères organiques

Certains polymères organiques, tels que le polystyrène, le polypropylène et le polyéthylène, peuvent être sensibles aux rayonnements UV. Ce qui peut provoquer leur dégradation et leur vieillissement prématuré. La température peut également influencer leur stabilité et leur durabilité. La figure I.7 représente un exemple de semi-conducteurs organiques: les petites molécules et les polymères [6].

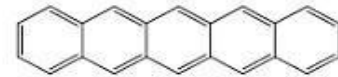
Les petites molécules



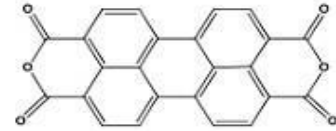
Phthalocyanine de Cuivre (CuPc)



Fullerène C60

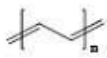


Pentacène

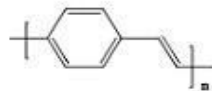


Pérylène-3,4,9,10-tétracarboxylique-3,4,9,10-dianhydride (PTCDA)

Les polymères



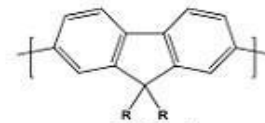
trans-polyacétylène



poly(phénylènevinylène)
(PPV)



polythiophène



polyfluorène

Figure I.7 : Exemples de semi-conducteurs organiques : les petites molécules et les polymères.

b. Caoutchouc

Les matériaux en caoutchouc, comme le caoutchouc naturel ou synthétique, peuvent subir une dégradation sous l'effet des rayonnements UV et des fluctuations de température. Cela peut entraîner une perte d'élasticité, une décoloration et une fragilisation.



Figure I.8 : Caoutchouc.

a. Verre

Certains types de verre peuvent être affectés par les rayonnements UV, bien que dans une moindre mesure que les polymères. La température peut influencer la façon dont le verre réagit aux UV, notamment en termes d'expansion thermique et de contraintes internes.



Figure I.9 : Verre.

b. Revêtements et peintures

Les peintures et les revêtements peuvent souvent contenir des additifs sensibles aux UV pour éviter la décoloration ou la dégradation. La température peut affecter leur adhérence et leurs performances, qu'elles soient d'ordre esthétique ou dans le but de protéger le matériau (Figure I.10).



Figure I.10 : Revêtements et peintures.

a. Matériaux composites

Les composites polymères renforcés de fibres (comme la fibre de verre ou la fibre de carbone) peuvent également être sensibles aux UV et à la température, affectant leur stabilité dimensionnelle et leur résistance mécanique (Figure I.11).

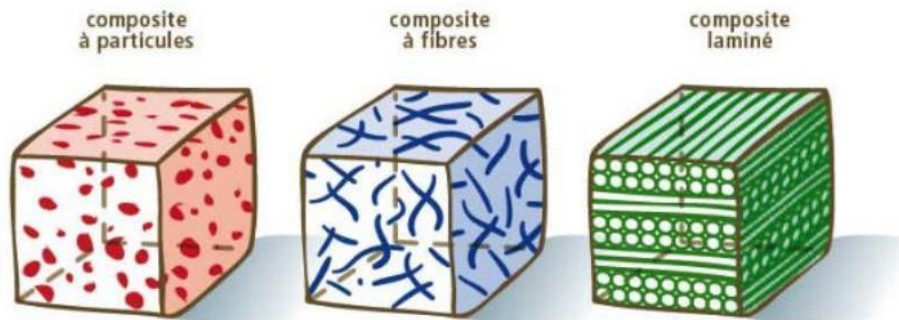


Figure I.11 : Matériaux composites.

En résumé, les matériaux sensibles aux rayonnements ultraviolets et à la température sont souvent des polymères organiques, des caoutchoucs, des revêtements et des matériaux composites, en raison de leur structure chimique et de leurs propriétés physiques particulières qui réagissent aux conditions environnementales.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur les rayonnements ultraviolets (UV) et sur le vieillissement des polymères sous leur effet. Nous avons vu que le vieillissement physique qui est caractérisé par une modification de la morphologie liée à la mobilité moléculaire, se manifeste par des fissurations sous contrainte en milieu tensioactif, par les chocs thermiques et par les phénomènes de transfert de masse. Quant au vieillissement chimique, il met en œuvre les phénomènes d'oxydation, de réticulation, de dépolymérisation et de scission chaines.

Chapitre II

**Étude du vieillissement des matériaux sous UV-
température au laboratoire**

II.1 Introduction

L'étude du vieillissement des matériaux sous l'effet des rayonnements UV et de la température est cruciale dans de nombreux domaines industriels, notamment pour évaluer la durabilité et la performance des matériaux exposés à des environnements extérieurs. Ces facteurs environnementaux peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques des matériaux. Ce qui nécessite une analyse approfondie pour garantir leur fiabilité à long terme. Au sein des laboratoires spécialisés, des méthodes précises sont employées pour simuler et étudier ces conditions d'exposition, permettant ainsi de prédire le comportement des matériaux dans les conditions environnementales réelles auxquelles ils seront soumis. Cette recherche contribue à l'amélioration des normes de qualité et à la conception de produits plus résistants et durables, jouant un rôle essentiel dans l'innovation et le développement de technologies avancées.

II.2. Principe de vieillissement accéléré

Le principe du vieillissement accéléré est une méthode utilisée pour simuler le vieillissement des matériaux dans des conditions contrôlées, permettant ainsi d'évaluer leur durabilité et leur performance sur une période de temps réduite. Cette approche est particulièrement utile dans divers secteurs industriels, notamment dans l'évaluation des produits médicaux, des matériaux de construction, et des emballages (Figure II.1).

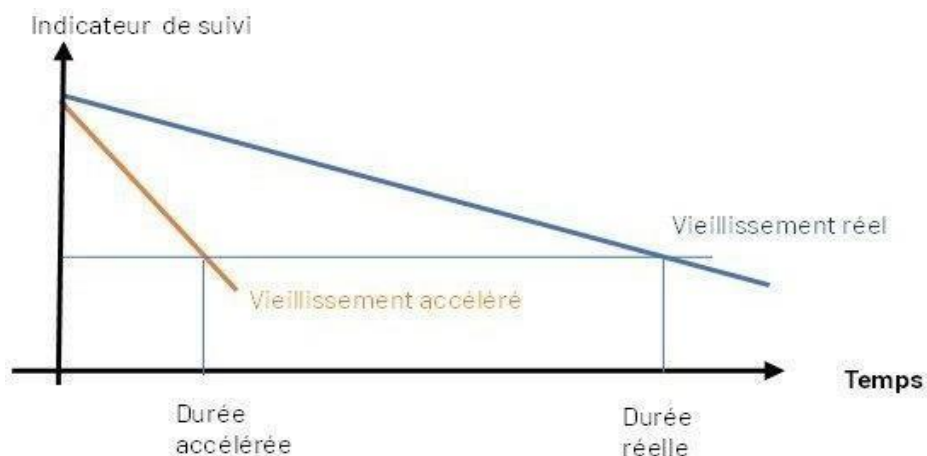


Figure II.1 : Principe de la prédiction de la durée de vie par une méthode à facteur d'accélération.

II.3. Mécanismes du vieillissement accéléré

Le vieillissement accéléré repose sur plusieurs concepts clés :

- **Conditions environnementales extrêmes** : Les échantillons sont exposés à des conditions de chaleur, d'humidité, de lumière (notamment des UV), et parfois à des polluants atmosphériques. Ces conditions reproduisent les effets de la durée d'exposition-sollicitation sur les matériaux, mais à une échelle temporelle beaucoup plus courte.
- **Équation d'Arrhenius** : Cette équation est fondamentale pour comprendre le vieillissement accéléré. Elle établit que le taux de réaction chimique augmente avec la température. Par exemple, une augmentation de 10 °C peut doubler le taux de réaction, permettant ainsi de prédire comment un matériau se comportera sur une période prolongée en fonction des conditions de test [7].

$$K = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

K : constante de vitesse.

Ea : est l'énergie d'activation de la réaction en joule par mole (J /mol) .

A : est le facteur préexponentiel (facteur de fréquence).

R : est la constante des gaz parfaits (8,314 J.mol⁻¹ . K⁻¹).

T : la température en Kelvin.

II.4. Objectifs et applications

Les objectifs principaux du vieillissement accéléré incluent :

- 1. Estimation de la durée de vie** : En observant les modifications des propriétés des matériaux sous sollicitations, les chercheurs peuvent estimer la durée de vie utile des produits.
- 2. Amélioration des conceptions** : Les résultats des tests permettent d'optimiser la formulation et la conception des matériaux pour mieux répondre aux exigences de performance.
- 3. Conformité réglementaire** : Les données obtenues à partir de tests de vieillissement accéléré sont souvent requises pour satisfaire aux normes de sécurité et de qualité dans de nombreux secteurs, notamment l'industrie pharmaceutique et alimentaire.

Cette méthode permet une évaluation plus rapide de la durée de conservation des produits, en particulier pour les dispositifs médicaux et les emballages stériles. Elle permet également d'identifier les problèmes potentiels de vieillissement des matériaux et des produits avant leur mise sur le marché. En même temps, cette méthode fournit des données pour valider les modèles de prédiction du vieillissement à long terme.

Les tests de vieillissement accéléré sont généralement effectués à des températures élevées, souvent entre 50 et 60°C, et peuvent inclure d'autres facteurs de sollicitation comme l'humidité, les cycles thermiques, les vibrations, etc. Les résultats sont ensuite utilisés pour estimer la durée de vie réelle des produits en conditions normales d'utilisation.

En conclusion, le vieillissement accéléré est une méthode essentielle pour évaluer la durabilité et la fiabilité des matériaux dans des délais réduits. En utilisant des conditions extrêmes pour simuler les effets de la durée de service, cette technique permet aux fabricants de mieux comprendre le comportement des matériaux et de prendre des décisions éclairées sur leur utilisation et leur conception. Les résultats des tests de vieillissement accéléré sont cruciaux pour garantir la qualité et la sécurité des produits destinés au marché [7].

II.5. Intérêt des expériences au laboratoire et validation des résultats

Les études en laboratoire utilisent des tests de vieillissement accéléré qui simulent des conditions climatiques extrêmes. Ces tests incluent :

- 1. Exposition aux UV :** Les échantillons sont soumis à des lampes UV qui reproduisent le spectre solaire, permettant d'observer les effets de la photo oxydation sur une période réduite.
- 2. Tests thermiques :** Des variations de température sont appliquées pour étudier l'impact thermique sur les propriétés des matériaux.
- 3. Analyses complémentaires :** Des techniques telles que la spectroscopie infrarouge et la calorimétrie différentielle à balayage (DSC) sont utilisées pour évaluer les changements dans la structure chimique et les propriétés thermiques des matériaux vieillissants.

Les tests de vieillissement accéléré en laboratoire présentant plusieurs avantages tels que :

- Ils permettant de simuler rapidement l'évaluation d'un produit sur plusieurs années en le soumettant à des conditions environnementales extrêmes (température, humidité, UV, etc.). Cela évite d'attendre des années pour obtenir des résultats.
- Ils sont essentiels pour qualifier un produit avant sa commercialisation, évaluer sa durée de vie et sa fiabilité, et éviter tout risque de défaillance lors de son utilisation.
- Ils permettent de connaître l'espérance de vie d'un produit, de vérifier sa conformité à un cahier des charges, et de contribuer à l'amélioration, par l'exploitation des résultats (recherche et développement), des performances des matériaux.

Ils sont obligatoires pour de nombreux produits comme les dispositifs médicaux, les produits alimentaires, les matériaux de construction... afin de définir la durée de vie sans altération des propriétés [8].

II.5.1. Validation des résultats

Les résultats des essais de vieillissement accéléré doivent être interprétés avec précaution. En effet, ils ne sont pas suffisants au stade de la validation initiale car ils portent sur un faible nombre d'échantillon. Il y a toujours un risque d'avoir une mauvaise représentativité du matériau. Il va sans dire que plus le nombre d'échantillons ayant subi les essais est élevé, plus le niveau de confiance dans les résultats est meilleur.

II.6. Equipements de vieillissement accéléré

Les équipements de vieillissement accéléré permettent de simuler les effets du vieillissement naturel sur les matériaux et produits en les exposant à des conditions environnementales extrêmes dans un temps réduit.

Voici les principaux types d'équipements utilisés pour le vieillissement sous UV dans les laboratoires :

- **Enceintes de vieillissement aux UV** : ces enceintes exposent les échantillons à des cycles alternés de rayonnement UV, de température et d'humidité pour simuler les effets du soleil, de la pluie et de la rosée. A titre d'exemple, l'UV-BOX 636 (produite par une filiale de GmBH, Allemagne) permet de soumettre alternativement les échantillons à des cycles d'exposition aux UV et à la température avec possibilité de condensation de l'humidité (Figure II.2).



Figure II.2 : Dispositif de vieillissement rapide, tests de vieillissement accéléré, test de vieillissement aux UV (rayonnement UV), condensation de l'humidité.

- **Enceinte à arc aux xénon :** Les enceintes à arc aux xénon comme le exposent les produits à la lumière, à la température et à l'eau pour tester leur résistance au vieillissement. Elles simulent au mieux la lumière solaire naturelle grâce à des lampes xénon filtrées.
- **Chambres de vieillissement accéléré :** ces chambres permettent de soumettre de grandes palettes ou unité d'expédition à des températures et humidités élevées selon les normes comme L'ASTM F1980 (une norme de test utilisée pour évaluer la durée de vie des produits médicaux stériles).

Les essais de vieillissement accéléré suivent généralement la loi d'Arrhenius. Ils sont complétés par des mesures physiques et mécaniques pour évaluer les propriétés des matériaux vieillissés. Les équipements utilisés permettent de reproduire en laboratoire les effets de vieillissement naturel sur les matériaux afin de prédire leur durée de vie [8].

II.6.1. Mode de fonctionnement des enceintes UV

Les enceintes de vieillissement sous UV, également connues sous le nom de chambres de vieillissement UV, sont utilisées principalement dans l'industrie du revêtement pour simuler les effets du vieillissement accéléré provoqué par les rayons ultraviolets (UV). Elles sont équipées de lampes UV spéciales (généralement UV-A ou UV-B) qui émettent des rayons ultraviolets de manière contrôlée et uniforme sur les échantillons placés à l'intérieur.

Les échantillons (comme des revêtements, des matériaux plastiques, des textiles, etc.) sont exposés aux UV pendant une période déterminée. Ce qui permet de reproduire les effets dus aux UV du soleil.

Pendant et après l'exposition aux UV, les échantillons sont étudiés pour déterminer comment leur apparence, leur durabilité, leur résistance aux UV et d'autres propriétés ont été affectées par le vieillissement simulé. Cela permet aux fabricants de tester et de développer des produits plus durables et résistants aux conditions extérieures. Les enceintes sont équipées de systèmes de contrôle précis pour réguler l'intensité et la durée de l'exposition aux UV, afin de reproduire de manière fiable les conditions de vieillissement accéléré.

II.7. Les enceintes UV combiné à la température et l'humidité

II.7.1. Fonctionnements

Les enceintes de vieillissement sous UV combinées à la température et à l'humidité sont des dispositifs utilisés pour simuler des conditions environnementales réalistes et accélérer le processus de vieillissement des matériaux.

Ces enceintes sont équipées de systèmes de contrôle sophistiqués qui permettent de réguler non seulement l'exposition aux rayons UV, mais aussi la température et l'humidité à l'intérieur de la chambre. Cela permet de reproduire des conditions environnementales variées et réalistes, telles que celles régnant dans des climats chauds et humides ou froids et secs.

Comme dans les enceintes de vieillissement sous UV standard, des lampes spéciales émettent des rayons ultraviolets (généralement UV-A ou UV-B) sur les échantillons placés à l'intérieur. Cette exposition est contrôlée et peut être ajustée en intensité et en durée en fonction des besoins de l'expérience. En combinant l'exposition aux UV avec des cycles de température et d'humidité variables, ces enceintes simulent de manière plus fidèle les conditions climatiques réelles auxquelles les matériaux seront exposés au fil du temps. Cela permet de prédire plus précisément comment les produits se comporteront dans des environnements extérieurs, en termes de durabilité, de stabilité dimensionnelle, de couleur, etc...

