

Projet PISTE

HEI3



Statut du projet : Terminé.

Problématique : "Comment récupérer et redistribuer l'énergie thermique engendrée par le public dans les stades ?".

Contenu du document :

Rapport PISTE (Groupe A2) : Pages 1 à 81.

Rapport de projet PISTE 2022-2023

(Projet d'Intégration Scientifique,
Technologique, Economique)

Sujet :

Comment récupérer l'énergie thermique engendrée par le public dans les stades et la redistribuer ?

*BRUNET Enzo, CATHERINE-MEZERAY Julien,
CONQUEUR Ronan, CORRE Alexandre, DECALOGNE
Maëlle, LE BOULAIRE Melvin, LECOINTRE Quentin,
SANCHEZ DE LEON Gabriel, THERY Thibaut.*

Jury de soutenance

Président de jury : M. GILLET-CHEVAIS Aymeric

Professeur encadrant : Mme DARCHIS Carole

I. Remerciements

L'ensemble des membres de l'équipe « A2 pas de la réussite » tient à remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique de JUNIA HEI campus centre.

Madame LUCHINI, pour son dévouement lors de l'atelier créatif en septembre qui nous a lancés dans ce PISTE, et nous a aidés à construire les bases de notre projet.

Madame DARCHIS, pour ses conseils dans l'étude d'une thématique cohérente avec nos centres d'intérêt et qui, au travers des cours de management de projet, nous a donné les outils nécessaires afin de gérer un projet.

Madame YU professeure de systèmes énergies, pour le suivi dont nous avons bénéficié tout au long du projet, sa disponibilité lorsque nous avons des questions et ses remarques pertinentes permettant l'avancée du projet.

Monsieur MARTIN pour son aide dans l'apport de matières, et l'utilisation de l'outillage disponible au FABLAB permettant la réalisation de notre maquette.

Monsieur GILLET CHEVAIS pour son accompagnement dans le suivi de notre projet, ses conseils quant aux directions à prendre sur la suite de ce dernier. Nous le remercions pour le temps consacré à ces points d'avancement réguliers.

Nous souhaitons également remercier l'entreprise Combiosol pour leur professionnalisme et leur expertise technique. Leur spécialisation dans l'étude thermique nous a permis d'approfondir notre sujet.

Pour terminer, nous remercions également les personnes ayant pris le temps de répondre à notre sondage, cela nous a permis de cibler les besoins des utilisateurs et de compléter notre veille sociétale.

II. Introduction

En qualité d'étudiants ingénieurs de HEI Campus Centre, nous sommes tenus de mener une étude de faisabilité en première année du cycle (HEI3), dans le cadre du Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Economique (PISTE). Ce projet nous donne la possibilité de nous immerger dans la gestion de projet, depuis la phase d'initiation jusqu'à la mise en place d'une solution technique.

Cette étude a pour objectif d'étudier un système innovant répondant à une problématique établie par notre équipe de projet. Cette dernière est composée de neuf étudiants : BRUNET Enzo, CATHERINE-MEZERAY Julien, CONQUEUR Ronan, CORRE Alexandre, DECALOGNE Maëlle, LE BOULAIRE Melvin, LECOINTRE Quentin, SANCHEZ DE LEON Gabriel et THERY Thibaut. Le chef de projet, LECOINTRE Quentin, dirige l'équipe dans cette étude de faisabilité en appliquant les méthodologies de management et en respectant les étapes définies.

Notre projet a été initié lors de deux journées de travail encadrées par Mme Darchis et Mme Luchini qui nous ont fourni des méthodes de créativité. Après avoir effectué plusieurs activités en groupe puis échangé sur nos différents centres d'intérêts, notre groupe de projet s'est rapidement intéressé à un sujet commun : l'énergie et le sport. Nous avons ensuite focalisé notre attention sur ces thèmes, qui a conduit à l'élaboration de la problématique suivante : Comment récupérer l'énergie thermique produite par le public dans les stades et la redistribuer ?

De nos jours, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure à l'échelle mondiale. Nous sommes confrontés à des problèmes tels que le changement climatique, la pollution de l'air et de l'eau, la perte de biodiversité et la diminution des ressources naturelles. Cette dernière entraîne une forte augmentation des coûts énergétiques.

Dans ce contexte, il est devenu crucial de trouver des solutions durables pour préserver l'environnement tout en maintenant une production saine d'énergie pour alimenter les appareils que nous utilisons au quotidien consommant de plus en plus au fil des ans. Effectivement, les appareils électriques, tels que les ordinateurs et les smartphones mais également les chauffages ou éclairages sont devenus omniprésents, nécessitant une alimentation électrique constante à la fois contraignante et énergivore. Il devient alors nécessaire de réduire notre dépendance aux énergies fossiles, comme le pétrole et le charbon, qui sont des sources d'énergie polluantes et épuisables.

C'est dans ce contexte que l'idée de concevoir un système capable de récupérer l'énergie produite par le corps humain nous est venue. Le corps humain génère de l'énergie thermique à travers les mouvements, la chaleur corporelle et les activités quotidiennes. Au lieu de laisser cette énergie se perdre, il serait judicieux de la récupérer et de l'utiliser pour alimenter les appareils électriques. De ce fait nous avons décidé de nous placer dans un domaine provoquant systématiquement des rassemblements massifs : les événements sportifs.

En effet, en période hivernale, la demande en électricité en France connaît une augmentation significative en raison notamment de l'utilisation de chauffage électrique, d'éclairage et d'autres usages. Pour remédier à cette situation, les autorités françaises ont mis en place le Plan Hiver qui inclut diverses mesures visant à réduire la consommation d'électricité, telles que la limitation de l'éclairage public et la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments publics. Dans le cadre de ce plan, les compétitions sportives en journée verront leur temps d'éclairage avant ou après les matchs réduit de 50 %, tandis que cette réduction sera de 30 % en soirée. C'est dans ce contexte que notre siège " ECO₂SIT " offre une réponse concrète à cette problématique.

Nous avons imaginé un siège nommé " ECO₂SIT ". Ce dernier a pour fonctionnalité de récupérer l'énergie thermique produite par les spectateurs dans les stades afin de la redistribuer et de rendre un stade moins énergivore. L'objectif de ce dispositif est d'optimiser la récupération d'énergie de milliers de spectateurs pour la réinjecter dans le système énergétique du stade.

Pour mener à bien cette étude, nous avons mobilisé différents enseignements donnés tout au long de notre cursus :

- Gestion de projet : pour assurer une progression efficace du projet.
- Matériaux : pour sélectionner les matériaux les plus adaptés en fonction des contraintes à prendre en compte.
- Électronique/électricité : pour déterminer les moyens les plus pertinents pour la récupération et la redistribution d'énergie.
- Thermodynamique : pour réaliser des calculs de rendements énergétiques de notre solution.

Le présent rapport expose les résultats de l'étude menée tout au long de l'année et présente une vue d'ensemble du projet, y compris le contexte et le cahier des charges établis. Nous décrirons également en détail l'étude technique que nous avons menée pour déterminer la déclinaison du projet.

