

Actions de Maghreb Pipe Industries Orientées vers l'Economie Circulaire

* **B. BAALI**

* Usine Maghreb Pipe Industries

*Corresponding author:

RESUME

Afin de réduire les impacts des changements climatiques, il y a unanimité pour réorienter les activités humaines vers un développement durable et à faibles émissions de carbone.

Lorsque les coûts environnementaux et les considérations de sécurité d'approvisionnement sont inclus, les énergies renouvelables deviennent l'alternative à prendre en compte. Parmi les énergies renouvelables, les centrales à concentrateurs cylindro-paraboliques constituent la plus grande part de la technologie d'énergie solaire à concentration installée.

La structure porteuse est la partie la plus couteuse d'une centrale à concentrateur parabolique. Il a pour fonction de porter les miroirs dans la bonne position, de donner de la stabilité et de permettre un suivi optimal de la trajectoire du soleil. Pour remplir ces fonctions, les structures doivent répondre à certaines exigences. En particulier, les exigences de rigidité sont très élevées.

Il est évident qu'une structure de support inappropriée devrait impliquer des coûts supplémentaires de matériaux et de fabrication. Les matériaux composites ont un grand potentiel pour être adaptés au développement de structures d'énergie renouvelable. Il fait référence à toute structure avec deux matériaux distincts ou plus, combinés pour créer un produit d'ingénierie ayant des propriétés supérieures à la somme de ses parties.

Le polyester renforcé de fibres de verre (PRV) avec le verre E comme fibre de renforcement est la forme de construction composite la plus courante. Les déchets de tuyaux en PRV issus du processus de coupe peuvent être revalorisés et utilisés dans la structure de support d'un concentrateur cylindro-parabolique. L'avantage de ces

matériaux réside dans leur résistance mécanique élevée, leur résistance à la corrosion et leur faible densité par rapport aux métaux. De plus, leur rigidité élevée permet des courbures plus importantes, ce qui permet de réduire le nombre de pylônes et d'unités de suivi, ainsi que les coûts. La rigidité des tuyaux en PRV, combinée à une structure légère, permet l'utilisation de fondations et de mécanismes de surveillance plus faibles. Une structure légère est également moins susceptible aux déformations générées par son propre poids. De plus, les structures légères réduisent la demande en énergie pour le suivi des capteurs.

Mots clés : Solaire thermique, Conduites PRV, Concentrateur CCP, Composite, Energie Renouvelable.

1. Introduction

Alliant le choix des technologies les plus performantes au savoir-faire éprouvé d'un personnel compétent et qualifié, l'usine Maghreb Pipe Industries est la référence nationale pour la fabrication des systèmes de canalisation en PRV (polyester renforcé de fibre de verre). Les procédés de fabrication utilisés par Maghreb Pipe Industries font appel aux dernières technologies appliquant les normes et les standards les plus stricts. Les chaînes de fabrication incluent l'enroulement filamentaire, le traitement thermique, le calibrage, les essais de pression et le montage des manchons et des joints. Ces procédés de fabrication, totalement intégrés, ont pour avantage de garantir la résistance, l'étanchéité et la simplicité de mise en œuvre du produit fini.

Avec un objectif de 100 % de recyclage des rebuts du polyester renforcé de fibre de verre PRV, les actions de Maghreb Pipe Industries en lien avec l'économie circulaire est basé principalement sur la réutilisation en état des rebuts ainsi que le recyclage mécanique.

Afin d'atténuer la menace pesant sur le développement et la durabilité du secteur des composites, des alternatives à la mise en décharge des déchets de production et des produits en fin de vie doivent être identifiées.

Le recyclage du polyester renforcé de fibre de verre PRV est une préoccupation depuis les années 1990. Les techniques de valorisation disponibles présentent tous des inconvénients majeurs :

- Les techniques d'incinération ne permettent pas de valorisation matière. De plus, ils génèrent des gaz nocifs.
- Les techniques de pyrolyse et de solvolysse consomment beaucoup d'énergie. De plus, les fibres se dégradent en surface et leurs propriétés mécaniques sont réduites.