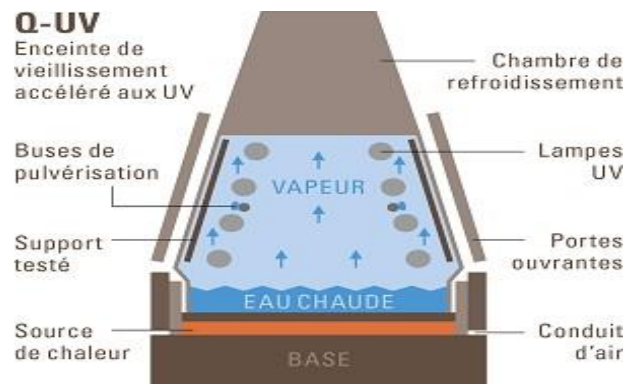


Figure II.3 : Procédé d'essai au vieillissement accéléré.

Pendant et après les cycles de vieillissement, les échantillons sont évalués pour mesurer les changements dans leurs propriétés physiques, chimiques et esthétiques. Cela inclut souvent des tests de résistance aux UV, de résistance à la décoloration, de résistance aux fissures et à d'autres formes de dégradation [8].

Voici un résumé de leurs principales caractéristiques et fonctionnalités :

II.7.1.1. Simulation des effets des UV, de la chaleur et de l'humidité

- Les enceintes utilisent des lampes UV fluorescentes pour simuler les effets des rayons solaires sur les échantillons, permettant d'évaluer leur résistance à la dégradation par l'exposition prolongée aux UV.
- Elles intègrent des systèmes de contrôle sophistiqués pour maintenir des conditions spécifiques de température et d'humidité, souvent avec des cycles alternés de lumière UV et de condensation.
- Certains modèles, comme ceux équipés de la technologie Peltier, offrent une précision accrue dans le contrôle de la température et de l'humidité.

II.7.1.2. Applications variées dans de nombreux secteurs

- Les essais peuvent être utilisés dans divers secteurs comme l'automobile, l'aéronautique, et les matériaux de construction, pour tester la durabilité des peintures, plastiques, et autres matériaux exposés à des conditions extérieures.

- Ils permettent de simuler les effets de dégradation due à la lumière du soleil (perte de brillance, craquelures, fissures, dégradation des propriétés mécaniques des polymères).

II.7.1.3. Normes et standards des enceintes

Ces enceintes répondent à de nombreuses normes internationales comme ASTM, ISO, EN, SAE, etc.

En résumé, les enceintes de vieillissement aux UV combinées à la température et l'humidité sont des outils puissants et polyvalents pour garantir la qualité et la longévité des produits en conditions environnementales extrêmes. Leur utilisation est largement répandue dans l'industrie pour tester une grande variété de matériaux.

II.7.2. Performances

La performance des enceintes de vieillissement sous UV, en combinaison avec la température et l'humidité, est cruciale pour maintenir un environnement optimal, sont évaluées principalement en fonction de plusieurs critères.

1. Précision de la simulation

La capacité de l'enceinte à reproduire de manière précise et reproductible les conditions environnementales réelles joue un rôle crucial dans l'évaluation des performances. Cela inclut la précision du contrôle de la température, de l'humidité et de l'intensité des rayons UV.

2. Uniformité de l'exposition

Une exposition uniforme aux rayons UV à travers tous les échantillons placés dans la chambre est essentielle pour garantir des résultats fiables et comparables. Les systèmes d'alignement et de répartition des lampes UV jouent un rôle crucial à cet égard.

3. Contrôle des paramètres d'environnement

La capacité à maintenir de manière stable et précise les paramètres environnementaux tels que la température et l'humidité est essentielle. Cela permet de reproduire fidèlement les conditions climatiques variées qui peuvent affecter les matériaux dans leur utilisation réelle.

4. Fiabilité et durabilité

Les enceintes elles-mêmes doivent être robustes et fiables pour résister à une utilisation intensive sur de longues périodes sans compromettre la précision des tests. Les composants électriques, mécaniques et de contrôle doivent être conçus pour une durabilité à long terme.

5. Précision des résultats

Les résultats des tests, y compris les analyses de dégradation, de changements physiques et chimiques, doivent être précis et reproductibles. Cela permet aux fabricants de prendre des décisions éclairées sur la durabilité et la performance des matériaux testés.

6. Facilité d'utilisation

Une interface utilisateur intuitive et des systèmes de programmation simples facilitent l'utilisation de l'enceinte, réduisant ainsi les erreurs opérationnelles et assurant une utilisation efficace par le personnel technique.

7. Compatibilité avec les normes et les réglementations

Dans de nombreux cas, les performances de ces enceintes sont évaluées en fonction de normes spécifiques de l'industrie ou de réglementations gouvernementales. La conformité à ces normes est essentielle pour garantir l'acceptation et la reconnaissance internationale des tests effectués.

Les enceintes UV de type Q-SUN Xe-2 permettent de reproduire fidèlement le spectre complet de la lumière solaire en utilisant des lampes à arc xénon. Elles offrent un contrôle précis et simultané de l'irradiante UV, de la température (air et panneau noir) et de l'humidité relative. L'option de pulvérisation d'eau simule l'effet de la pluie.

Le contrôle d'irradiante SOLAR EYE surveille en permanence la puissance des lampes pour assurer des conditions d'exposition constantes. L'irradiante peut être réglée sur plusieurs bandes passantes (340 nm, 420 nm).

Le contrôle d'humidité relative (HR) permet de surveiller, contrôler et afficher simultanément la HR, température de panneau noir et température d'air. L'option de pulvérisation d'eau pure simule l'attaque par l'humidité en extérieur.

Ces enceintes offrent une grande flexibilité pour tester l'impact de la lumière UV combinée à la température et l'humidité sur divers matériaux. Elles permettent d'obtenir rapidement des informations sur les performances à long terme des produits testés dans ces conditions environnementales accélérées.

En résumé, les enceintes de vieillissement accéléré aux UV, température et humidité sont des outils performants et polyvalents pour évaluer la durabilité des matériaux dans des conditions proches du vieillissement naturel [9].

II.8. Conclusion

En conclusion, l'étude du vieillissement des matériaux sous UV et température est essentielle pour garantir la sécurité et la durabilité des produits. Elle permet non seulement de prédire la durée de vie des matériaux, mais aussi d'identifier les modes de défaillance potentiels avant leur mise sur le marché. À mesure que les industries évoluent vers des matériaux plus complexes et variés, la compréhension des mécanismes de vieillissement devient de plus en plus cruciale pour le développement de solutions innovantes et durables.

Partie II

**Conception et fabrication d'une
enceinte de vieillissement sous
UV température**

Chapitre III

Conception de l'enceinte

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter notre réalisation. Tout d'abord, nous aborderons la conception mécanique. Pour bien structurer le projet, nous l'avons reparti en plusieurs tâches.

En guise de première ébauche, nous allons dresser la liste des matériaux et les diverses composants essentiels à la réalisation du projet.

Vient ensuite une partie de la conception qui représente une phase très importante de mise en œuvre du projet. Un cheminement qui amène le projet à sa phase finale et évite les événements imprévus pendant la phase de sa mise en œuvre.

III.2. Principe de fonctionnement de l'enceinte

Notre conception est une enceinte de vieillissement des matériaux sous ultraviolets (UV) et la température. Elle sera réalisée en utilisant une structure en acier ordinaire et l'intérieur en tôles d'acier inoxydable. Ces matériaux se trouvent sur le marché et une bonne partie est actuellement disponible au hall de technologie de l'université (à Oued Aissi). Comme source des UV, nous utiliserons des lampes en forme longitudinale. Comme source chaleur, nous utiliserons une résistance chauffante de 170 W (220V-50Hz) qui sera placée à l'intérieur de l'enceinte. Deux ventilateurs seront montés à droite et à gauche de la lampe UV pour éviter sa surchauffe (grâce à un refroidissement par circulation d'air depuis la paroi latérale de l'enceinte). Comme porte échantillons, nous utiliserons une grille en acier Inox à disposer à l'intérieur de l'enceinte. Les durées (périodes) d'exposition des échantillons aux UV et la température dans l'enceinte doivent être ajustables.

III.3. Présentation des différents composants

Pour garantir le bon fonctionnement du système, nous avons utilisé pour ce projet des composants électroniques, et fabriqué des pièces mécaniques pour l'ensemble de l'enceinte. Pour la conception de ces pièces, nous avons utilisé un logiciel SolidWorks.

III.3.1. Le tiroir de l'enceinte

Nous allons présenter les différents composants pour réaliser le tiroir de cette enceinte.

III.3.1.1. Support vertical sous forme « u »

Pour la fabrication de ce support, des barres en fer plat d'une épaisseur de 4 mm, d'une longueur de 400 mm et d'une largeur de 40 mm ont été utilisées. Les deux extrémités de 40 mm ont été pliées afin de créer une configuration en forme de « U ». Par ailleurs, six perçages de diamètre 10 mm ont été effectués pour permettre l'assemblage d'autres tiges latérales comme illustré dans la figure III.1.

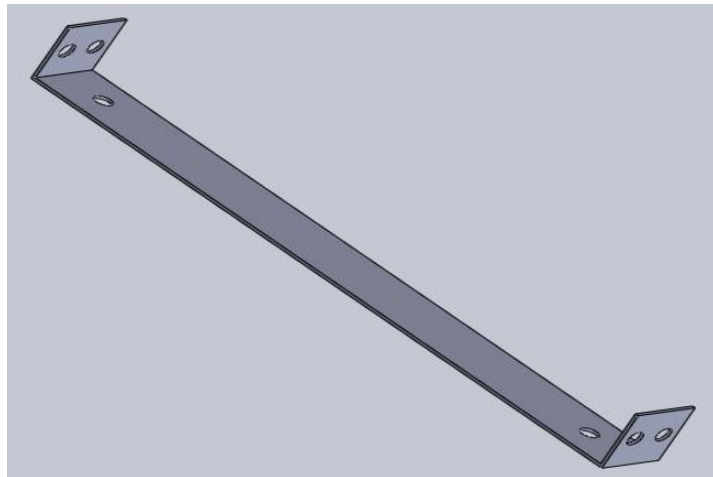


Figure III.1 : Support sous forme « u ».

III.3.1.2. Support horizontal

Ce support (figure III.2) est une tige réalisée à partir de fer plat mesurant 4 mm d'épaisseur, 550 mm de longueur 40 mm de largeur. Quatre perçages à ses extrémités, de diamètre 10 mm ont été réalisés de manière à coïncider avec les deux perçages latéraux du support en forme « u » pour l'assemblage.



Figure III.2 : Support horizontal.

III.3.1.3. Les rails du tiroir

Le rail sera fabriqué en utilisant une cornière 12x12x230 mm. Deux perçages de diamètre 10 mm au niveau des deux extrémités sont réalisés comme montré sur la figure III.3.

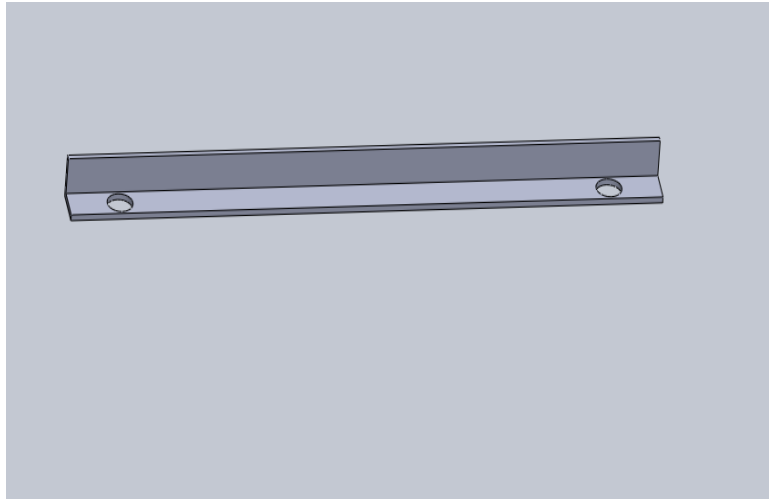


Figure III.3 : Les rails du tiroir.

III.3.1.4. Assemblage global du tiroir

Les trois éléments cités (Fig. III.1, III.2 et III.3), en nombre suffisant (4 de chaque élément) seront montés et assemblés au moyen de vis-écrous comme illustré sur la figure III.4. Les 4 rails du tiroir serviront à accueillir la partie intérieure de l'enceinte, qui est réalisée à partir d'une tôle en acier inox.

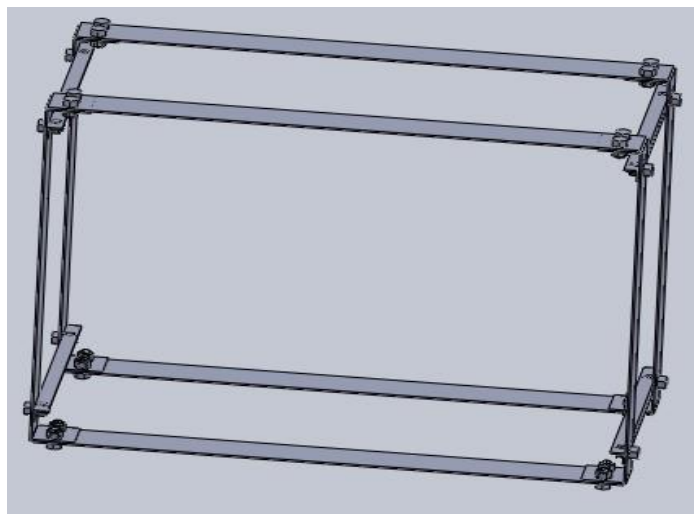


Figure III.4 : Assemblage global du tiroir.

III.3.2. L'intérieur de l'enceinte

Nous allons présenter les différentes pièces à fabriquer pour réaliser l'enceinte en acier inox à partir d'une tôle mesurant 1m de largeur. L'indisponibilité d'une telle tôle, en quantité suffisante nous a contraints à limiter la profondeur de l'enceinte au détriment de sa largeur et de sa hauteur ; dimensions pour lesquelles l'ordre d'importance et d'exigence sont moindres. En effet, la principale contrainte est liée à la longueur de la lampe UV et de l'élément chauffant. La deuxième contrainte concerne la distance (verticale) entre la source des UV et les échantillons ainsi que la distance entre la source de chaleur (résistance chauffante) et les échantillons.

III.3.2.1. Le haut et le bas de l'enceinte

Pour fabriquer cette pièce, en deux exemplaires, nous avons utilisé des tôles en Inox mesurant 540 mm de longueur et 300 mm de largeur. Nous avons réalisé deux pliages le long des 540 mm, dans des sens tels qu'indiqué sur la figure III.5. Le premier pliage est à 30 mm de l'extrémité et l'autre à 40 mm. Cette dernière correspondra à la largeur de la zone de contact enceinte-portière (voir figure III.7). La profondeur de l'enceinte sera donc de 230 mm puisque les 40+30 mm correspondant aux deux pliages seront déduite des 300 mm de largeur.

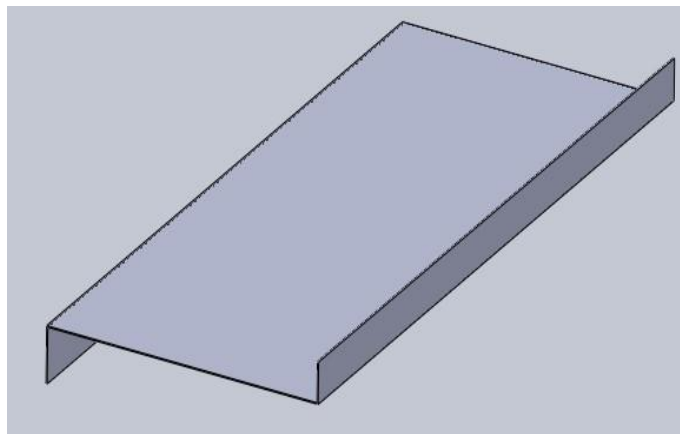


Figure III.5 : Le haut et le bas de l'enceinte.