III. Table des matières

I. Remerciements	2
II. Introduction.....	3
IV. Résumé du projet	7
A. Objectifs.....	7
B. Enjeux	7
V. Planification	8
A. Planification prévue.....	8
B. Planification réelle	10
VI. Limites du projet	11
VII. Analyse fonctionnelle	12
A. Personae.....	12
B. Bête à corne	13
C. Analyse de la problématique.....	13
D. Diagramme pieuvre	14
E. Diagramme FAST	15
F. Analyse de risque	16
G. SWOT	17
VIII. Etude des veilles	17
A. Veille juridique.....	17
B. Veille sociétale.....	18
C. Veille commerciale	24
D. Veille concurrentielle	25
E. Veille technologique.....	28
• Les échangeurs de chaleur :	28
• Les turbines à vapeur :	29
• Les thermo-générateurs/thermoélectricité à gradient de température :	29
• Les pompes à chaleur (PAC) :	30
• Les solutions si on récupère de l'énergie électrique directement sur le siège.	31
• Les solutions si on fait passer un fluide caloporteur pour récupérer l'énergie.	31
F. Veille Marketing / Image	32
IX. Etude de marché	34
X. Etude des matériaux.....	35
A. La Housse.....	35

B.	La Mousse.....	38
C.	Module Seebeck	40
XI.	Etude technique	43
A.	Les matériaux et technologies piézoélectriques :	43
B.	L'effet pyroélectrique :	43
C.	Le module Peltier :	44
	• L'effet Seebeck :	47
	• La loi de Joule :	47
	• La conservation de l'énergie :	47
XII.	Gestion énergétique.....	50
XIII.	Implantation du système.....	52
XIV.	Difficultés rencontrées	53
XV.	Conclusions personnelles	54
A.	BRUNET Enzo	54
B.	CATHERINE MEZERAY Julien.....	55
C.	CONQUEUR Ronan	56
D.	CORRE Alexandre.....	57
E.	DECALOGNE Maëlle.....	58
F.	LE BOULAIRE Melvin	59
G.	LECOINTRE Quentin.....	60
H.	SANCHEZ DE LEON Gabriel	61
I.	THERY Thibaut	62
XVI.	Conclusion générale	63
XVII.	Table des figures.....	65
XVIII.	Table des tableaux	66
XIX.	Annexes	67
A.	Annexe 1 : Tableau des coefficients des matériaux :	67
B.	Annexe 2 : Le rapport de l'entreprise Combiosol :	69
XX.	Bibliographie.....	77

IV. Résumé du projet

A. Objectifs

Le projet a pour objectif de créer un système pouvant être mis en place au sein des installations sportives pour récupérer l'énergie des spectateurs présents. L'idée est de stocker cette énergie récupérée puis de la redistribuer dans les différents appareils électriques présents tels que des projecteurs, des écrans ou encore les éclairages.

Cependant nous souhaitons que notre système reste discret et ne dérange en rien le spectateur durant l'entièreté de l'évènement auquel il assiste.

Notre système ne sera pas irréversible, il devra pouvoir être démonté aisément. Néanmoins, nous voulons également que la résistance de ce dernier ne soit pas un facteur contraignant de sorte à éviter des maintenances régulières.

Pour finir notre système devra être capable de résister aux intempéries puisque la majorité des évènements sportifs se déroulent en extérieur.

B. Enjeux

Les enjeux de notre projet sont à la fois environnementaux et économiques.

Les enjeux environnementaux prennent une place majeure dans la société et le contexte actuel. Depuis 1970 le jour du dépassement (jour durant lequel l'humanité a consommé l'ensemble des ressources pouvant être générées par la Terre en un an) n'a cessé de s'avancer. En 2022, ce jour a été atteint le 28 juillet contre le 30 décembre en 1970. Ces dates nous prouvent que les besoins en ressources ont fortement augmenté et qu'il est nécessaire d'être vigilant sur ce que nous utilisons comme source d'énergie.

Cette augmentation de consommation engendre une raréfaction des ressources et il en découle une croissance des prix énergétiques, un enjeu économique majeur.

V. Planification

A. Planification prévue

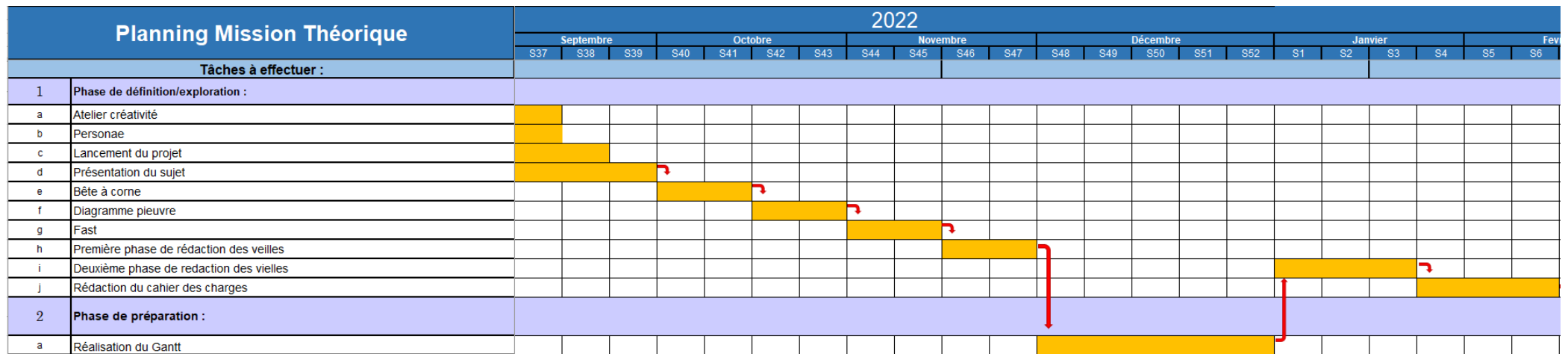


Tableau 1 GANTT théorique semestre 1

Notre projet a débuté le 15 septembre 2022, par des ateliers de créativité afin de mieux nous connaître et déterminer le sujet ainsi que la problématique de notre projet. Durant cette semaine de créativité, nous avons dû également créer notre personae représentant le potentiel client de notre produit. À la fin de cette semaine de créativité, nous avons présenté notre projet à notre professeure Mme YU en charge de nous valider la problématique. À la suite de cette présentation, nous avons dû approfondir et cibler davantage notre problématique car nous étions trop vastes. Cela nous a permis de préciser la direction où nous nous dirigeons, et ainsi, de valider le début de notre projet.

Par la suite, nous avons défini notre projet par des outils de management de projets tel que la bête à corne, le diagramme pieuvre, le FAST. Nous avons également démarré nos veilles, nous permettant de mieux connaître les systèmes existants et le marché.

Planning Mission Théorique		2023											
		rier		Mars						Avril			
		S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
j	Rédaction du cahier des charges												
2	Phase de préparation :												
a	Réalisation du Gantt												
3	Phase de concrétisation/réalisation :												
a	Conception (CAO)												
b	Définition												
c	Réalisation												
d	Vidéo												

Tableau 2 GANTT théorique semestre 2 partie 1

Cette première phase du projet a été la phase de définition et nous y avons consacré environ un semestre en y ajoutant la phase de préparation qui contient la réalisation de notre Gantt prévisionnel. Nous avons pu réaliser le cahier des charges une fois toutes ces étapes terminées.

À la suite de ce premier semestre, nous sommes rentrés dans une phase de conception et réalisation de notre projet, qui a consisté à réfléchir à des solutions techniques, la conception et la réalisation d'une maquette ainsi qu'une vidéo permettant de faire la promotion et la présentation de notre projet. Cette phase se déroule sur environ un trimestre.

Planning Mission Théorique												
		Avril			Mai				Juin			
		S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
4	Phase de maîtrise :											
a	Réalisation du rapport de projet											
b	Clôture											
c	Présentation du projet (Soutenance)											

Tableau 3 GANTT théorique semestre 2 partie 2

Enfin dans une période plutôt courte d'environ un mois, nous sommes dans une phase de concrétisation du projet au cours de laquelle, nous rédigeons le rapport de projet, réalisons le Gantt réel de son avancée et nous préparons en vue de la soutenance finale.