Au cours des 20 dernières années, plusieurs applications finales ont été envisagées pour les déchets de PRV thermodurcissables moyennant un recyclage mécanique. Les travaux de recherche les plus étendus dans ce domaine ont été menés sur du béton de ciment Portland dans lequel des déchets de PRV recyclés mécaniquement ont été incorporés soit en renfort, soit en agrégat ou en ajout. Un bref état de l'art à ce sujet peut être trouvé sur Ribeiro et al. (2015).

Aujourd'hui, il existe plusieurs manières de traiter ces produits. Parmi les solutions techniques existantes, figure la réutilisation de produits ou d'une partie des matériaux. De plus, les nouvelles directives européennes rendent la valorisation matière obligatoire pour ce secteur. D'autre part, les systèmes d'énergie solaire tels que les concentrateurs cylindro-paraboliques (CCP) sont nécessaires pour faire face à l'augmentation de la demande d'énergie et sont également nécessaires pour remplacer les ressources fossiles afin de réduire les émissions mondiales.

Les rebuts de tuyaux en PRV (jusqu'à DN 3000 mm de diamètre), fabriqués par Maghreb Pipe Industries, sont générés par le processus de découpe pendant la production ou pendant les opérations de contrôle qualité. Ces rebuts peuvent être utilisés dans la construction de la

structure porteuse d'un concentrateur cylindro-parabolique (CCP).

Les segments de tuyau ont la forme parabolique requise alliée à d'autres avantages tels que : résistance à la corrosion, légèreté et résistance mécanique élevée qui permettent des cylindres plus longs afin de réduire le nombre de pylônes et d'unités de suivi de la trajectoire du soleil, et par conséquent de réduire les coûts de production de CCP. Par conséquent, la valorisation des déchets de tuyaux en PRV dans la structure CCP conduira à la fois à la réduction des coûts et des déchets mis en décharge.

2. Description des composants du système CCP

Le système de concentrateur cylindro-parabolique se compose principalement d'un support de base, d'un réflecteur cylindrique en forme de parabole qui concentre la lumière sur un tube récepteur situé sur le long de la ligne focale du réflecteur et d'un système de suivi du soleil, comme illustré à la figure 1.

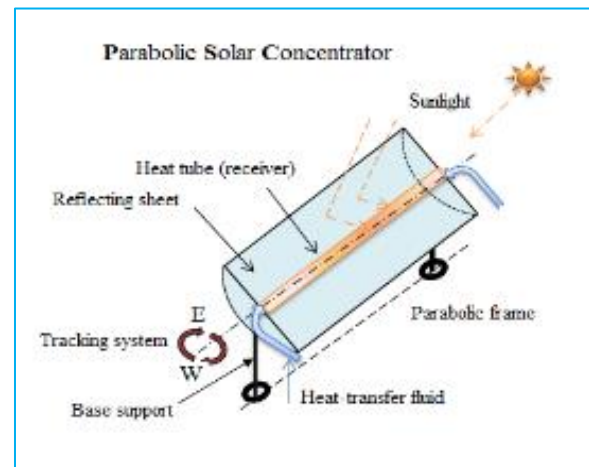


Figure.1. Composants du concentrateur solaire parabolique

La partie la plus importante et la plus chère d'un concentrateur parabolique est la structure porteuse. Elle a pour fonction de porter les miroirs dans la bonne position et de permettre un suivi exact du soleil. Le système de suivi est un axe avec pilote de rotation. De plus, une grande stabilité est également requise pour la construction des concentrateurs Cylindro-paraboliques.

3. Structure du collecteur cylindro-parabolique

Le système pour guider l'ensemble de l'unité CCP doit être conçu de manière à réduire le couple sur le système

de transmission, à éviter d'utiliser un contrepoids et à réduire le couple d'entraînement nécessaire. Toutes les pièces constituantes doivent fonctionner correctement pour un système efficace.

Afin de remplir ces fonctions, les structures doivent répondre à certaines exigences de construction. En particulier, les exigences de rigidité qui sont très élevées, car tout écart par rapport à la forme idéale du collecteur parabolique entraîne des pertes d'efficacité optique du système. Il est important que les collecteurs paraboliques ne soient ni déformés par leur propre poids ni par les charges de vent. La zone d'ouverture représente une grande surface exposée au vent et les charges qui en résultent sont considérables.