III.3.2.2. Plaques latérales intérieure droite et gauche et arrière

Ces plaques seront réalisées à partir du reste de la tôle. La largeur maximale disponible étant de 1000 mm, une seule pièce ayant cette largeur sera pliée de sorte à ce qu'elle forme avec les deux précédentes une enceinte, en forme de caisson rectangulaire. La profondeur de cette enceinte étant de 230 mm auxquels s'ajoutent les 40 mm de pliage correspondant à la zone de contact enceinte-portière (Fig. III.7), il restera des 1000 mm de largeur initiale 460 mm

correspondant à la largeur de l'enceinte. Aurement dit, les dimensions finales de l'enceinte seront de 460*300*230 mm. Trois perçages, dont deux de diamètre 70 mm sur le côté latéral, près des bouts de la lampe UV, sont réservés pour accueillir les ventilateurs de la lampe UV tandis que le troisième, de diamètre 12 mm sera réalisé au milieu de la face correspondant à la plus grande surface (la face principale intérieure de l'enceinte) est destinée pour l'entrée du thermocouple. Le schéma de cette pièce pliée est représenté sur la figure III.6.

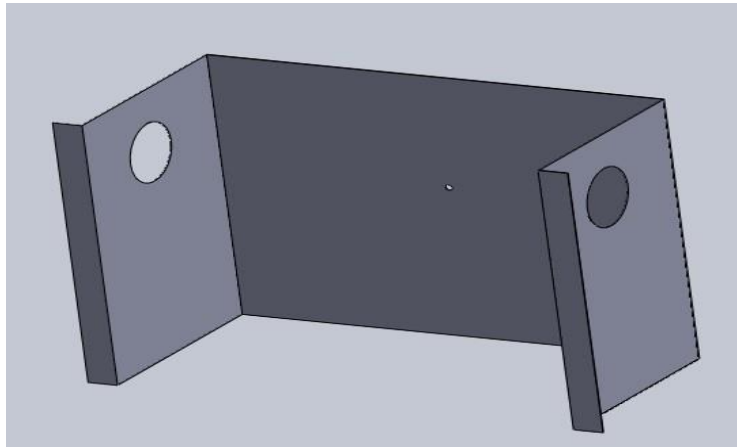


Figure III.6 : Plaque latérale intérieure droite et gauche et arrière.

III.3.2.3 Assemblage de l'intérieur de l'enceinte

Une vue d'assemblage des plaques intérieures décrites précédemment est représentée sur la figure III.7. Une fois fixées les unes avec les autres, ces tôles seront soudées à l'arc électrique au moyen d'un poste TIG avec une baguette adaptée (en Inox). Les deux bouts de dimensions 40*30 mm qui gênent l'entrée facile par glissement de l'enceinte dans le tiroir (au niveau des rails) seront découpés au moyen d'une scie.

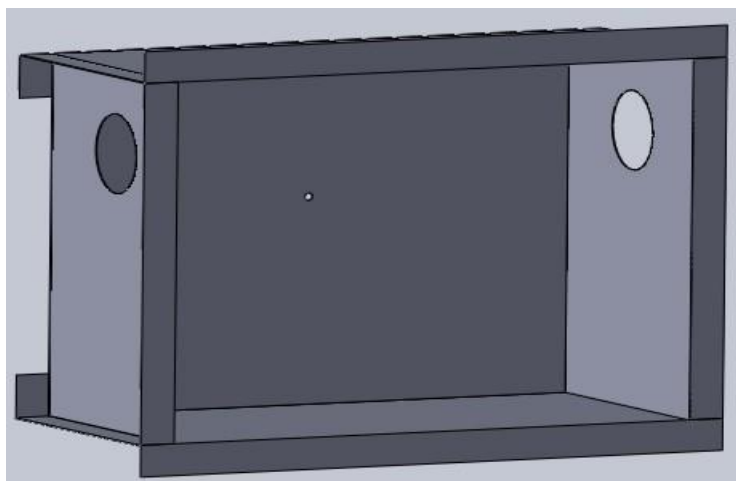


Figure III.7 : L'assemblage global intérieur de l'enceinte en Inox.

III.3.3. L'extérieur de l'enceinte

Nous allons présenter les différentes pièces à fabriquer pour réaliser la paroi extérieure de l'enceinte en utilisant des tôles en acier ordinaire.

III.3.3.1. Le haut et le bas de la paroi extérieure

Pour fabriquer ces deux pièces, nous utiliserons des tôles en acier ordinaire mesurant 540 mm de longueur 240 mm de largeur, c'est-à-dire à la mesure de la paroi interne en inox, que nous plierons à 10 mm. Cette plaque, en deux exemplaires, aura 8 perçages de 6 mm de diamètre comme illustré sur la figure III.8.

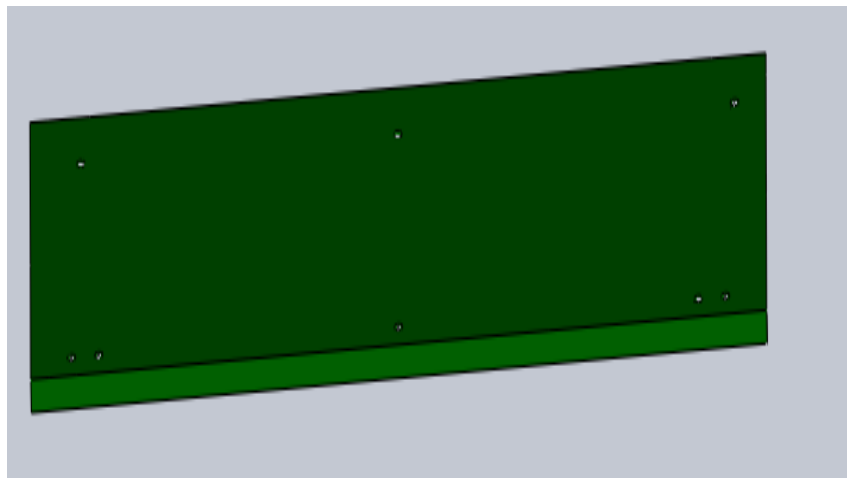


Figure III.8 : Haut et le bas.

III.3.3.2. Plaques latérales droite et gauche

Ces deux plaques seront réalisées à partir d'une tôle en acier ordinaire d'épaisseur 2 mm, de largeur 240 mm et de longueur 430 mm. Un pliage à 10 mm de l'extrémité et 7 perçages, dont un de 70 mm (coïncidant avec l'emplacement du ventilateur) et 6 de 10 mm (pour la fixation de ces plaques sur le tiroir) seront réalisés. Le dessin de ces plaques est illustré sur la figure III.9.

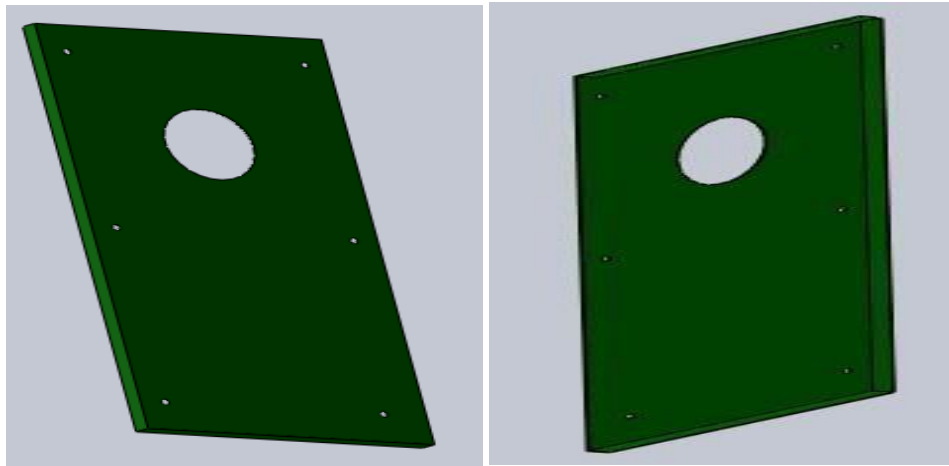


Figure III.9 : Plaques latérales droite et gauche.

II.3.3.3. Cache arrière extérieur de l'enceinte

Cette pièce sera également réalisée à partir d'une tôle d'acier ordinaire, de largeur 540 mm et de longueur 340 mm, ayant 6 perçages de diamètre 11 mm le long de la zone pliée et 6 perçages de diamètre 6 mm le long de la zone basse ainsi qu'un perçage rectangulaire de dimensions 40*25 mm. Ces 6 perçages de 6 mm sont prévus pour accueillir les entrées-sorties de connexions électriques à savoir, l'alimentation de la lampe UV, des ventilateurs et la sortie du thermocouple. L'alimentation électrique de la résistance chauffante (fort courant) sera assurée via une connexion sur le perçage rectangulaire. Le schéma de ce cache arrière est illustré sur la figure III.10.

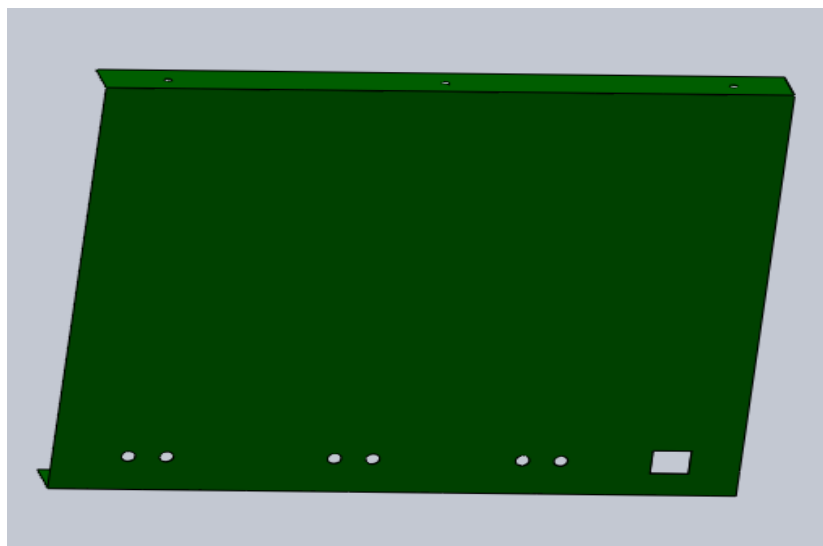


Figure III.10 : Cache arrière extérieur de l'enceinte.

III.3.4 La portière

III.3.4.1. Le cadre de la porte

Le cadre de la portière sera fabriqué à partir d'un cadre obtenu par assemblage de tiges en alliage d'aluminium tel qu'illustré sur la figure III.11. Les quatre tiges sont assemblées grâce à des éléments en forme de L. Les deux tôles, interne (en Inox) et externe (en acier ordinaire) viendront se fixer sur ce cadre de sorte à laisser l'intérieur vide. Cette configuration permettra de disposer un isolant thermique, à savoir une couche de laine de verre, entre les deux tôles.

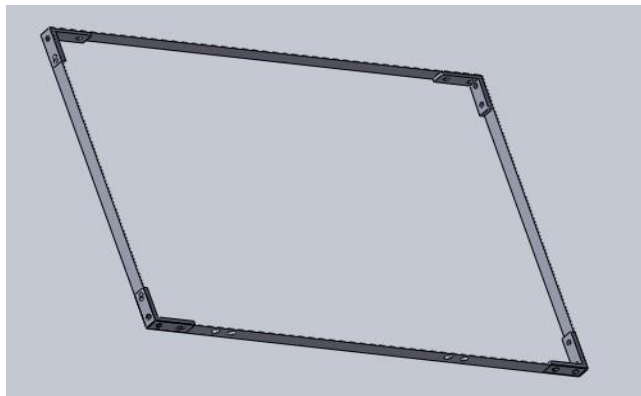


Figure III.11 : Le cadre de la porte.

III.3.4.2. Intérieur de la portière

Cette tôle sera réalisée à partir d'une feuille en Inox, de dimension 400 mm de largeur (hauteur de l'enceinte) et 540 mm de longueur (largeur de l'enceinte) à plier au niveau de ses deux extrémités (à 20 mm) de sorte à correspondre à la façade externe de l'enceinte Inox (Fig. III.7). La vue en perspective de cette pièce est illustrée sur la figure III.12.



Figure III.12 : Intérieur de la portière.

III.3.4.3. Extérieur de la portière

Cette pièce sera réalisée à partir d'une tôle d'acier ordinaire d'une largeur de 400 mm et de longueur 540 mm. Deux perçages de diamètre 6 mm sont prévus pour accueillir une poignée de porte (Fig. III.13).

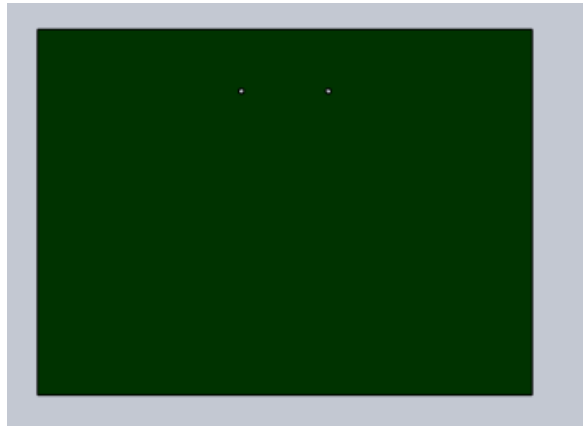


Figure III.13 : Plaque extérieure de la portière.

III.3.4.4. Les paumelles de la porte

Ces quatre pièces, deux de chaque type, seront fabriquées à partir d'un alliage d'aluminium. La configuration particulière de notre dispositif et les possibilités d'évolution des jeux entre la portière et la surface de l'enceinte, avec la mise en place de joints en silicone, nous ont poussés à concevoir des paumelles dont les pistons de fixation sur le cadre tiroir seront réglés en temps opportun. La figure III.14 montre des vues en perspective et une photographie du dispositif réalisé.

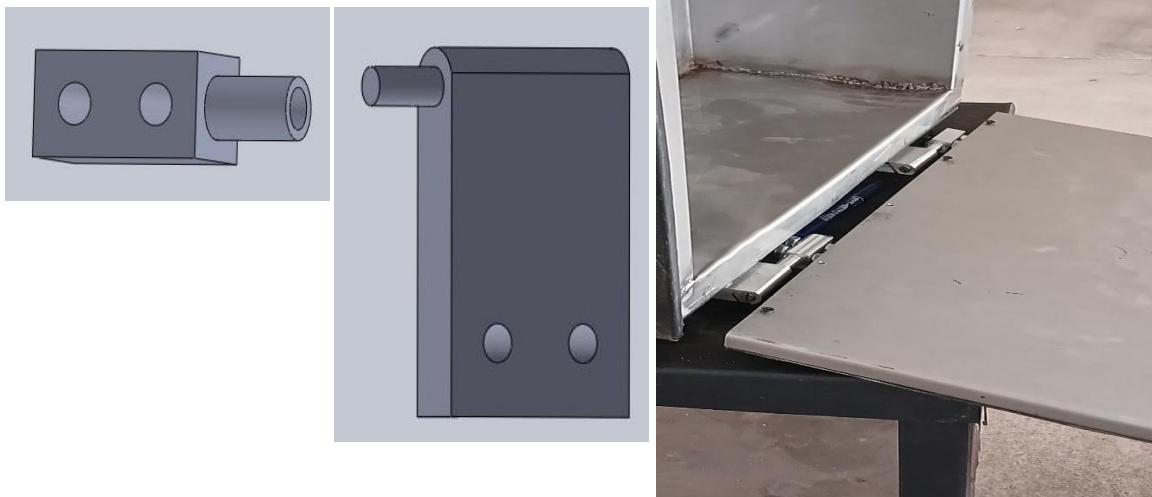


Figure III.14 : Les paumelles de la porte et photographie de l'assemblage enceinte-portière.