B. Planification réelle

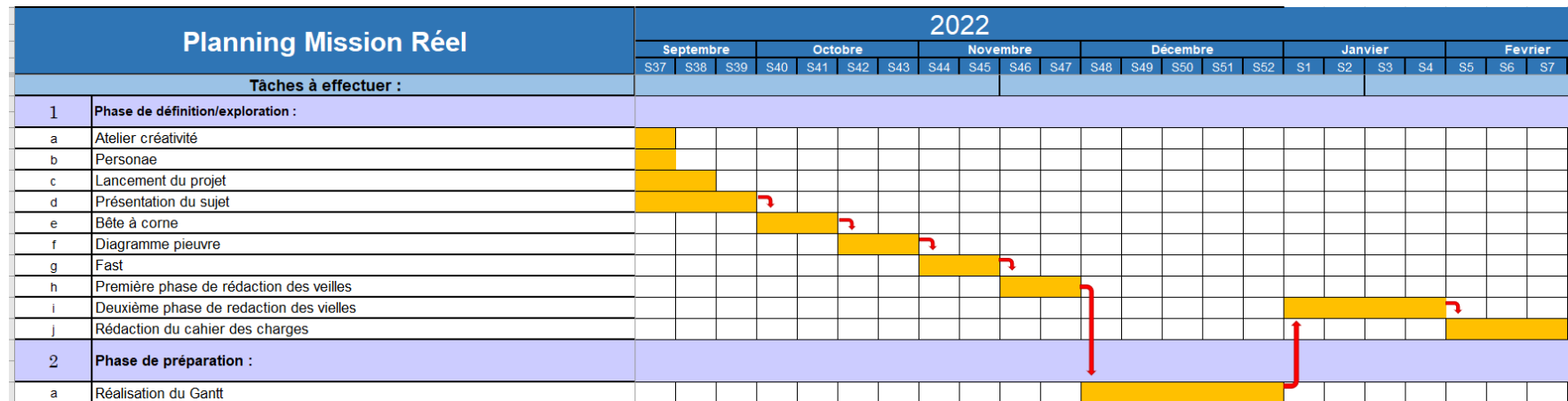


Tableau 4 GANTT Réel 1

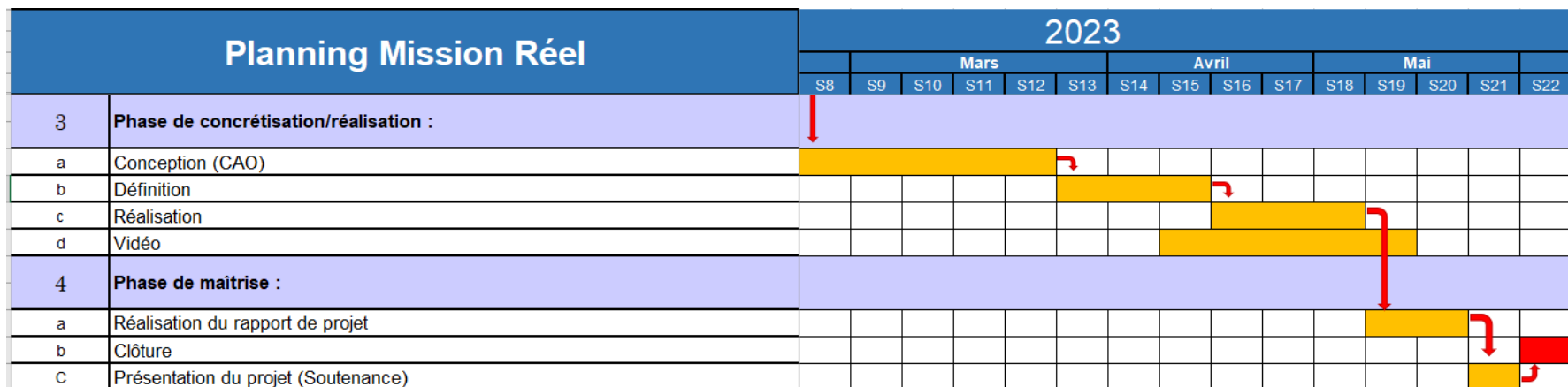


Tableau 5 GANTT Réel 2

Les tâches de la première phase ont été réalisées comme prévu sur le planning prévisionnel et n'ont subi aucun changement. Des décalages sont observables à partir de la semaine n°4 avec la rédaction des veilles qui a nécessité une semaine supplémentaire. L'étape suivante de CAO a été effectuée en cinq semaines au lieu des quatre planifiées initialement, le retard est de deux semaines pour cette tâche par rapport au Gantt prévisionnel. Les tâches de définition et de réalisation de la maquette ont alors été décalées de deux semaines. Pour pallier ce retard, la réalisation de la vidéo a été faite en parallèle et a donc été écartée du chemin critique. Cette dernière a donc été commencée deux semaines plus tôt et a nécessité davantage de temps que celui initialement prévu. Les dernières tâches vont donc être réalisées dans les temps planifiés au départ.

Nous avons remarqué que les délais que nous avons attribués à certaines tâches étaient trop courts. Nous avons donc dû nous adapter afin que le projet soit terminé dans les temps impartis.

VI. Limites du projet

La première limite est le coût de l'installation. Il comprend l'installation des housses sur les sièges et le système électrique complet qui relie chaque siège au circuit général permettant de redistribuer l'énergie accumulée. Tous les professionnels ne peuvent pas se permettre un tel investissement.

Il peut y avoir des restrictions sur le réseau électrique. Tous les sites ne peuvent pas nécessairement intégrer ce type d'installation dans leur réseau qui peut être complexe au départ avec des systèmes électriques plus ou moins vétustes.

En outre, certains lieux pourraient être dénaturés selon l'installation effectuée. Le système peut interférer avec l'architecture du site et influencer si des décors sont installés.

Ensuite, notre housse doit être adaptable au lieu et aux sièges en place (taille et forme des sièges). Le public doit pouvoir adhérer au projet et s'adapter aux nouvelles housses puisque ce seront les utilisateurs.

D'autre part, ce système nécessitera un entretien et une maintenance à fréquence régulière ainsi que du personnel disponible pour intervenir en cas de dysfonctionnement. Cela nécessitera d'employer des techniciens qualifiés à la maintenance du système au quotidien ce qui engendrera un coût supplémentaire.

La réglementation en vigueur peut amener des contraintes pour appliquer notre système ainsi que la redistribution de notre électricité produite. De plus, le type de client sera différent : lorsque nous installerons notre projet pour une institution publique comme une agglomération ou une commune, le cahier des charges client et les réglementations à suivre seront différents de ceux que pourrait avoir un propriétaire privé de stade. Le propriétaire privé est plus apte à effectuer des changements au niveau de ses infrastructures qu'un domaine public.

VII. Analyse fonctionnelle

A. Personae

Nous avons identifié une personae (personne étant capable de consommer notre innovation).



Figure 1 Personae : Philippe De Laroux

Pour compléter cette description, Philippe peut être qualifié d'indépendant. Il a une capacité financière lui permettant de faire ce qu'il veut, c'est un élément moteur du Mans, une bonne partie de l'économie de cette ville tournant autour de cet homme.

Il est aussi visionnaire. En effet, depuis peu, il voit sa facture d'électricité monter et craint grandement les futures augmentations. Effectivement, Philippe est un homme désireux de s'enrichir et pour compenser la hausse des prix de l'énergie, il n'aura d'autre solution que d'augmenter le prix de ses billets.