4. Conception des collecteurs cylindro-parabolique

Les collecteurs cylindro-paraboliques sont conçus pour capter les rayons solaires directs sur une grande surface (Aperture A). **Figure 2** et pour concentrer les rayons solaires respectivement dans un foyer linéaire augmentant ainsi l'énergie solaire reçue, ce qui signifie plus de chaleur globale par mètre carré des surfaces réfléchissantes (miroirs). Le long du foyer linéaire se trouvent les récepteurs (absorbeurs) qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée.

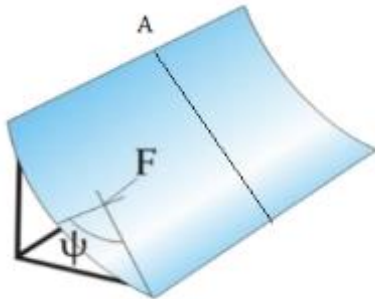


Figure 2 A: Largeur d'ouverture, F: Point focal, ψ Angle d'ouverture

La plupart des CCP standard sont conçues pour une concentration maximale et cela signifie un angle d'ouverture ψ proche de 90 degrés.

La concentration pour un collecteur cylindro-parabolique est donnée par l'Eq.1

$$C = \frac{\sin \varphi}{\sin \theta} \quad Eq. 1$$

Où θ est l'angle d'incidence et φ est l'angle d'ouverture de la parabole ; la concentration la plus élevée se produit lorsque φ est proche de 90 °.

5. Rebut de PRV utilisé pour la structure support du CCP

Le plastique renforcé de verre (PRV) est un matériau composite dont les propriétés chimiques, mécaniques et élastiques du produit final dépendent du type et de la qualité des matières premières utilisées et de la technologie utilisée pour le traitement du stratifié. Généralement, les tuyaux en PRV de Maghreb Pipe Industries sont composés de résine de polyester et de renforts en fibre de verre qui peuvent être sélectionnés en fonction des performances requises. Du sable de silice (ou autre charge) peut également être ajouté pour rendre ce matériau économique sans altérer ses caractéristiques **Figure 3**.

En fait, le composant en résine offre une résistance chimique tandis que le composant de renforcement (fibre de verre) fournit la résistance mécanique aux produits.



Figure 3 : Matières premières utilisées pour la fabrication de PRV.

Le système PRV est souvent utilisé dans presque toutes les applications pour résister à un service agressif, à la température ambiante et aux conditions environnementales. Il a été utilisé avec succès dans diverses applications à travers le monde.

5.1. Technique de fabrication

Le processus utilise un mandrin de reformage sur lequel le PRV de Maghreb Pipe Industries est fabriqué en continu pour être coupé à la longueur requise (généralement 12 m). La résine, les fibres de verre hachées, la silice de haute pureté (si spécifié) et les verres continus sous tension sont appliqués dans des rapports prédéterminés afin de donner au produit les propriétés nécessaires. Figure 4.

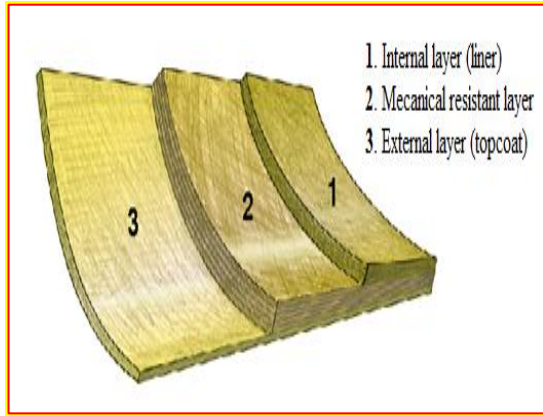


Figure 4 : Couches de structure de PRV.

5.2. Sélection du segment en PRV pour la structure support du CCP

Des rebuts de PRV provenant de la coupe de tuyaux de 2,4 m de diamètre ont été sélectionnés. Le tuyau choisi représente le plus grand diamètre de la gamme de production de Maghreb Pipe Industries. Il fournit la zone de capture maximale des rayonnements solaire. Le tuyau est découpé en trois segments égaux et de manière à ne pas générer plus de déchets. Figure 5.