III.3.5. L'isolation

Afin de limiter les pertes thermiques de l'enceinte, nous avons prévu d'installer une couche de laine de verre pour assurer une bonne isolation thermique (Fig. III.15). En effet, l'enceinte doit être bien isolée et calorifugée pour un rendement optimal. La conductivité thermique de l'enceinte est comprise entre $0,030$ et $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Une telle conception permettra une meilleure stabilisation de la régulation du cycle thermique.



Figure III.15 : La laine de verre mise autour de l'enceinte.

III.3.6. L'assemblage final de notre enceinte

Les différentes pièces décrites précédemment sont assemblées. Nous avons abouti à l'enceinte montrée sur la photographie ci-dessous (Fig. III.16).

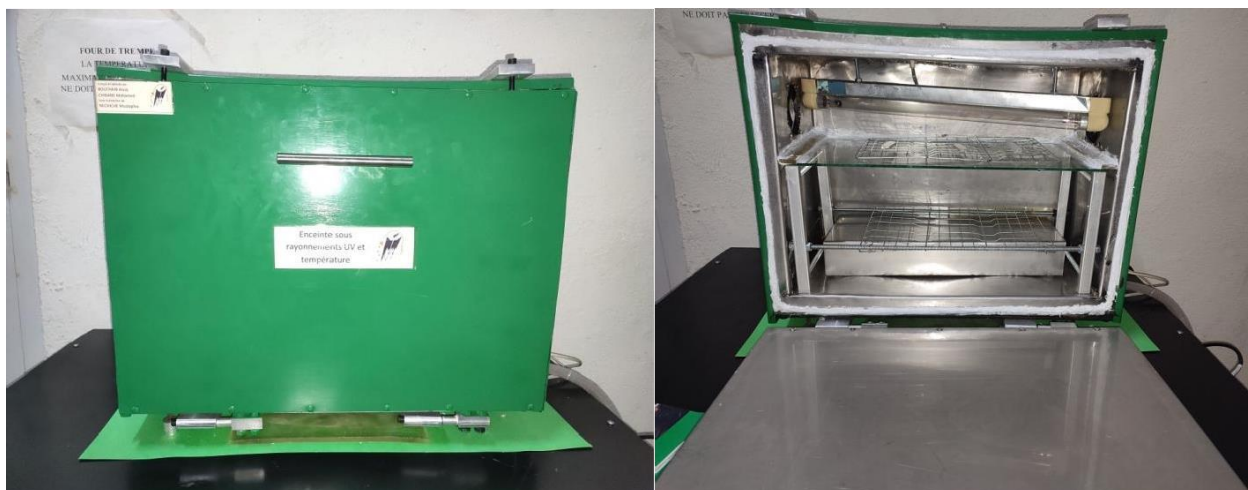


Figure III.16 : Photographie de l'enceinte assemblée.

III.3.7. La table de l'enceinte

L'ensemble du dispositif sera monté sur une table avec tableau de commande comprenant, notamment un régulateur de température, un disjoncteur-temporisateur, des voyants indiquant le fonctionnement ou non de la lampe UV et de la résistance chauffante. La table doit disposer d'un endroit où sera placé le circuit électrique et, éventuellement, autres composants. La figure III.17 montre une photographie de la table fabriquée.



Figure III.17 : La table de l'enceinte.

III.4. Les composants électriques

Nous allons présenter les composants électriques qui seront utilisés pour garantir le bon fonctionnement des systèmes.

III.4.1. Le régulateur de température

Un circuit électrique de régulation de la température est conçu et est mis en place. Il est constitué d'un régulateur électronique de type Acim-Jouanin 48CSP2C, assurant une régulation PID (Proportionnel-Intégrale-Dérivé) et TOR (Tout ou Rien). Sur ce régulateur, l'opérateur introduit le cycle thermique à exécuter : température à atteindre, la rampe de chauffage (vitesse de chauffe) et de refroidissement ainsi que la durée du palier de maintien. Le régulateur reçoit instantanément la valeur de la température depuis le thermocouple placé à l'intérieur de l'enceinte et la compare à la valeur de la consigne instantanée (correspondant à la valeur de la température instantanée du cycle thermique théorique). Si la température réelle est inférieure à la valeur de la consigne, le régulateur émet un signal de fermeture du circuit électrique de

puissance au relais statique qui exécute cette tâche, c'est-à-dire la fermeture du circuit de puissance et l'alimentation électrique de la résistance chauffante. Si la température réelle dépasse de trop (selon le degré de l'erreur corrigé par PID) la consigne instantanée, le régulateur émet un signal d'ouverture du circuit électrique et l'arrêt du chauffage. L'utilisation d'un relais statique (SSR pour Solid State Relay) permet de commuter et d'ajuster les courants de chauffe instantanément de sorte à assurer la régulation PID, plus précise, puisque ce SSR est constitué de thyristors. La figure III.18 montre une photographie du régulateur utilisé.



Figure III.18 : Le régulateur de température utilisé, en cours de fonctionnement : 23°C indique la température instantanée, 45°C indique la consigne instantanée et OP1 et OP2 indiquent que le chauffage est enclenché

III.4.2. Résistance chauffante

Comme élément chauffant, nous avons opté pour une résistance blindée de moyenne puissance (170W – 220V – 50 Hz). En effet, vu le volume de l'enceinte, le fait qu'elle soit dotée d'une isolation thermique suffisante et surtout la nécessité de bien réguler la température avec précision, il est recommandé d'utiliser un élément chauffant relativement lent mais suffisamment puissant (inertie thermique adéquate) et bien protégé d'éventuels contacts avec les gaz corrosifs. Nous avons choisi une résistance disponible dans le commerce des pièces de rechange des machines à laver le linge. La figure III.19 montre une photographie de la résistance utilisée, montée dans l'enceinte.



Figure III.19 : Resistance chauffante.

III.4.3. Interrupteur horaire

Pour assurer l'allumage et l'extinction de la lampe UV, selon des cycles horaires définis au préalable par l'opérateur, un interrupteur horaire, à horloge en quartz et système mécanique, est utilisé. La durée totale du cycle, reproductible toutes les 24 heures, est de 181 heures ; ce qui fait une autonomie de fonctionnement de 7 jours et demi. Autrement dit, il est possible de fixer le cycle d'allumage et d'extinction de la lampe et laisser le soin à l'interrupteur de l'exécuter et le reproduire pendant une semaine. L'horloge de cet interrupteur est subdivisée en 48 segments, ce qui permet de fixer des cycles avec des paliers d'une demi-heure. A titre d'exemple, il est possible de reproduire le cycle d'illumination par le soleil en saison estivale en fixant l'heure du lever du soleil à 7h00 (début de l'action des UV sur l'échantillon, donc allumage de la lampe) et du coucher du soleil à 19h30 (extinction de la lampe UV). L'interrupteur exécutera ce cycle pendant une semaine au bout de laquelle il sera nécessaire de redémarrer/reprendre pour une autre semaine en appuyant sur le bouton arrêt/marche. La figure III.20 montre une photographie (à gauche) de notre interrupteur.



Figure III.20 : Interrupteur horaire

III.4.4. Relais statique

Comme élément assurant l'interruption et la reprise du chauffage de la résistance, nous avons utilisé un relais statique commandé par le régulateur. En effet, le relais statique (SSR pour Solid State Relay) sert à commuter le circuit à l'aide de ses thyristors. On dit " relais " par analogie avec les relais électromécaniques et agissent comme des interrupteurs. Le terme statique indique que ses éléments fonctionnels sont statiques contrairement aux relais électromécaniques qui assurent cette fonction par mouvement mécanique généré par une aimantation d'une bobine. Le composant que nous avons utilisé est excitable avec un courant de 3 à 12 V, 10 mA et peut gérer des circuits de puissance d'un courant maximal de 50A. Vu que notre circuit ne nécessite que des courants allant jusqu'à 3,75 A, un très petit dissipateur thermique (de la taille du SSR) suffit pour son bon fonctionnement. La figure III.21 montre une photographie du SSR utilisé.

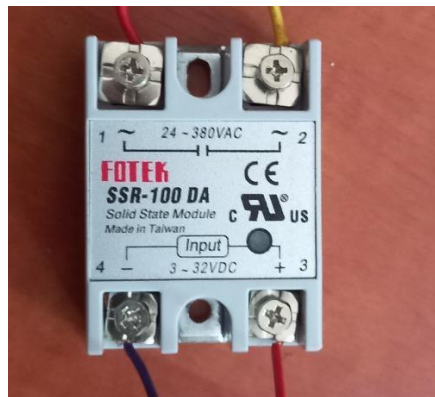


Figure III.21 : Relais statique utilisé.

III.4.5. Le thermocouple

Un thermocouple de type K est utilisé pour détecter la température dans l'enceinte. Ce type de thermocouple est choisi pour sa fiabilité dans la gamme des températures d'essais (de 0 à 60 °C), sa robustesse et sa disponibilité. Pour une meilleure précision, nous avons-nous-mêmes placé la soudure chaude, qui est la partie sensible du thermocouple, dans une gaine en alliage d'aluminium (en forme de tube borgne) laquelle est disposée dans l'intérieur de l'enceinte UV-Température, pas loin de l'emplacement des échantillons. La figure III.22 montre une image du thermocouple K utilisé, monté, lors des essais préliminaires, en communication avec le régulateur et le relais statique SSR (lors de cette opération, l'essai consistait à vérifier l'action du régulateur sur le SSR).

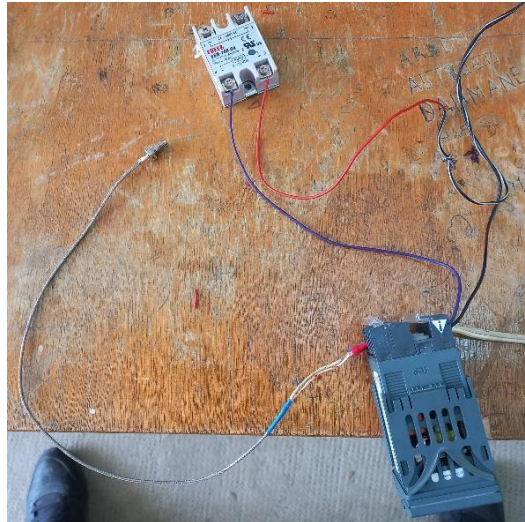


Figure III.22 : Le thermocouple monté avec le régulateur et le relais statique.

III.4.6. Emplacement du thermocouple

Comme décrit précédemment, le thermocouple est placé dans une gaine conçue et fabriquée à cet effet. Elle est en forme de tube borgne en U dont l'extrémité ouverte ressemble au couple vis-écrou avec l'arbre écrou troué (pour en faire un tube). Un joint torique de diamètre adéquat sert à assurer l'étanchéité entre la tôle de l'enceinte et le tube borgne. Ce qui permet d'envoyer le thermocouple au centre de l'enceinte tout en la maintenant hermétiquement fermée. La figure III.23 montre le tube borgne usiné et son emplacement dans l'enceinte.



Figure III.23 : Emplacement de thermocouple.

III.4.7. Les lampes UV

La lampe UV est une ampoule fluorescente qui envoie des rayons ultraviolets. La lampe UV que nous utilisons (Fig. III.24) émet les UV utiles pour provoquer la dégradation des matériaux. Elle est également utilisée pour la stérilisation de l'eau, de l'air et des surfaces. Elle est dite lampe UV germicide. Elle permet également la détection de la fluorescence, en microbiologie.



Figure III.24 : Les lampes UV.

III.4.8. Les ventilateurs

Au cours de leurs fonctionnement, les lampes UV s'échauffent et risquent de griller si elles ne sont pas refroidies. Pour notre enceinte UV, nous refroidissons la lampe UV par circulation d'air. Nous utilisons deux ventilateurs (Fig. III.25) montés près des bouts de la lampe, face à face de sorte que le flux d'air soit constamment en contact avec le tube de quartz de la lampe. L'un des ventilateurs fait rentrer l'air et l'autre l'expire vers l'extérieur.



Figure III.25 : Ventilateurs.

III.5. Principales caractéristique techniques

Les caractéristiques techniques de l'enceinte sont comme suit :

- Alimentation électrique : courant alternatif 220V, 50Hz.
- Cycles des UV sur 24 heures reproductibles pendant 181 heures. Interrupteur horaire pour les lampes UV.
- Température maximale : 100°C.
- Volume de l'enceinte 540 x 340 x 230 mm.
- Régulation PID du cycle thermique.
- Refroidissement par des ventilateurs.

III.6. Eléments de commande

La figure III.26 montre une photographie du tableau de commande de l'enceinte :

- En bas à gauche du tableau se trouve un interrupteur général, qui est actionné au moyen d'une clé adaptée. Il permet de couper et rétablir l'alimentation électrique de tout l'appareil.
- Trois interrupteurs double ligne permettent d'alimenter en électricité et donc d'actionner (1) le régulateur de température, (2) pour alimenter le circuit de la lampe UV (Interrupteur horaire électronique) et le (3) pour une autre option à ajouter ultérieurement. Ils sont montés en amont et permettent donc de couper les circuits correspondants.
- Le régulateur de température est disposé en haut à gauche, qui permet d'introduire et d'actionner l'exécution du cycle thermique.
- Au milieu en haute se place un interrupteur-régulateur horaire permettant de fixer le cycle de la lampe UV
- En bas se place trois voyants lumineux : le (1) témoin de la fermeture du circuit de chauffage, donc du fonctionnement de la résistance chauffante, le (2) pour la lampe UV et le (3) non branché parce que réservé pour une autre option à monter sur l'enceinte.



Figure III.26 : Élément de commande.

III.7. Description du circuit électrique

Le circuit électrique est conçu de sorte que la machine soit facile à utiliser. Il est représenté sur la figure III.27. Ce circuit est divisé en deux parties : la première concerne la lampe UV et la deuxième partie est dédiée à la régulation et au fonctionnement du chauffage. Les deux circuits sont alimentés séparément : le (1) circuit d'alimentation de tout le dispositif et (2) circuit de puissance de l'élément chauffant.

- Pour le cycle de chauffage, nous utilisons un régulateur de température qui permet de réguler la température par l'acquisition et l'affichage de ses valeurs instantanées et l'exécution du cycle thermique. Comme décrit précédemment, il agit sur le relais statique SSR qui coupe ou remet l'alimentation de la résistance chauffante. Le régulateur contrôle l'alimentation 9-12V du relais statique conformément aux instructions-signal produit par la régulation PID.
- Pour le cycle de la lampe UV en utilise un interrupteur horaire qui exécute les cycles d'allumage et d'extinction de la lampe UV.

- Pour refroidir les lampes UV on utilise deux ventilateurs de 12V alimentés depuis un transformateur ayant une sortie 9V et qui sont fonctionnels dès que la machine est actionnée.