B. Bête à corne

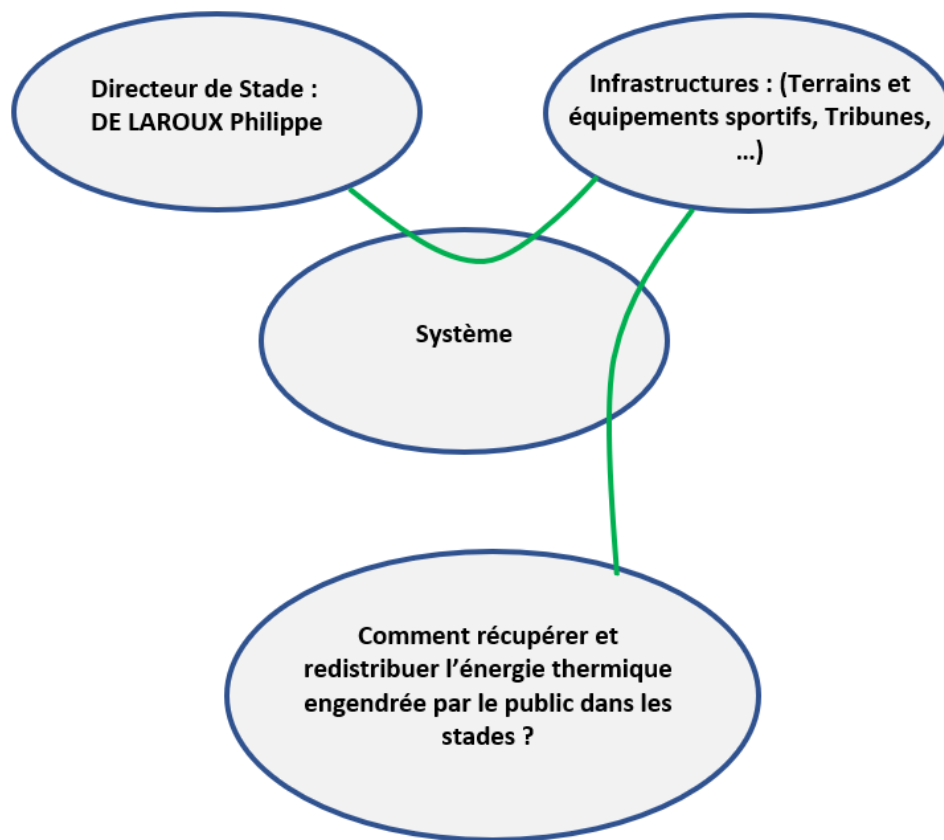


Figure 2 Diagramme bête à corne

La bête à corne du projet ECO₂SIT s'appuie sur notre persona, M. DE LAROUX Philippe voulant apporter à son stade une dimension écoresponsable en installant sur ses infrastructures un système lui permettant de réduire ses factures énergétiques.

C. Analyse de la problématique

Pour rappel, notre problématique est la suivante : **Comment récupérer et redistribuer l'énergie thermique engendrée par le public dans les stades ?**

Une fois l'énergie accumulée et récupérée, il faudra obligatoirement la redistribuer. C'est pourquoi nous avons également travaillé sur la recherche de solutions dans ce domaine.

D. Diagramme pieuvre

Pour définir le cadre de notre sujet, nous avons décidé d'utiliser un outil de l'analyse fonctionnelle qui nous permet de mettre en forme nos idées, il est important d'adopter une démarche linéaire pour amener une réflexion constructive permettant de visualiser si le projet est réalisable.

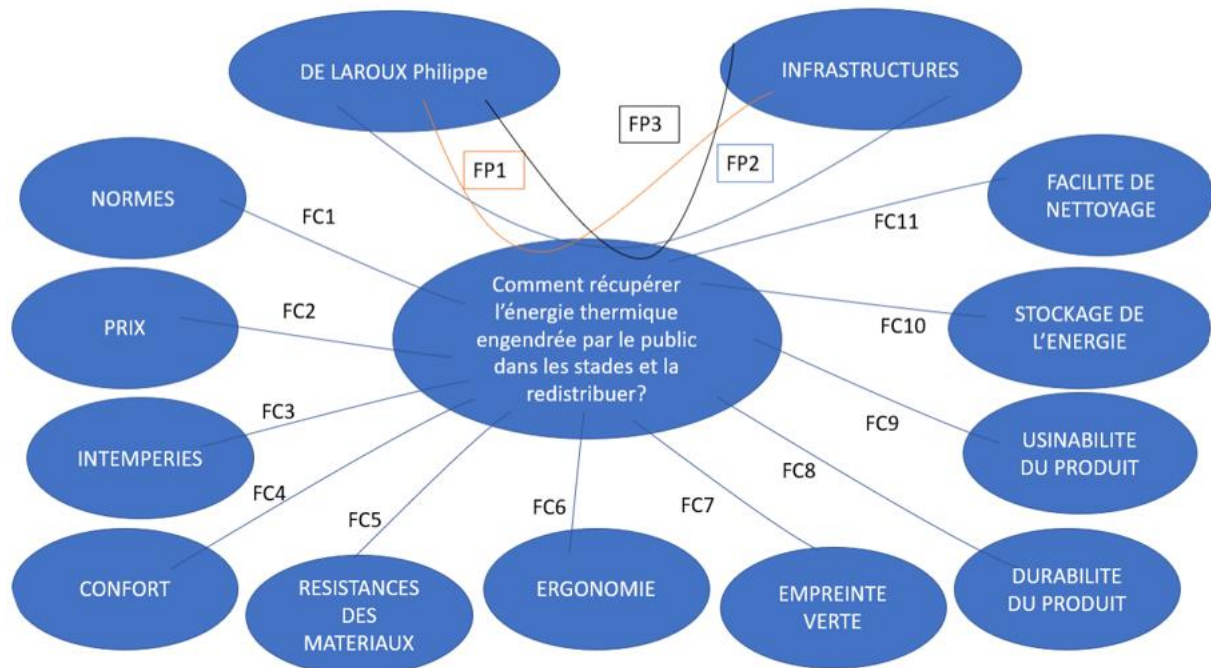


Figure 3 Diagramme pieuvre

Fonctions	Intitulés
FP1	Récupération de l'énergie thermique sur l'utilisateur
FP2	Conversion de l'énergie thermique en énergie électrique
FP3	Redistribution de l'énergie électrique
FC1	Normes liées à la conception d'un appareil récupérant l'énergie
FC2	Prix attractif permettant l'achat de ce produit
FC3	Intempéries pouvant survenir sur le produit (IP)
FC4	Confort, les personnes l'utiliseront pendant de nombreuses heures
FC5	Résistance des matériaux, nous souhaitons que le produit soit résistant
FC6	Ergonomie, doit s'adapter à l'utilisateur
FC7	Empreinte verte, la démarche reste écologique (fabrication -> utilisation)
FC8	Durabilité du produit, en rapport avec la notion d'écologie (Rapport qualité/prix)
FC9	Usinabilité du produit , un produit facile à fabriquer permettant une production à grande échelle
FC10	Stockage de l'énergie , nous voulons la stocker avant de la redistribuer
FC11	Facilité de nettoyage

Tableau 6 Tableau des fonctions principales et contraintes

E. Diagramme FAST

Le diagramme FAST permet de faire un lien avec le diagramme pieuvre. De ce dernier, nous récupérons les fonctions principales et les fonctions contraintes et les complétons pour imaginer l'ensemble des systèmes qui pourront répondre à notre analyse fonctionnelle.

Le but est de déterminer la solution permettant de relier les différentes contraintes et les différentes fonctions principales. Grâce à cette étude nous avons pu nous orienter vers des matériaux et technologies précises et une solution finale.

Pour comprendre le choix de la solution, il a fallu prendre en compte l'ensemble des veilles. En effet, lors des recherches nous avons dû prendre des décisions pour satisfaire l'ensemble de nos contraintes.