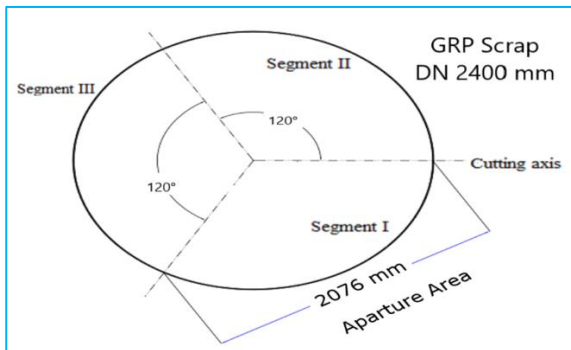


Figure .5 . Modèle de coupe de tuyau PRV

L'expression mathématique de la parabole est donnée dans eq.2

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad \text{eq.2}$$

$$\tan \varphi = \frac{\frac{a}{f}}{2 - \frac{1}{8} \left(\frac{a}{f}\right)^2} \quad \text{eq. 3}$$

Où f est la distance focale, c'est-à-dire la distance entre le point focal et le sommet d'une parabole figure 6.

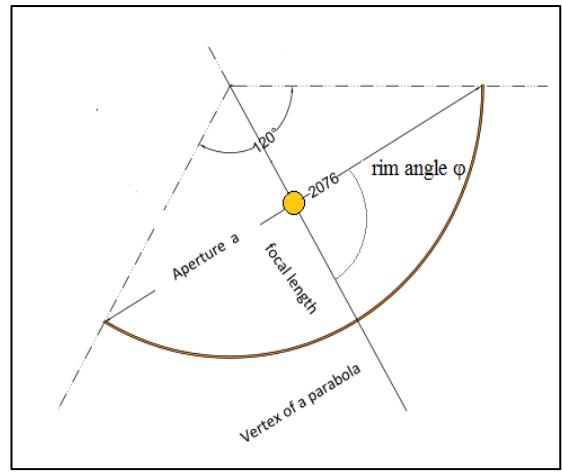


Figure .6 .Segment de PRV utilisé pour le support du CCP

Les trois paramètres qui décrivent la forme et la dimension de la parabole sont l'angle d'ouverture, la largeur d'ouverture et la distance focale. Deux d'entre eux suffisent pour déterminer le troisième. La relation entre ces paramètres est donnée dans eq3.

Le modèle de coupe choisi donne une largeur d'ouverture d'environ 2,0 m avec une longueur maximale de 12,0 m.

6. Conclusion

La présente étude vise à concevoir un concentrateur solaire cylindro-parabolique en matériau composite utilisant des déchets de tuyaux en PRV de Maghreb Pipe Industries générés par le processus de production et/ou les opérations de contrôle qualité. En outre, la réutilisation des déchets de tuyaux en PRV comme support dans le CCP permet de minimiser le poids de la structure entière et par conséquent de réduire les coûts.

Les deux objectifs : récupérer les déchets de polyester renforcé de fibres de verre PRV et en même temps réduire les coûts aideront à diversifier l'utilisation du

CCP en raison de son coût réduit et de sa facilité d'installation.

Références

1. Ahmet Çağlar: *Design of a Parabolic Trough Solar Collector Using a Concentrator with High Reflectivity*. Proceedings of the 2nd World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM'16) Budapest, Hungary – August 22 – 23, 2016 Paper No. HTFF 152 DOI: 10.11159/htff16.152.
2. Omar Behar, Abdallah Khellaf, Kamal Mohammedi: *A novel parabolic trough solar collector model Validation with experimental Data and Comparison to Engineering Equation Solver (EES)*. Energy Conversion, Management 106, 268–281 (2015)
3. Evangelos Bellos ; Christos Tzivanidis: *Assessment of the thermal enhancement methods in parabolic trough collectors*. International Journal of Energy and Environmental Engineering. Published online, Springer, 29 november 2017. <https://doi.org/10.1007/s40095-017-0255-3>www.consoglobe.com;
4. Faissal Abdel-Hady, Saani Shakil, Mostafa Hamed, Abdulrahim Alzahrani, Abdel-Hamid Mazher: *Design, Simulation and Manufacturing of an Integrated Composite Material Parabolic Trough Solar Collector* International Journal of Engineering and Technology. Vol 8 No 5 Oct-Nov 2016 ISSN (Print) : 2319-8613, ISSN (Online) : 0975-4024. DOI: 10.21817/ijet/2016/v8i5/16080500