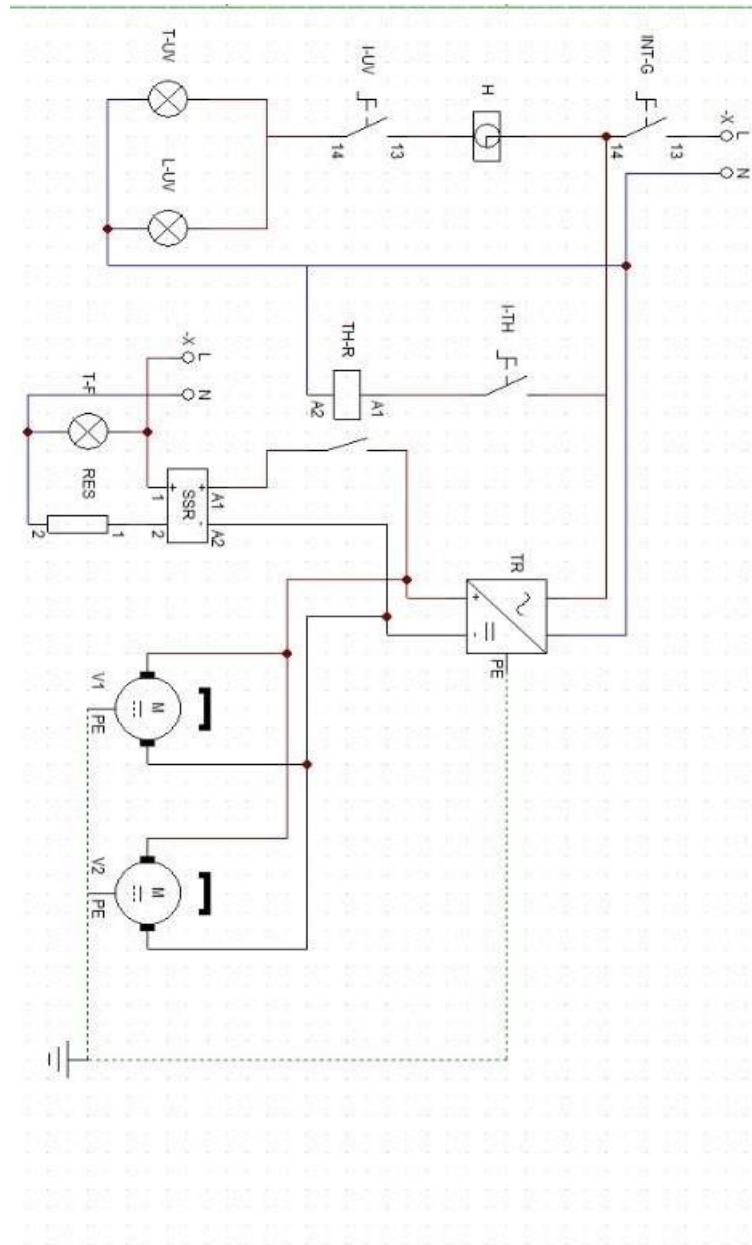


Figure III.27 : Schéma de circuit électrique.

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les étapes de la conception et de la fabrication de notre dispositif, l'enceinte de vieillissement des matériaux sous UV combinés à la température. Nous avons rapporté les caractéristiques et dimensions des différentes pièces constitutives, que nous fabriquées ou mises en forme, ainsi que les composants électriques et électroniques de la machine. Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour modéliser et concevoir les différents éléments de l'enceinte.

En fin de chapitre, nous avons rapporté la conception du circuit électrique et le mode de fonctionnement de la machine.

Chapitre IV

Exposition du projet startup

IV.1. Introduction

Dans l'optique de mettre en valeur certaines de nos connaissances académiques acquises au cours de notre formation et vu l'évolution du monde socio-économique vers la création de start-ups, nous avons opté pour un projet de fin d'études pouvant déboucher sur la création d'une start-up. Notre projet a pour objectif la production d'enceintes UV-température fiables, robustes et ergonomiques à commercialiser. Ces machines seront très utiles pour les laboratoires de matériaux et autres où les UV et la température sont des paramètres d'étude. L'évolution d'une telle entreprise pourra également toucher aux autres techniques d'élaboration et de caractérisation des matériaux.

IV.2. Genèse de l'idée

Certains matériaux sont très sensibles aux UV-Température tel que les polymères et les matériaux biodégradables. L'étude de l'influence de ces deux paramètres sur les performances des matériaux se trouve handicapée par l'absence de dispositifs expérimentaux fiables et faciles à utiliser. Dans notre pays, les montages « artisanaux » réalisés dans les laboratoires ne répondent pas souvent aux critères minimaux de sécurité et de fiabilité tandis que les enceintes disponibles dans le commerce coûtent cher.

La genèse de l'idée d'une enceinte de vieillissement sous UV-température découle donc du besoin des chercheurs en élaboration et étude de la structure des matériaux de notre université en ce genre d'équipement.

IV.3. Présentation du projet

Etant donné l'utilisation croissante de matériaux sensibles aux UV et à la température, notamment dans les zones chaudes et fortement ensoleillées, les laboratoires de recherche, qu'ils soient universitaires ou industriels, notamment en Algérie, sont appelés à étudier l'évolution de la structure et des performances de ces matériaux au cours de leur exposition longue aux UV et à la température. Les appareils d'essais les plus primordiaux sont ce genre d'enceintes que nous nous proposons de concevoir et de fabriquer.

Au terme de ce projet de fin d'études, nous avons fabriqué le 1^{er} prototype, présenté dans ce mémoire. Il servira à simuler et reproduire, au mieux, les conditions atmosphériques auxquelles nos matériaux seront exposés. Il servira également à réaliser des essais de vieillissement accéléré tout en imitant les cycles jour et nuit avec les variations de la température qui les accompagnent.

La commande automatique de l'enceinte permettra une utilisation facile, sans intervention ni surveillance permanente.

Objectifs du Projet :

Au niveau des laboratoires de recherches, soit universitaires ou chez les industriels, on cherche à développer des dispositifs permettant de simuler les conditions dans lesquelles évoluent les matériaux pendant leur fonctionnement pour réaliser des études et prédire leur comportement durant leur cycle de vie.

L'objectif principal de ce projet est la production d'une enceinte de vieillissement est de simuler les effets du vieillissement des matériaux lorsqu'ils sont exposés à la lumière ultraviolette (UV) et à des variations de température. Cela permet d'évaluer la durabilité et la résistance des matériaux, notamment des polymères, face aux conditions environnementales.

IV.4. Les aspects innovants

- 1- Ce genre de machines n'est pas très courant ; la recherche dans la thématique influence des UV sur les performances des matériaux étant « considérée de moindre importance » vu que les pays industrialisés, dont la plupart sont situés dans l'hémisphère nord de la planète, ne sont pas les plus ensoleillés. Or, l'industrie dans notre pays, au territoire très ensoleillé et au désert le plus vaste du monde (Sahara) est appelée à maîtriser l'influence des UV-température sur les performances et la durabilité des matériaux.
- 2- Le fait de commander simultanément le cycle UV-Température (et un autre paramètre supplémentaire tel que l'atmosphère et les échanges de gaz avec le matériau) est, à notre connaissance, une idée nouvelle à concrétiser dans le domaine de la recherche en Algérie.
- 3- La possibilité d'utiliser l'enceinte en en mode UV seuls ou Température seule fait de notre enceinte un seul dispositif renfermant deux paramètres (le 2 en 1 est possible).
- 4- Les performances attendues de la machine, au vu de sa taille et de son poids, constitueront un avantage certain pour les utilisateurs.

IV.5. Domaine d'activités

Le domaine d'activités lié aux enceintes de vieillissement et d'essai climatique englobe plusieurs secteurs clés, chacun ayant des applications spécifiques et des exigences techniques. Voici un aperçu des principales activités dans ce domaine :

1. Essais Climatiques

Les entreprises comme le Groupe 6NAPSE et Memmert réalisent des essais climatiques pour évaluer le vieillissement des matériaux en simulant des conditions environnementales variées, notamment :

- **Tests de température et d'humidité** : Ces essais permettent de déterminer la durabilité des matériaux face à des variations climatiques extrêmes.
- **Chocs thermiques** : Ils consistent à soumettre les matériaux à des cycles rapides de températures élevées et basses pour observer leur résistance.

2. Vieillissement Accéléré

Les enceintes de vieillissement accéléré, comme celles proposées par Materia Nova et CNEP, sont conçues pour simuler l'exposition prolongée aux UV et à d'autres facteurs environnementaux :

- **Tests de photo-vieillissement** : Ces tests évaluent comment les matériaux (polymères, peintures, etc.) se dégradent sous l'effet de la lumière UV, en utilisant des lampes spécifiquement conçues pour reproduire le spectre solaire.
- **Simulation d'humidité** : Les enceintes peuvent également intégrer des systèmes de condensation ou de spray pour simuler des conditions d'humidité élevée, augmentant ainsi la vitesse de vieillissement.

3. Normes et Conformité

Les essais sont souvent réalisés selon des normes internationales telles que ISO, ASTM, et d'autres référentiels industriels. Cela garantit que les résultats soient fiables et comparables à ceux d'autres études.

4. Applications Industrielles

Les résultats obtenus par ces essais sont cruciaux dans divers secteurs :

- **Industrie automobile** : Pour tester la durabilité des matériaux utilisés dans les véhicules.
- **Construction** : Évaluation des matériaux de construction face aux intempéries.

- **Électronique** : Assurer la fiabilité des composants électroniques exposés à différentes conditions environnementales.

IV.6. Horizons du projet

- 1- Possibilité de faire breveter la machine (très fortes chances en Algérie, possibilités avérées pour l'international).
- 2- Possibilité de création d'une Start-up qui se spécialisera dans la fabrication de ce type d'enceinte.

IV.7. Clients potentiels

- 1- Etablissements de recherche et industriels spécialisés.
- 2- Possibilité d'exporter le dispositif.

IV.8. Responsables du projet

Les porteurs du projet

✚ BOUCHIB Aïssa (Co-fondateur)

Qualifications : Étudiant en Master 2 électromécanique, spécialité maintenance industrielle à la faculté Génie de la Construction, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Titulaire d'une licence en électromécanique, spécialité maintenance industrielle.

✚ Chibane Mohamed (Co-fondateur)

Qualifications : Étudiant en Master 2 électromécanique, spécialité maintenance industrielle à la faculté Génie de la Construction, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Titulaire d'une licence en électromécanique, spécialité maintenance industrielle.

L'encadrement

Ce projet a été encadré par Monsieur NECHICHE Mustapha.

Ci-après ces qualifications : Encadrant et conseiller technique, enseignant au département de Génie mécanique, chercheur dans le domaine de l'élaboration et la caractérisation des matériaux.

Conclusion générale

Conclusion générale

Nous avons proposé dans ce projet de concevoir et de fabriquer un dispositif de vieillissement des matériaux sous rayonnements ultraviolets combinés à la température. Ce dispositif est donc une enceinte de forme parallélépipédique réalisée à partir d'une tôle en inox pour l'intérieur et de l'acier ordinaire pour l'extérieur. Elle est hermétiquement fermée et à isolation thermique suffisante pour assurer des cycles thermiques de chauffage et de refroidissement comparables à ceux observés dans la nature. La machine est équipée d'une lampe UV qu'il est possible d'allumer et d'éteindre automatiquement de sorte à réaliser des cycles UV-température tels que ceux que subissent les matériaux réellement.

Afin d'atteindre l'objectif tant attendu d'une conception, avoir un produit de bonne qualité à un prix réduit, nous avons accompli un travail intellectuel en imaginant les solutions les plus adéquates, simples et réalisables en utilisant un matériel standard où le prix de revient de l'enceinte est concrètement réduit. Nous avons tenu compte des contraintes de disponibilité des pièces et composants, des possibilités de fabrication des pièces et de disponibilité des matériaux. Le logiciel SolidWorks nous a permis de modéliser d'une façon réaliste les composants de notre conception ce qui nous a permis d'imaginer des solutions appropriées.

De ce fait, cette étude a été pour nous, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de la conception.

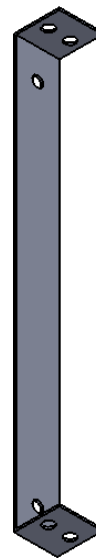
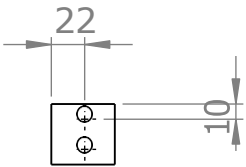
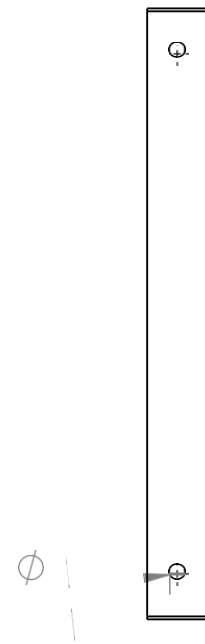
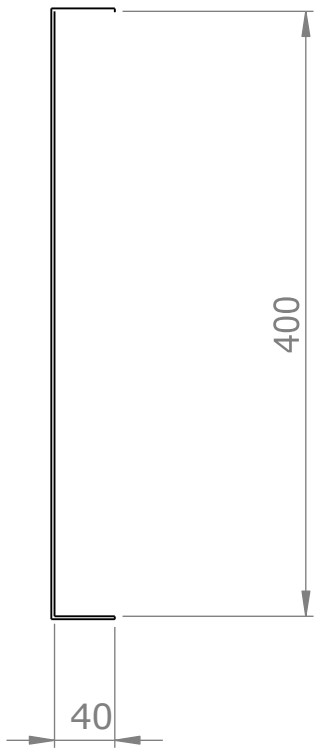
Nous espérons que ce travail soit une référence pour les promotions à venir et nous souhaitons qu'ils le trouvent utile et efficace.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] A.V. Shyichuk, Comparison of UV-degradation depth-profiles in polyethylene, polypropylene and an ethylene-propylene copolymer. *Polymer Degradation and Stability*, 2005. 88(3): p. 415-419.
- [2] N. Grassie, M.I. Guy, N.H. Tennent, «Degradation of epoxy polymers: Photodegradation of bisphenol-A diglycidyl ether», *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 13, N° 3, pp. 249-259, 1985.
- [3] N.L. Singh, A. Qureshi, F. Singh, D.K. Avasthi, Effect of swift heavy ion irradiation on dielectrics properties of polymer composite films, *Materials Science and Engineering: B*, Vol. 137, N° 1-3, pp. 85-92, February 2007.
- [4] E.Yousif, R.Haddad, photodégradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review, Springer-Plus, vol. 2, N° 1, pp. 398-430, 2013.
- [5] Yakimets-Pilot, Elaboration d'un modèle viscoélastique et son application au comportement d'un polypropylène sous sollicitations mécaniques complexes et physico-chimiques, 2004.
- [6] G. Mertz, Evolution des propriétés physico-chimiques et mécaniques de composites à base caoutchoucs lors du photo-vieillessement, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 2010.
- [7] M. Ramanujam, V. Wachtendorf, P.J. Purohit, R. Mix, A. Schonhals, J.F. Friedrich, A detailed dielectric relaxation spectroscopy study of artificial UV weathered low density polyethylene, *ThermochimicaActa*, Vol. 530, pp. 73-78, February 2012.
- [8] A. Lahoen, et J.Arman, Etude de mélanges de polyéthylène et de polystyrène par diffraction de rayons X et par densimétrie. *European Polymer Journal*. 1995. 31 (4): P347- 352.
- [9] C.Jin, P.A.Christensen, T.A. Egerton, E.J. Lawson, J.R. White, “Rapid measurement of polymer photo- degradation by FTIR spectrometry of evolved carbon dioxide”, *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 91, No. 5, pp. 1086-1096, May 2006.