Fonction(s)	Intitulé(s)	Caractérisation fonction	Fonction technique	Solution(s)
FP1	Récupération de l'énergie thermique sur l'utilisateur.	Capter, récupérer	Surface de contact, température	Aimanter, aspirer, module de Peltier.
FP2	Conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.	Convertir, échanger	Température	Générateur thermo-électrique, module de Peltier, convertisseur thermo-ionique.
FP3	Redistribution de l'énergie électrique.	Partager, vendre, utiliser	S'adapter au réseau électrique, 220V/280	Batterie, réseau électrique, transformateur.
FC1	Normes liées à la conception d'un appareil récupérant l'énergie.	Prevenir, Informer	Ø	Se référer aux normes (IP), faire appel à un sous-traitant.
FC2	Prix attractif permettant l'achat de ce produit.	Vendre	Ø	Miser sur un rapport qualité/prix, production de masse.
FC3	Intempéries pouvant survenir sur le produit (IP).	Résister aux intempéries	Résistance des matériaux	Choix des matériaux.
FC4	Confort, les personnes l'utiliseront pendant de nombreuses heures.	Confort	Ø	Choix des matériaux.
FC5	Résistance des matériaux, nous souhaitons que le produit soit résistant.	Résister au poids, résister au temps, éviter la maintenance (coût)	Résistance des matériaux	Choix des matériaux.
FC6	Ergonomie, doit s'adapter à l'utilisateur.	Satisfaire, corriger la posture	Ø	Siège chauffant, dossier, matériau (mousse).
FC7	Empreinte verte, la démarche reste écologique (fabrication -> utilisation).	Fabriquer, utiliser, produire (tous cela en limitant le plus possible la pollution)	Ø	Matériaux peu polluant, responsable de l'environnement, ISO 14001.

Tableau 7 FAST première partie

FC8	Durabilité du produit, en rapport avec la notion d'écologie (Rapport Qualité/Prix).	Produire durablement	Ø	Matériaux abordables mais durables (bois, métaux, plastiques recyclés).
FC9	Usinabilité du produit, un produit facile à fabriquer permettant une production à grande échelle.	Façonner en série	Résistance des matériaux	Polymère, composites, filletage, laminage.
FC10	Stockage de l'énergie, nous voulons la stocker avant de la redistribuer.	Emmagasiner, préserver, conserver	Ø	Electricité : batterie, volant d'inertie, super condensateur. Thermique : stockage en fosse, en aquifère, en réservoir, dans le sol, dans une cuve thermocline.
FC11	Facilité de nettoyage.	Nettoyer	Ø	Matériaux hydrophobes, matériaux qui ne se tachent pas.

Tableau 8 FAST deuxième partie

Solution retenue : Couverture/enveloppe de siège dans un matériau déperlant et d'origine recyclée ou renouvelable sur lequel on applique un module Seebeck relié par des câbles en sortie de siège, lesquels sont reliés à une batterie pour collecter l'énergie.

F. Analyse de risque

Pour l'analyse de risque, nous avons utilisé un outil se nommant l'AMDEC (méthode d'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités). Cet outil va nous permettre d'orienter les décisions à prendre en fonction des différents risques que nous aurons envisagés. Cela complètera notre FAST, répondant aux attentes du projet.

Fonctions	Intitulés	Caractéristiques	Gravité	Fréquence	Détection	Total
FP1	Récupération de l'énergie thermique sur l'utilisateur	Le siège prend feu	5	1	1	5
		Le module se casse	5	4	4	80
		Étanchéité du siège	3	1	5	15
		Récupération trop faible	4	2	4	32
FP2	Conversion de l'énergie thermique en énergie électrique	La différence de températures est trop basse (été)	4	2	5	40
		Surchauffe du module	5	3	3	45
FP3	Redistribution de l'énergie électrique	Explosion de la batterie	5	1	1	5
		Câble de débranché	4	3	4	48
Autres	Autres	Vole de l'équipement	5	3	2	30
		Incivilité des utilisateurs	2	4	3	24
		Les utilisateurs ne sont pas réceptifs	1	3	2	6
		Maintenance des sièges	3	4	3	36

Tableau 9 AMDEC

Grâce à cet AMDEC, nous allons nous concentrer sur les risques liés à la différence de température dans le module Seebeck l'été, les risques de casse au niveau du module ainsi que sa surchauffe et pour finir les risques de débranchement du système.

G. SWOT

	Impact positif Pour atteindre l'objectif	Impact négatif Pour atteindre l'objectif
Origine interne (Organisationnelle)	<u>FORCES</u> Mixité des connaissances scientifiques Sujet qui nous motive A l'affût de l'actualité	<u>FAIBLESSES</u> Thème inconnu Connaissances limitées Moyens financiers limités
Origine externe (Environnement)	<u>OPPORTUNITES</u> « Pas de concurrence » Sujets d'actualités Augmentation du prix des énergies Impact qui sera médiatisé Standardisation du modèle Création d'emplois « Financement important » Marché de niche	<u>MENACES</u> Coût / rentabilité Baisse du prix des énergies dans l'avenir Apparition d'énergies alternatives Dénaturer le site/lieu

Tableau 10 SWOT

VIII. Etude des veilles

A. Veille juridique

Notre veille juridique nous permet de faire un état des lieux des lois, normes et juridictions importantes au sein de notre projet.

La norme Afnor 13200-4 permet de décrire les caractéristiques d'un siège de stade : il doit supporter un poids de 2 tonnes, une profondeur de 40 cm et doit être placé à une distance de 70 cm du siège de derrière. De plus, la norme NF-EN12727 permet de décrire les exigences de sécurité et de durabilité pour un type de siège destiné à être fixé au sol. La norme NF-EN15312 + A1 indique la façon d'occuper et de réaliser les maintenances des terrains multisports (city).

Nous avons connaissance de la norme d'étanchéité sous la forme IPXY avec X entre 0 et 6 correspondant à la protection contre les particules solides et Y entre 0 et 8 qui est la protection contre les liquides. Cette norme intervient puisque le siège peut être installé en extérieur et devra être adapté aux différents accidents du public ainsi qu'aux intempéries.

Nous nous sommes intéressés au dépôt d'un brevet car nous pourrions être amenés à déposer un dossier. Il permet de définir notre produit comme propriété industrielle pendant une durée de 20 ans. Ce brevet a un coût d'environ 680€ euros la première année et est délivrée par l'Institut national de la propriété industrielle.

Pour ce faire, il faut : le dépôt du brevet (26€), l'examen technique et administratif de la demande de brevet (520€ et délai moyen de 27 mois), la délivrance et l'impression du brevet (90€), une taxe annuelle (38€ la première année et 800€ la 20^{ème} année).

La norme ISO14001 :

La norme ISO 14001 concerne le management environnemental dont les caractères sont propres à rassurer les consommateurs soucieux de l'environnement. Elle est une partie intégrante des normes d'organisation et l'ISO ou Organisation Internationale de la Normalisation (International Organisation for Standardization) en est l'organisme créateur.



Figure 4 Logo norme ISO 14001

Elle repose sur le principe d'amélioration continue de la performance environnementale par la maîtrise des impacts liés à l'activité de l'entreprise. Cette démarche est souvent représentée par la roue de Deming :

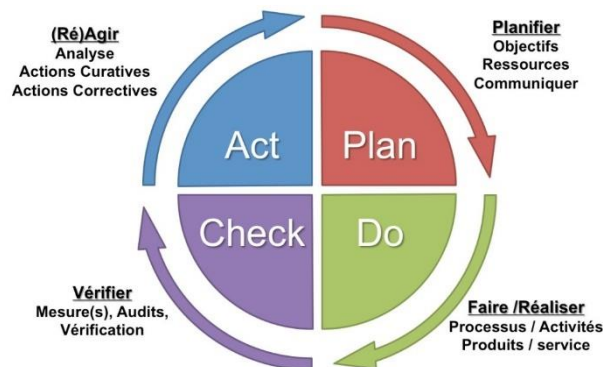


Figure 5 Roue de Deming

La roue de Deming ou PDCA présente 4 phases à enchaîner de manière itérative pour améliorer un fonctionnement existant (process, organisation, produit ...). Les 4 phases à suivre successivement sont : Planifier (Plan), Faire (Do), Vérifier (Check), Réagir (Act) d'où le nom PDCA.

B. Veille sociétale

Cette étape de veille se déroulera en deux étapes distinctes :

Dans un premier temps, nous nous attacherons à recueillir les avis des futurs utilisateurs potentiels de notre solution. Cette étape revêt une importance capitale, car elle jouera un rôle déterminant dans la décision de mettre en place, ou non, notre produit.

Nous avons sollicité des renseignements personnels auprès des participants, notamment leur âge, leur sexe et la fréquence de leur participation à des événements sportifs.

Nous obtenons le tableau suivant :

	Répartition population	Échantillon
Hommes	75,6%	31
Femmes	19,5%	8
Ne se prononce pas	2,0%	2

Tableau 11 Répartition sexuée des participants

Sur un total de 41 participants, 31 sont des hommes et 8 sont des femmes.

La répartition des participants en fonction de leur âge est représentée dans le diagramme suivant :

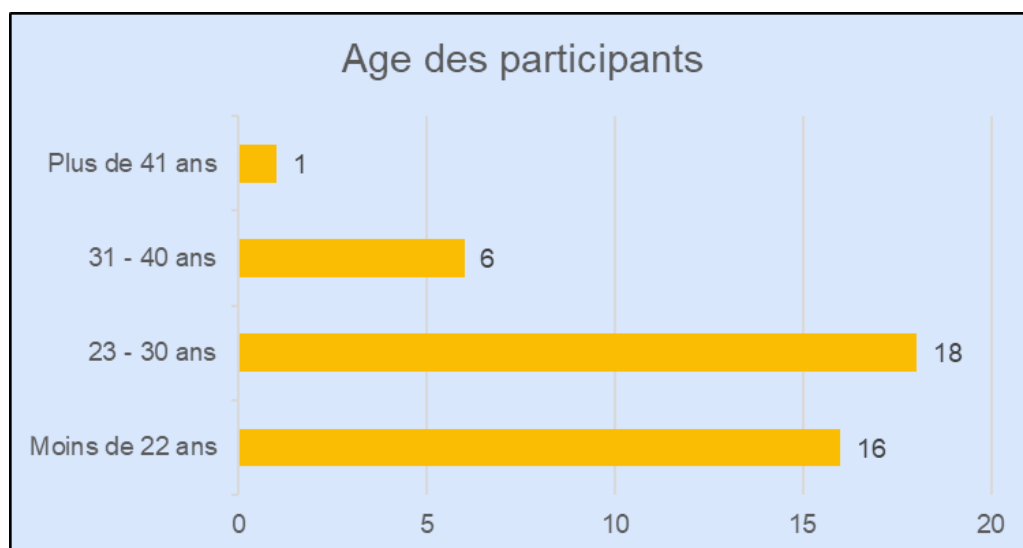


Tableau 12 Age des participants

La tranche d'âge la plus représentée parmi les participants est celle de 23 à 30 ans, représentant 43% de l'ensemble.

La fréquence de participation des participants est une information cruciale, car elle nous permet d'identifier les utilisateurs potentiels réguliers de notre solution.

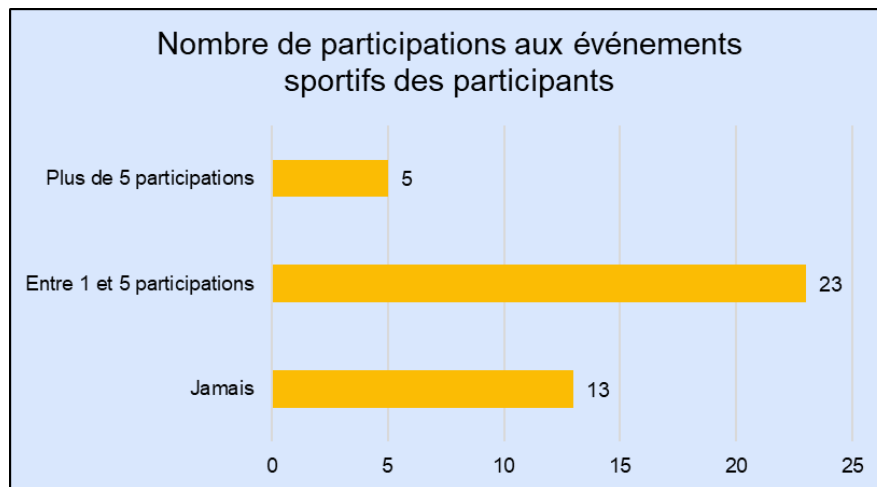


Tableau 13 Nombre de participations aux événements sportifs

Nous constatons que 56% des participants assistent à des événements sportifs entre 1 et 5 fois par mois. Cette proportion importante suggère la présence d'un groupe potentiel d'utilisateurs réguliers pour notre solution.

Par la suite, nous avons recueilli les impressions des participants concernant les dispositifs mis en place dans les gradins lors des événements sportifs, notamment en ce qui concerne les possibilités de chargement des téléphones et le confort des sièges.

Les résultats concernant leur niveau de satisfaction sont les suivants :

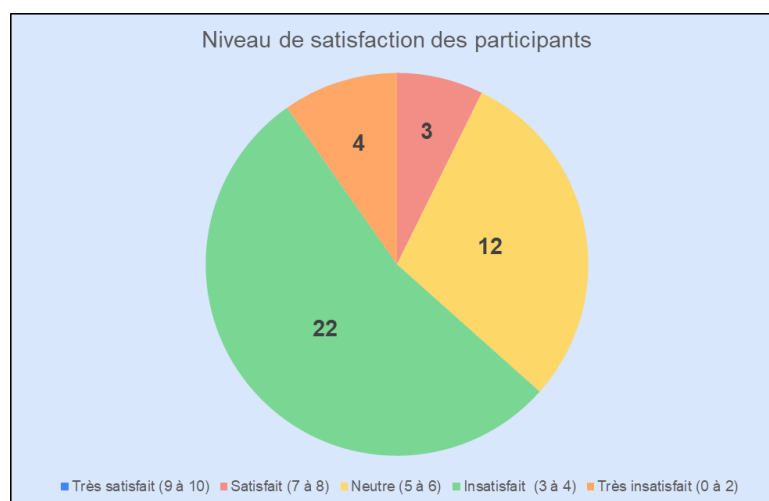


Tableau 14 Niveau de satisfaction des participants

Nous constatons que 53% des participants se sont déclarés insatisfaits des moyens mis en place dans les gradins en ce qui concerne le confort et la possibilité de charger leur téléphone. Cette insatisfaction démontre la nécessité d'améliorer ces aspects pour répondre aux attentes des participants.

Afin de garantir une réception positive lors de la mise en place de notre solution, même en tenant compte d'une éventuelle augmentation des tarifs des billets d'entrée aux événements sportifs, il est essentiel de prendre en compte l'avis actuel des participants.