Mise en plans



ECHELLE 1:5

Support vertical

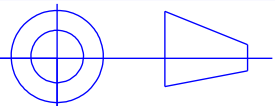


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

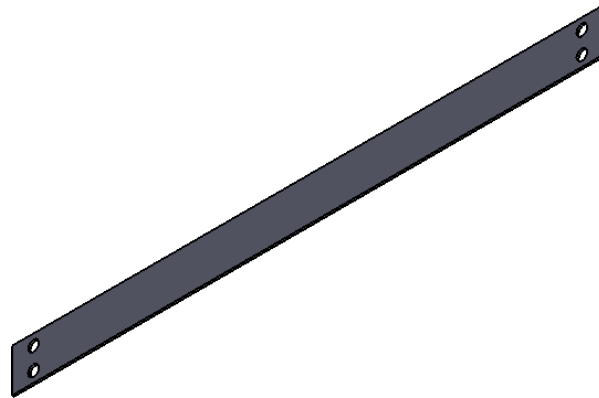
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:5

Support horizontal

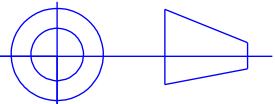


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

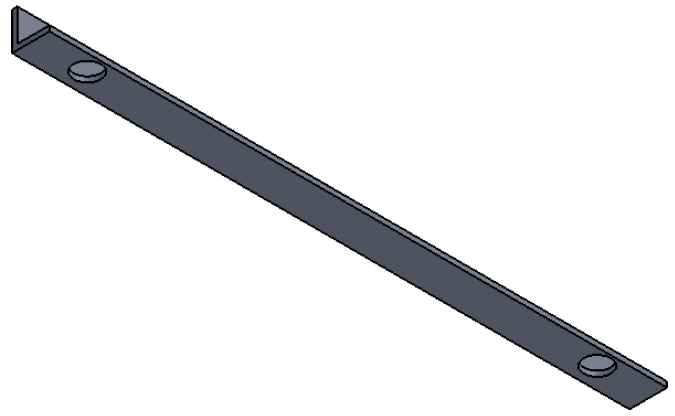
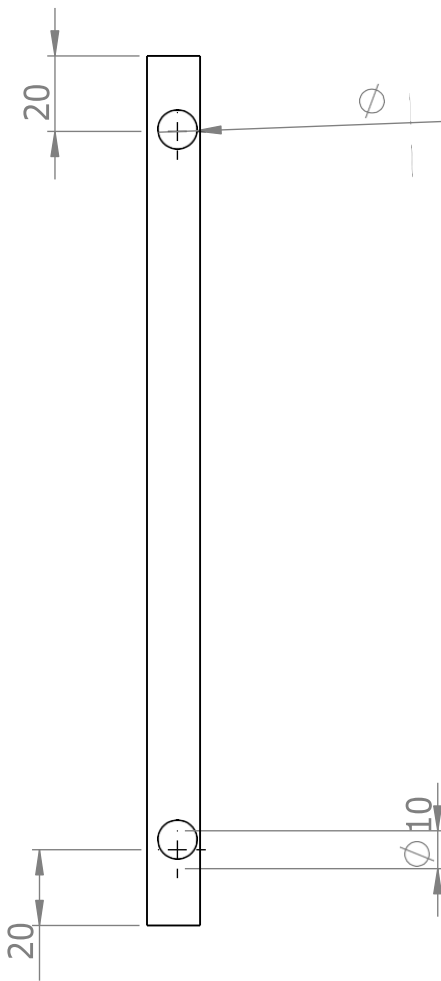
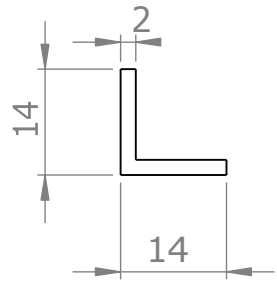
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:2

Rails du tiroir

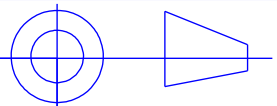


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

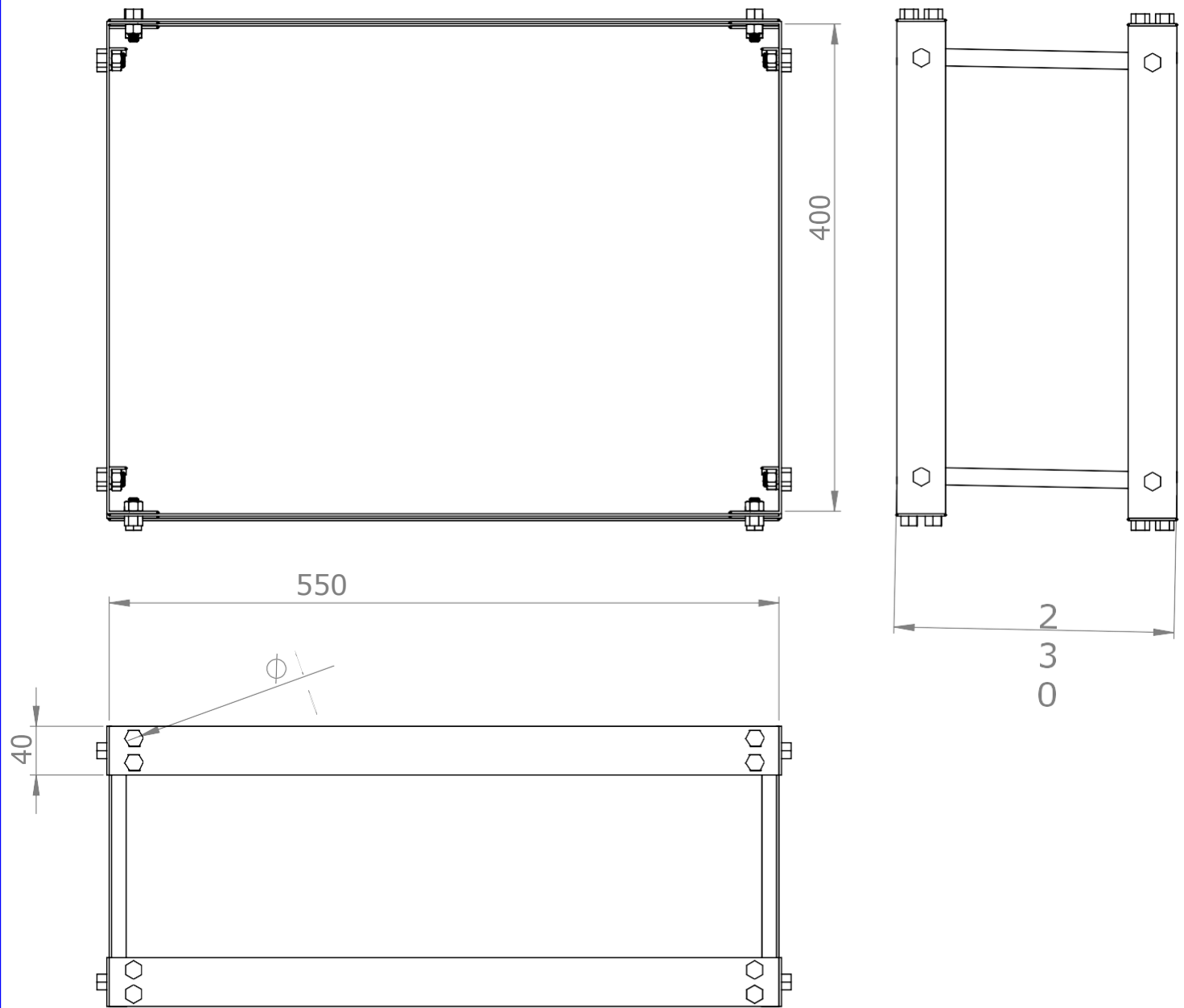
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

ASSEMBLAGE DU TIROIR

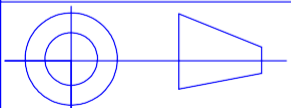


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

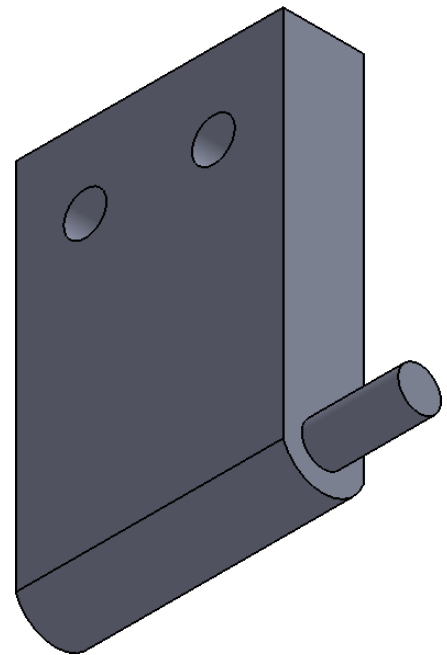
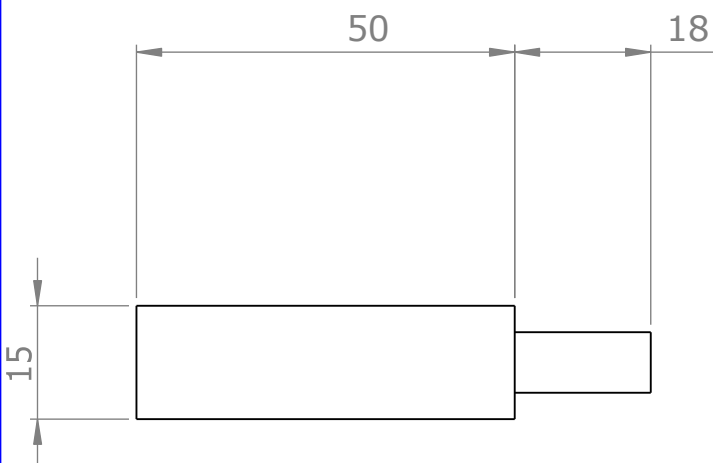
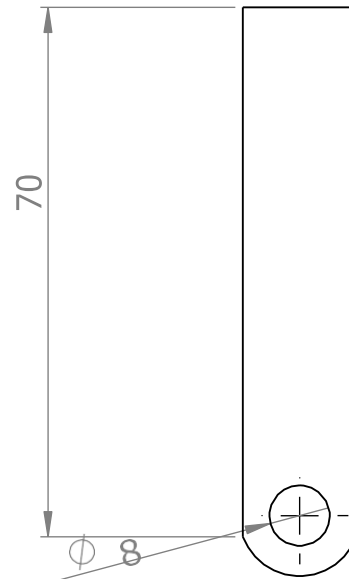
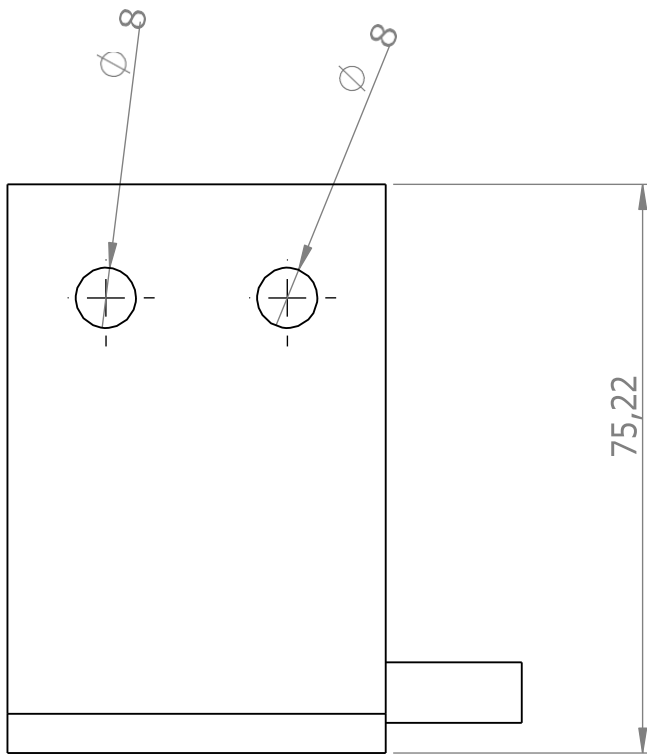
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

PAUMELLE DE LA PORTE-PIECE FEMELLE

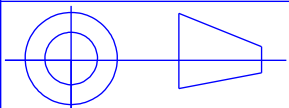


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

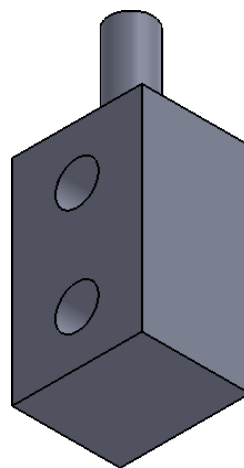
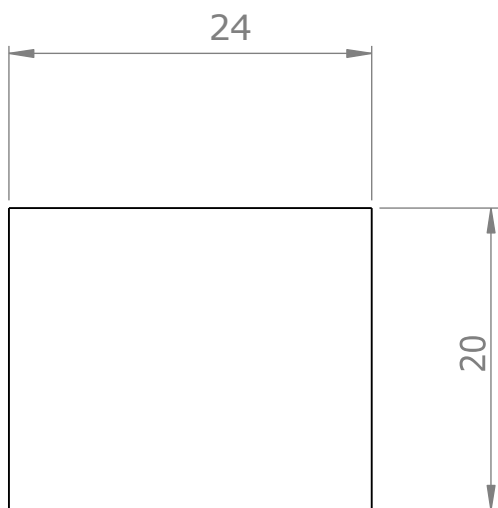
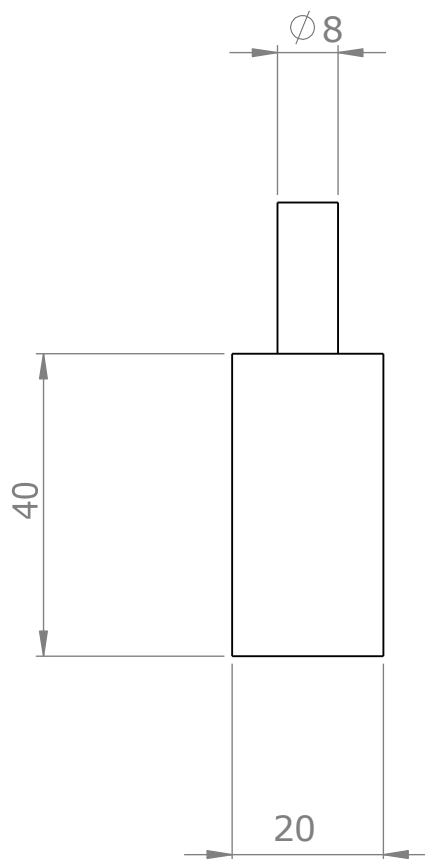
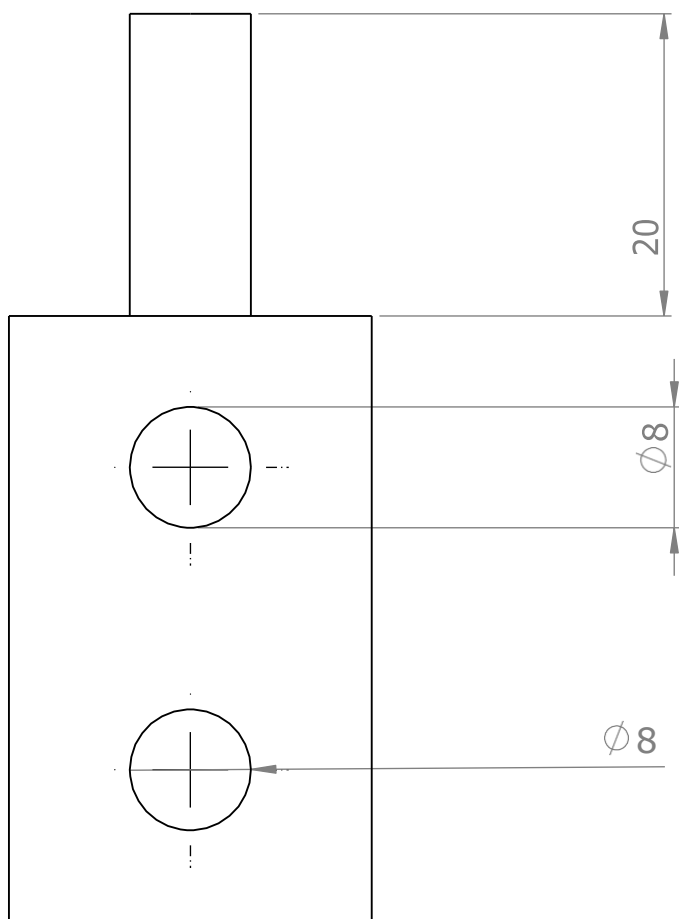
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