Nous obtenons ceci :

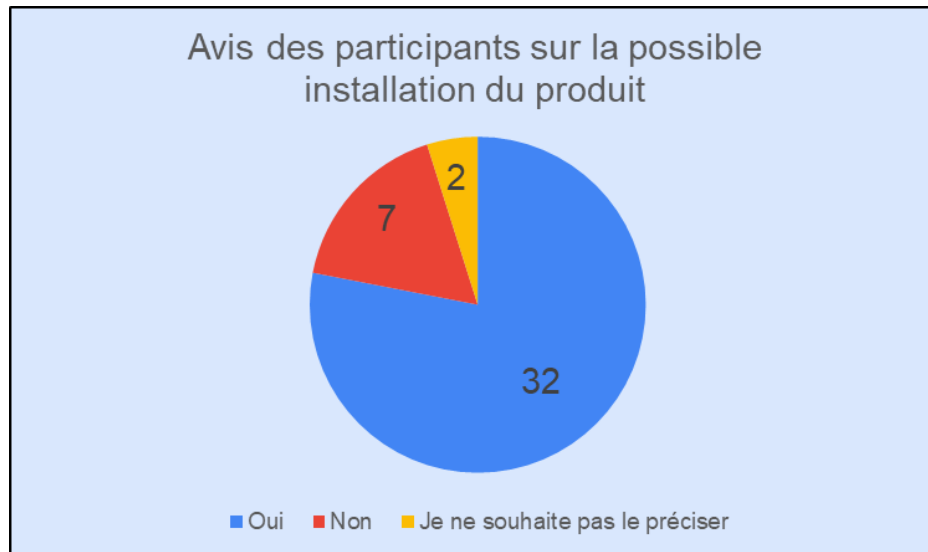


Tableau 15 Avis des participants sur l'installation du produit

Nous constatons que 78% des participants ont exprimé un avis favorable quant à la mise en place de notre solution, malgré son impact sur le coût des billets d'entrée aux événements sportifs. Cette réception positive démontre l'acceptation de la valeur ajoutée que notre solution apporte.

De plus, nous avons recueilli les remarques pertinentes des participants suivantes :

Remarque : « Est-ce que le dispositif est conçu pour résister à l'humidité en cas de conditions météorologiques pluvieuses ? »

Réponse : Effectivement, nous prévoyons de mettre en place une protection étanche pour préserver l'intégrité du système Seebeck et de la mousse, même en cas de conditions pluvieuses. Cela garantira la durabilité et le bon fonctionnement de notre solution, quelles que soient les conditions météorologiques.

Remarque : « Quelle serait l'ampleur de l'augmentation du prix des billets d'entrée ? »

Réponse : Actuellement, le montant de l'augmentation n'a pas encore été déterminé, mais notre objectif est de la maintenir aussi faible que possible.

Remarque : « Comment avez-vous prévu de prévenir les vols de ce produit ? Sera-t-il ajustable ou définitif ? »

Réponse : Tout à fait, étant donné que le système sera ajustable, il est important de prendre en compte le risque de vols. Pour garantir la sécurité du produit, nous prévoyons effectivement d'intégrer un système d'antivol.

Après la création d'une dizaine de prototypes, nous prévoyons de mettre en place un deuxième sondage similaire au premier. Son objectif sera de recueillir les retours des utilisateurs après avoir testé le produit.

Le sondage sera composé des questions suivantes :

Etude de marché - Test de produit

Participez à notre sondage pour nous aider à améliorer notre siège répondant à vos besoins et attentes.
Votre avis compte !

Quelle est votre première réaction envers le produit ?

	1	2	3	4	5	
Très négative	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Très positive

La qualité du produit vous convient-elle ?

	1	2	3	4	5	
Très médiocre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Très haute qualité

Figure 6 Etude de marché 1

Quel est la probabilité que vous recommandiez ce produit à un ami ou à un collègue ?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pas du tout probable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extrêmement probable

Dites-nous les améliorations que vous souhaiteriez le plus voir apporter à ce nouveau produit.

Votre réponse

Figure 7 Etude de marché 2

Les résultats obtenus au cours de cette phase d'essais joueront un rôle essentiel dans l'amélioration de notre produit, en prenant en compte les remarques des utilisateurs. Notre objectif final est de parvenir à une solution unique et rentable qui répondra aux attentes de tous les utilisateurs.

C. Veille commerciale

Le projet ECO₂SIT est un siège innovant conçu pour récupérer l'énergie thermique générée par les spectateurs dans les stades et la redistribuer pour une utilisation plus efficace. Ce produit écologique est une initiative passionnante qui pourrait avoir un impact considérable sur l'efficacité énergétique des stades et des arénas.

Contexte et objectifs du projet :

Le projet a été développé en réponse aux préoccupations croissantes en matière d'énergie et d'environnement dans l'industrie des stades et des arénas. Les sièges des spectateurs peuvent générer une quantité considérable de chaleur corporelle, qui est actuellement perdue et gaspillée. Le but du projet est de développer une technologie innovante capable de récupérer cette énergie thermique et de la transformer en énergie électrique, qui peut être utilisée pour alimenter les installations du stade.

État de développement du projet :

Le projet ECO₂SIT est encore en phase de développement, mais le premier prototype est en cours d'achèvement avec des premiers tests montrant un échec en condition réelle d'utilisation. Le siège utilise une technologie de thermocouple pour générer de l'électricité à partir de la différence de température entre le corps humain et l'environnement. Le projet est actuellement à la recherche de partenaires commerciaux pour poursuivre le développement du produit.

Marché potentiel et concurrence :

Bien que le projet ECO₂SIT soit unique en son genre, il existe des concurrents potentiels dans le marché des technologies de récupération d'énergie. Le marché pour les solutions d'énergie renouvelable et de récupération d'énergie est en constante expansion. Des entreprises telles que Pavegen (Power Generating Floors) et Kinetic Football utilisent des technologies similaires pour récupérer l'énergie cinétique générée par les mouvements des spectateurs et des passants. De plus, selon une étude de Grand View Research, le marché des énergies renouvelables devrait atteindre 1512,3 milliards de dollars d'ici 2025. Il est possible que d'autres entreprises commencent à proposer des solutions similaires à l'avenir.

Conclusion :

Le projet ECO₂SIT est un concept très intéressant pour les ingénieurs en énergie et en environnement qui cherchent des moyens de promouvoir une utilisation plus durable des ressources. Le produit novateur pourrait avoir un impact important sur l'efficacité énergétique des stades et des arénas. Les avantages environnementaux et économiques de la technologie ECO₂SIT pourraient attirer l'attention des propriétaires de stades et d'arénas, ainsi que des investisseurs.

D. Veille concurrentielle

La veille concurrentielle a pour but de se tenir informé de ce que fait la concurrence, des technologies existantes, et des nouvelles innovations. Pour notre projet, nous avons trois domaines à surveiller : les technologies de récupération d'énergie thermique, de transformation de celle-ci en énergie électrique et des moyens de stockage. Pour chacun de ces aspects, nous avons référencé les différents produits existants, leur fonctionnement et le service qu'ils proposent.

Concernant la récupération d'énergie thermique, deux choix s'offrent à nous : la récupération de gaz vers gaz, ou de gaz vers liquide. Pour chacune de ces deux solutions, différentes technologies existent :

Gaz vers gaz :

- **Echangeur à plaques air/air** : Ces échangeurs se composent de plusieurs plaques d'une faible épaisseur qui peuvent être en acier/aluminium/plastique etc.... Les plaques sont gaufrées ou estampées afin d'améliorer le taux d'échange d'énergie.