PAUMELLE DE LA PORTE-PIECE MALE

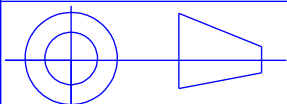


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

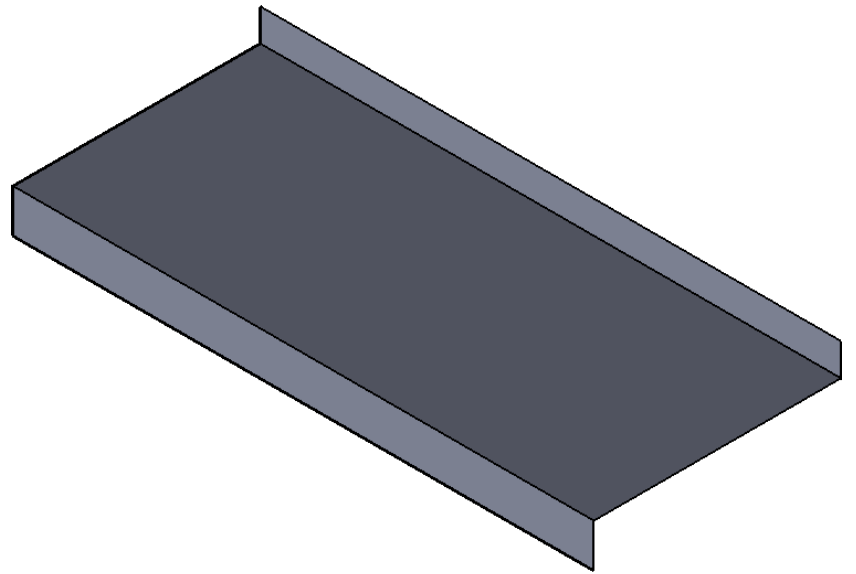
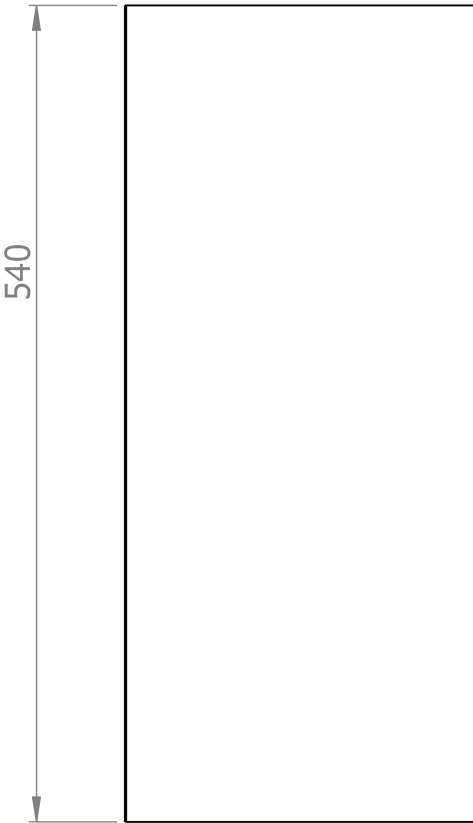
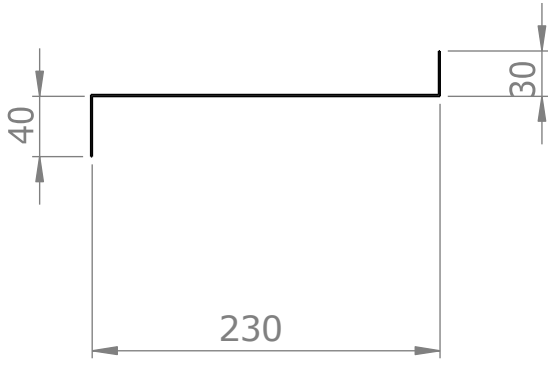
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:5

Le haut et le bas de l'enceinte

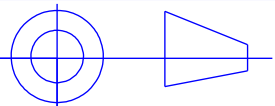


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

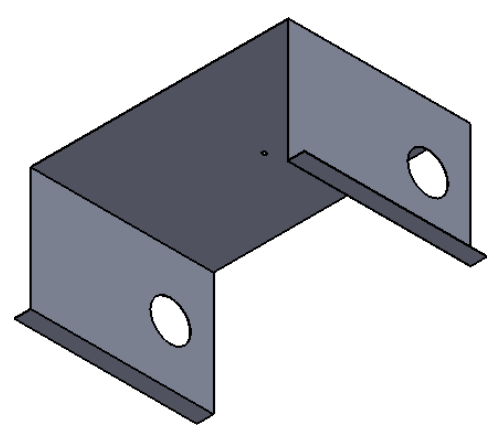
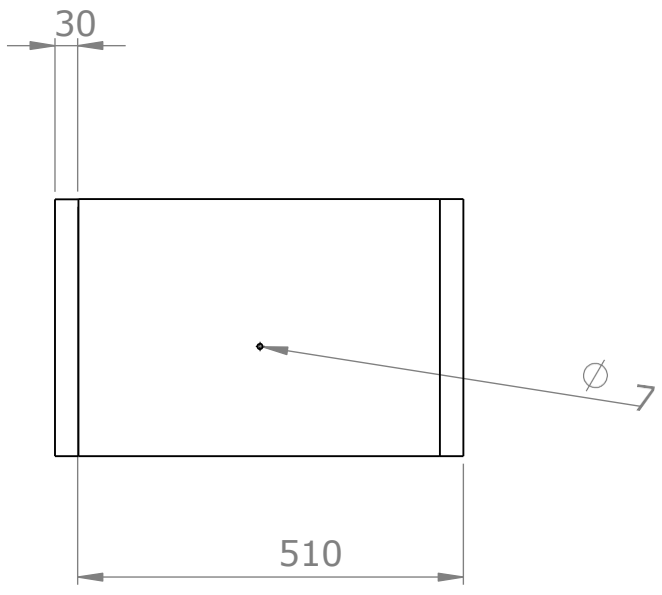
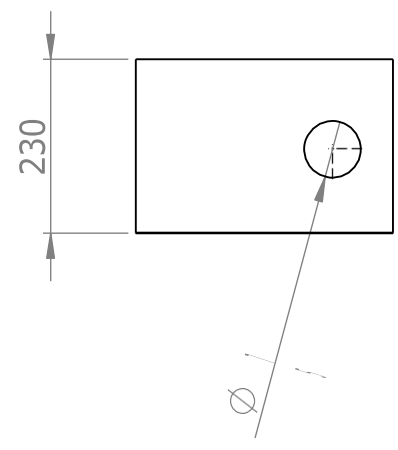
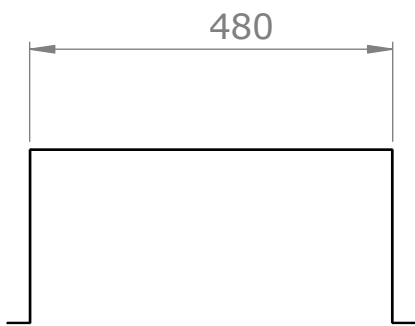
PFE

A4

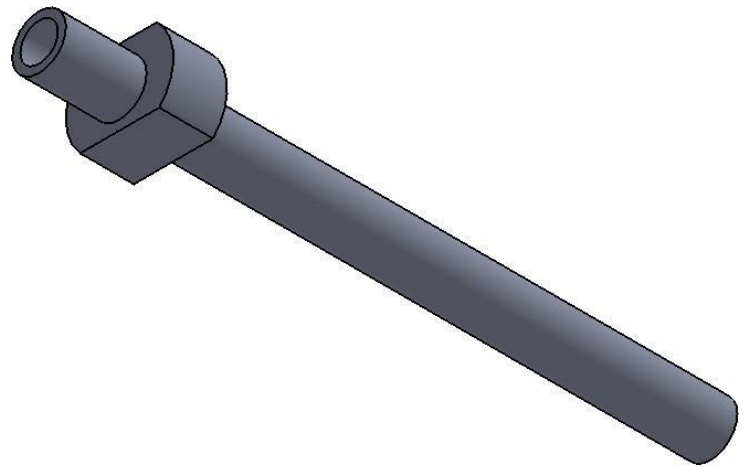
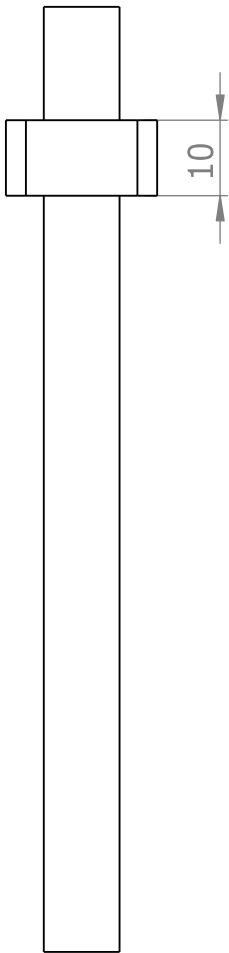
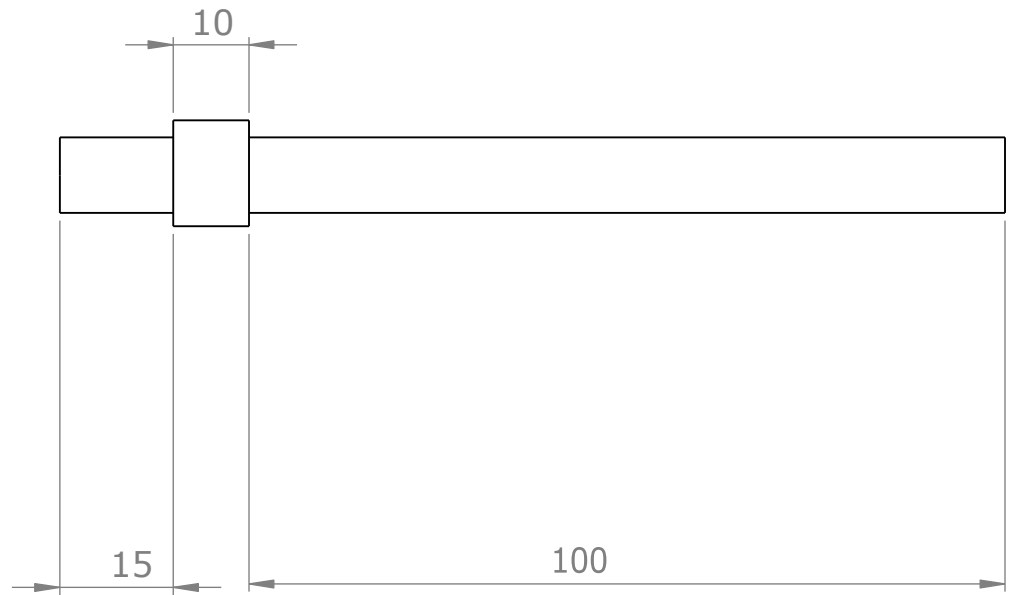
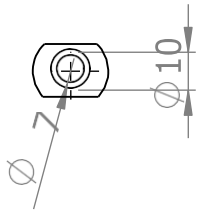
M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:5		Plaque latérale intérieure droite et gauche etarrière	
PLANCHE N°		UMMTO-ELM-MI	PFE
A4	M2	BOUCHAIB.A - CHIBANE.M	PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

Emplacement du thermocouple

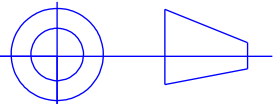


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

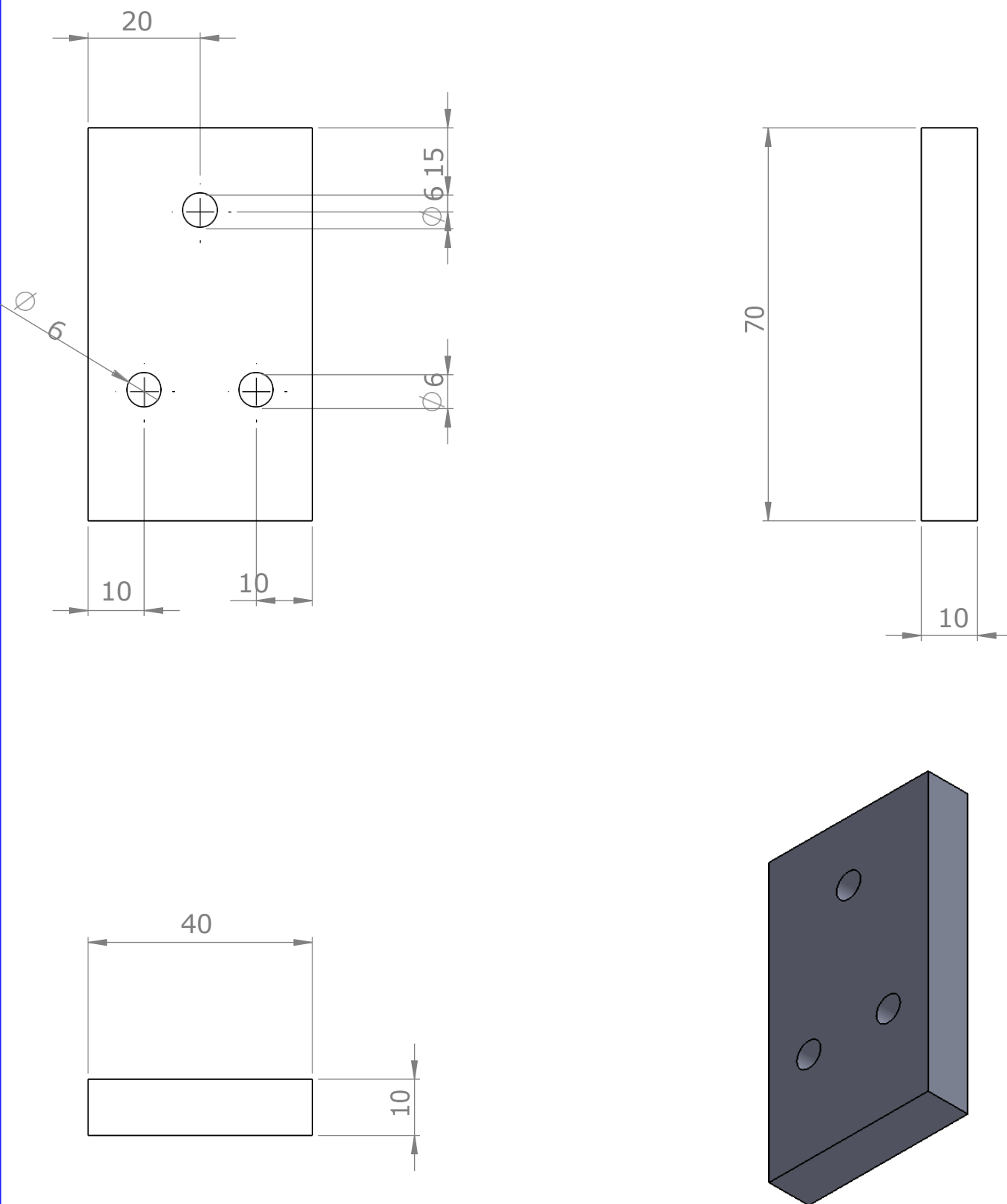
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

FIXATION DE LA PORTE

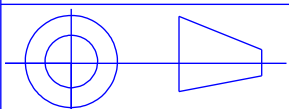


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

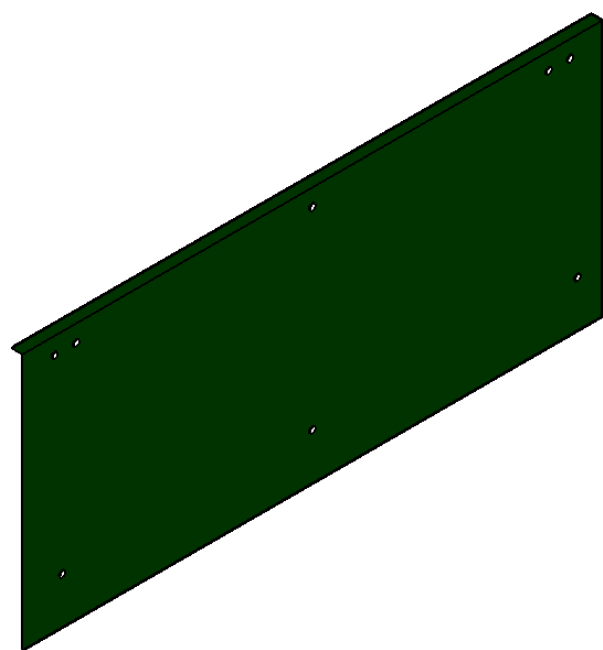
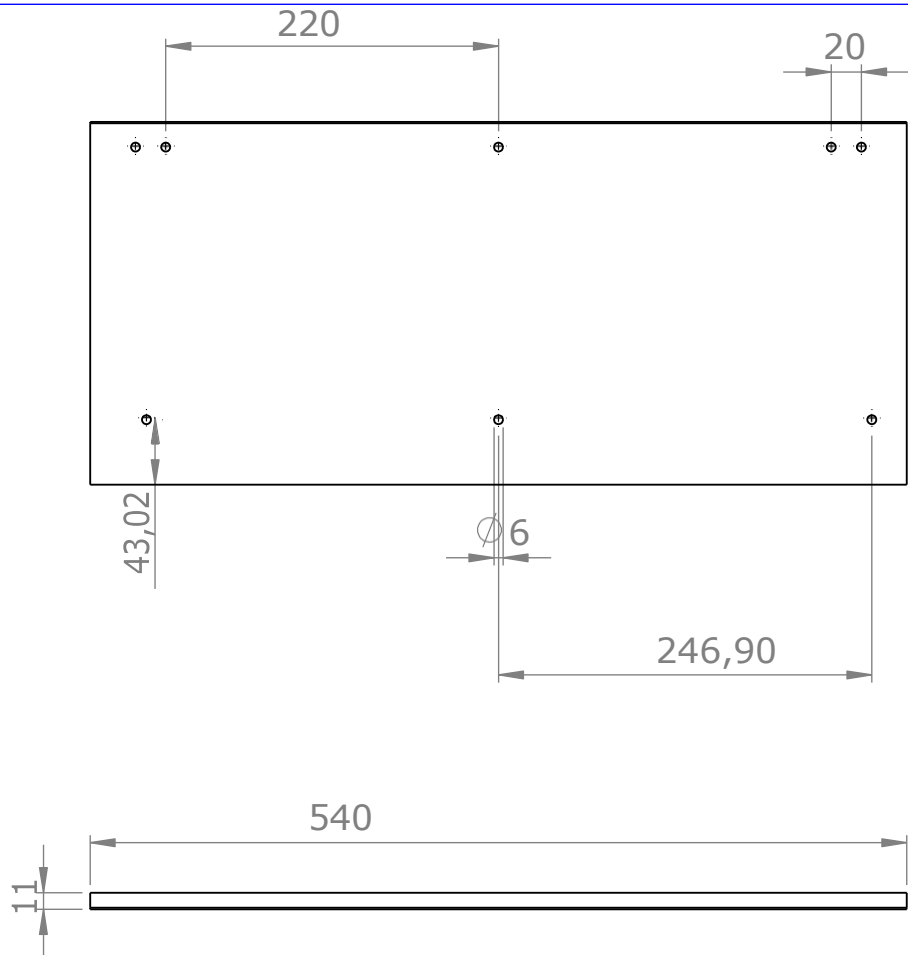
PFE

A4

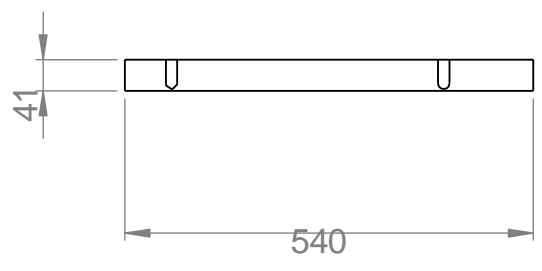
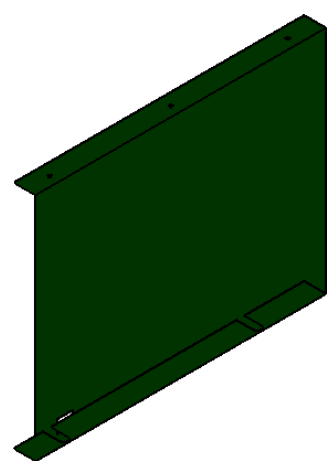
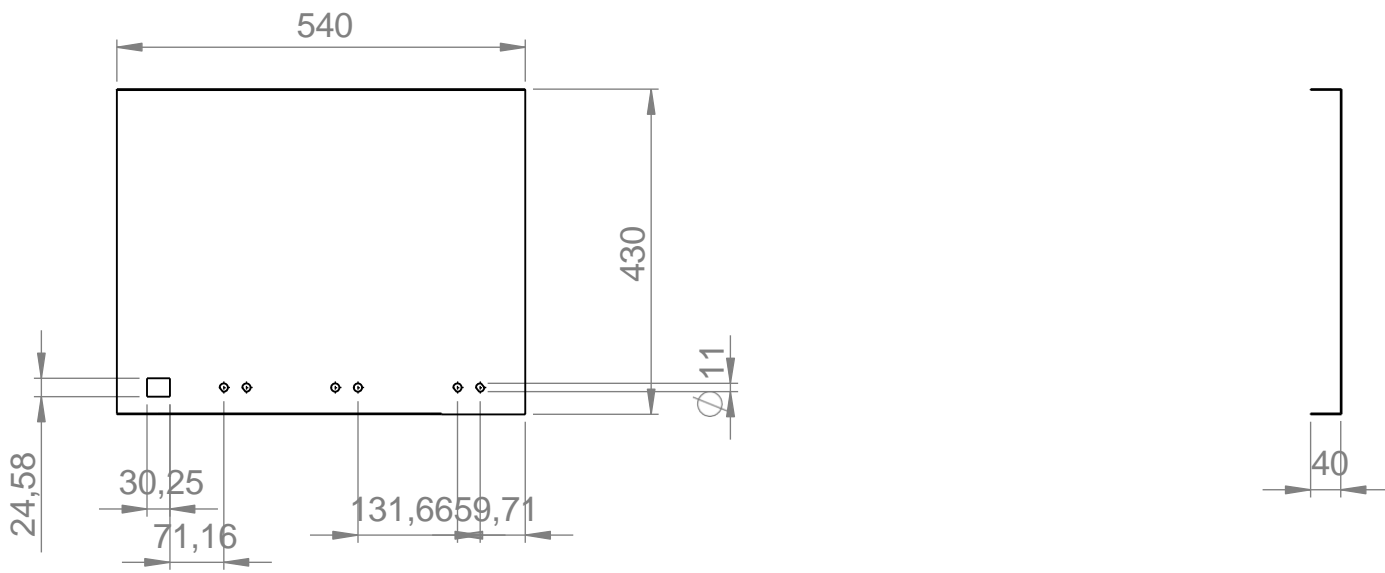
M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

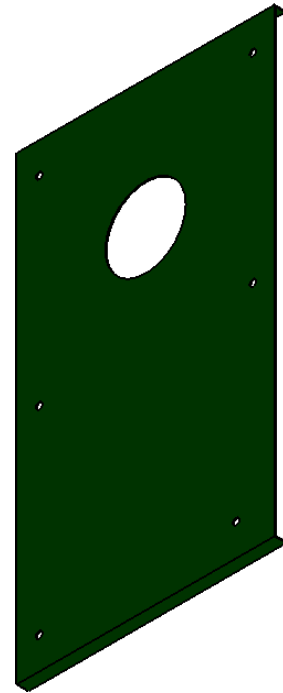
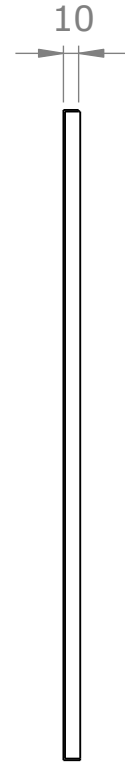
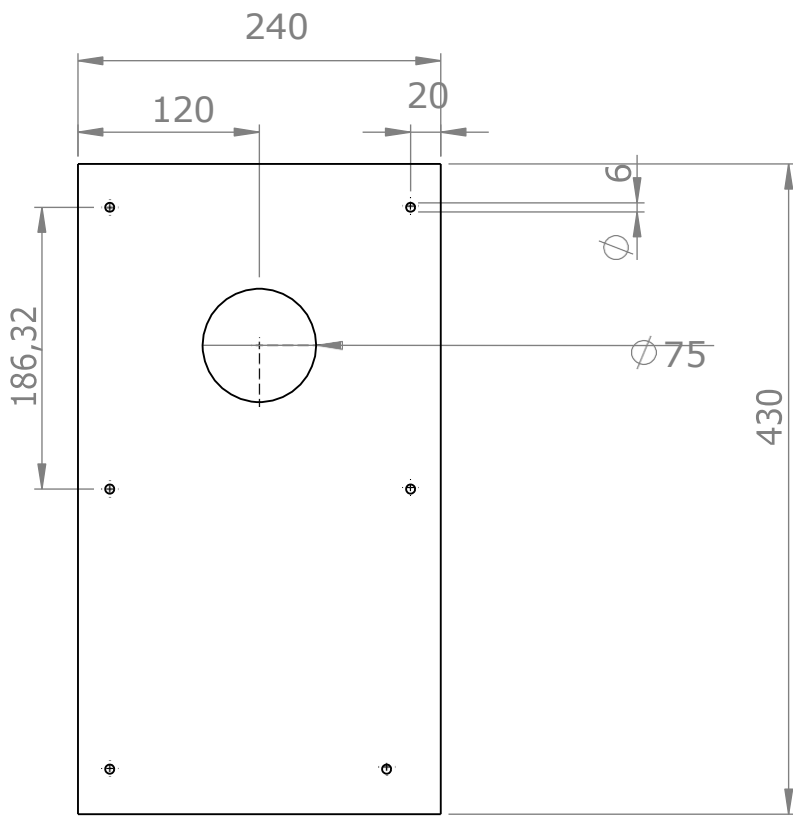
PROMOTION2024



<p>ECHELLE 1:1</p>	<p>Le haut et le bas de l'extérieur</p>		
<p>PLANCHE N°</p>	<p>UMMTO-ELM-MI</p>		<p>PFE</p>
<p>A4</p>	<p>M2</p>	<p>BOUCHAIB.A - CHIBANE.M</p>	<p>PROMOTION2024</p>



ECHELLE 1:5		Cache arrière extérieur de l'enceinte	
PLANCHE N°		UMMTO-ELM-MI	PFE
A4	M2	BOUCHAIB.A - CHIBANE.M	PROMOTION2024



ECHELLE 1:5

Extrémité droite et gauche

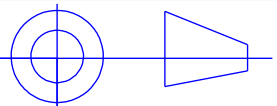


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

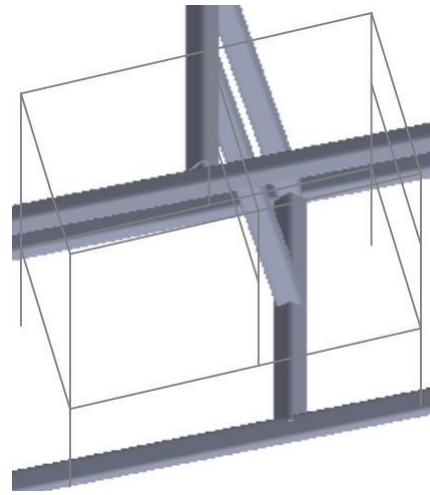
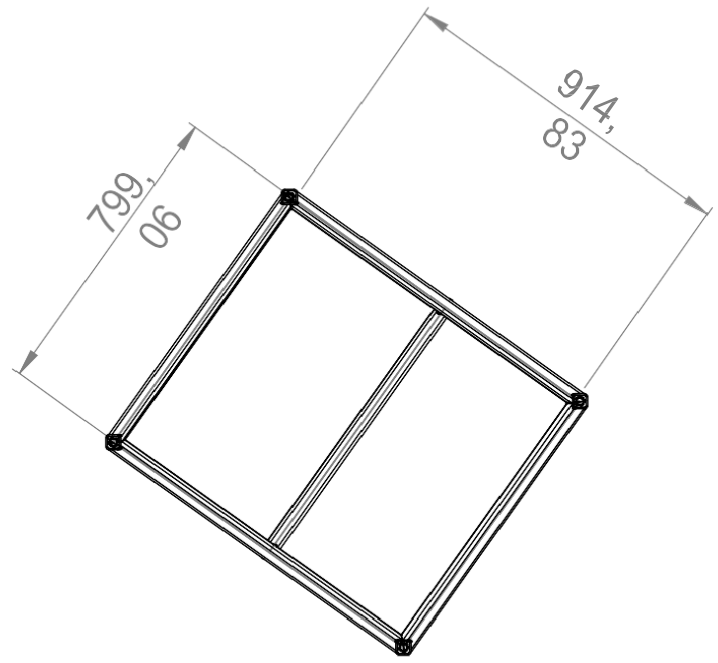
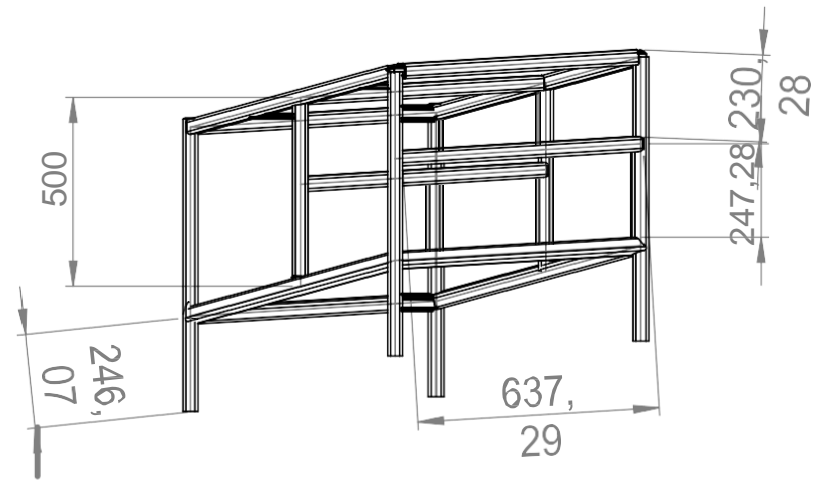
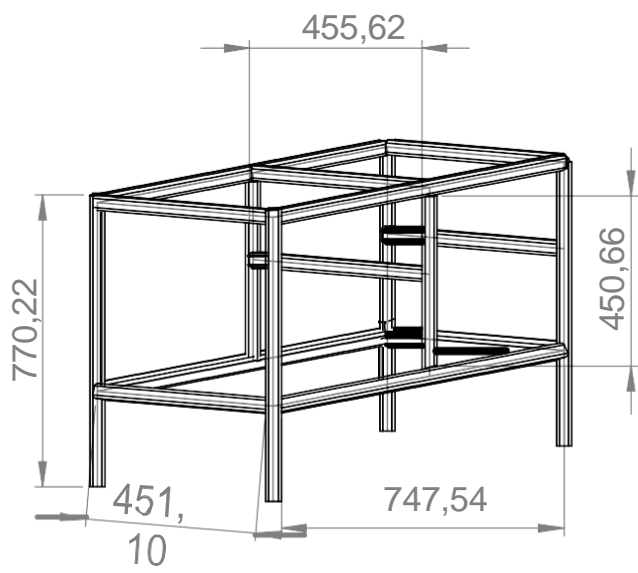
PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024



ECHELLE 1:1

Table de l'enceinte

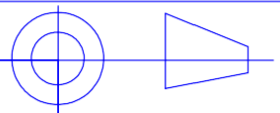


PLANCHE N°

UMMTO-ELM-MI

PFE

A4

M2

BOUCHAIB.A - CHIBANE.M

PROMOTION2024