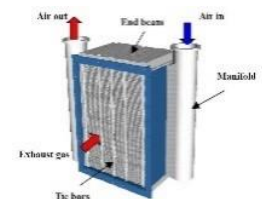


Figure 8 Echangeur à plaques air/air

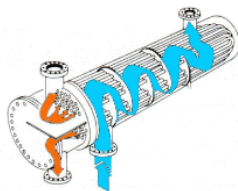


Figure 9 Echangeur tubulaire

- **Echangeur tubulaire** : Permet la récupération de chaleur sur des systèmes gazeux ou liquides. Il existe des échangeurs monotubes, coaxiaux ou multitubulaires.

Gaz vers liquide :

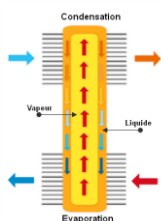


Figure 10 Echangeur caloduc

- **Echangeur caloduc** : Un fluide circule dans un système de tuyau. Ce fluide à l'état liquide se vaporise en absorbant de l'énergie thermique provenant de la source chaude.

- **Echangeur à ailettes** : Ces échangeurs sont constitués d'un cylindre dans lequel circule un fluide, et des ailettes qui permettent de transférer l'énergie au tube.

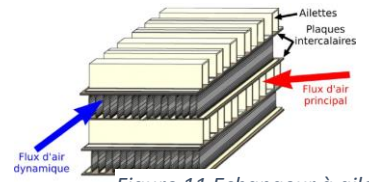


Figure 11 Echangeur à ailette

Dans un deuxième temps, nous avons étudié les technologies nous permettant de transformer l'énergie thermique en énergie électrique. Pour cela, nous avons retenu :

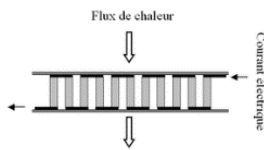


Figure 12 Matériaux thermoélectriques

- **Les matériaux thermoélectriques** : Alliage de fer, vanadium, tungstène et aluminium qui est appliqué sur un cristal de silicium. Les matériaux transforment la chaleur en énergie électrique grâce à l'effet Seebeck, ce processus exploite la différence de température entre les 2 matériaux conducteurs.

- **Convertisseur thermoïnique** : Ce convertisseur est composé de deux électrodes une qui est chauffée en direction de la deuxième qui est plus froide, la différence de température entre les deux permettent la production d'énergie électrique.

Enfin, nous avons étudié les différentes façons de stocker l'énergie, cette partie est divisée en deux, une concernant le stockage de l'énergie sous forme électrique, l'autre sous forme thermique. Concernant le stockage sous forme électrique, des solutions connues du grand public s'offrent à nous telles que la batterie, les volants d'inertie ou encore les supers condensateurs.

Stockage sous forme thermique :

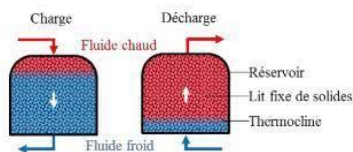


Figure 13 Cuve de stockage thermocline

- **Cuve de stockage thermocline** : Les cuves thermoclines permettent de stocker la chaleur du réseau dans un réservoir isolé thermiquement, aérien ou enterré, pressurisé ou à pression atmosphérique. Le fonctionnement de ces installations est basé sur la stratification entre la couche d'eau chaude et la couche d'eau froide, appelée thermocline, dans laquelle un gradient de température est présent.

- **Stockage dans le sol** : Ce système fonctionne par stockage ou déstockage de la chaleur dans le sol par l'intermédiaire de sondes géothermiques (30 à 100 m de profondeur). Ce système est plutôt dédié au stockage inter-saisonnier.



Figure 14 Stockage dans le sol



Figure 15 Stockage en aquifère

- **Stockage en aquifère :** Les aquifères sont des formations géologiques contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau dans le sous-sol. Le stockage repose sur l'utilisation de deux puits ou plus, à partir desquels l'eau est soit injectée, soit reprise. Lors du stockage, l'eau froide est soutirée aux puits froids, chauffée par les systèmes de production du réseau de chaleur, puis injectée dans les puits chauds. Dédié au stockage inter-saisonniers.

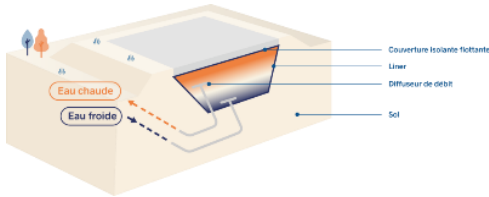


Figure 16 Stockage en fosse

- **Stockage en fosse :** Ce stockage thermique consiste à accumuler la chaleur au sein d'une fosse contenant de l'eau ou une matière minérale (sable ou graviers) associée à un fluide caloporteur.

- **Stockage en réservoir :** Permet de stocker la chaleur en injectant de l'eau chaude dans un grand volume isolé, disposé en aérien ou enterré. Ce système est plutôt dédié au stockage à long terme, hebdomadaire, voir intersaisonnier.



Figure 17 Stockage en réservoir

E. Veille technologique

Nous avons réalisé une veille technologique afin d'accomplir notre projet. Celui-ci consiste à récupérer l'énergie thermique engendrée par l'humain dans les stades et à la redistribuer.

Pour effectuer cette veille technologique, nous l'avons décomposée en deux parties. La première est dédiée à l'étude de systèmes de récupération d'énergie thermique et à la transformation d'énergie thermique en énergie électrique et la seconde partie traite de la redistribution de cette dernière.

D'abord, nous avons analysé tous les systèmes de récupération d'énergie thermique et avons relevé 4 technologies.

- Les échangeurs de chaleur :

Ces dispositifs permettent de transférer la chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans qu'ils se mélangent. Ils peuvent être utilisés pour récupérer la chaleur des eaux usées, de la ventilation ou des systèmes de refroidissement.



Figure 18
Echangeur de
chaleur

Points positifs :

- Efficacité élevée : Les échangeurs de chaleur sont très efficaces pour transférer de la chaleur d'un fluide à un autre. Ils peuvent récupérer une grande partie de l'énergie thermique perdue ou rejetée par un système.
- Faible entretien : Une fois installés, les échangeurs de chaleur nécessitent peu d'entretien. Ils sont généralement construits pour durer longtemps et ne nécessitent pas de pièces mobiles qui pourraient se casser ou s'user avec le temps.
- Faible coût opérationnel : Les échangeurs de chaleur peuvent contribuer à réduire les coûts opérationnels en récupérant de l'énergie thermique qui serait autrement perdue. Cela peut aider à réduire la consommation d'énergie et à augmenter l'efficacité globale d'un système.

Points négatifs :

- Coût initial élevé : Les échangeurs de chaleur peuvent être coûteux à installer, en particulier s'ils sont conçus sur mesure pour s'adapter à un système existant. Le coût peut être prohibitif pour certaines entreprises ou industries.
- Encrassement : Les échangeurs de chaleur peuvent s'encrasser avec le temps, ce qui peut réduire leur efficacité. Ils doivent être régulièrement nettoyés et entretenus pour maintenir leur efficacité.
- Conception et installation complexes : La conception et l'installation d'un échangeur de chaleur peuvent être complexes, en particulier si le système est personnalisé pour s'adapter à un système existant. Cela peut nécessiter des compétences spécialisées et des connaissances techniques avancées.

- Les turbines à vapeur :

Ces machines convertissent l'énergie thermique en énergie mécanique en utilisant la vapeur d'eau. Elles peuvent être utilisées pour récupérer la chaleur des centrales thermiques, des incinérateurs ou des fours.



Figure 19 Turbine à vapeur

Points positifs :

- Les turbines à vapeur sont très efficaces dans la conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique. Elles peuvent convertir jusqu'à 90% de l'énergie thermique en énergie mécanique.
- Les turbines à vapeur sont capables de fonctionner avec divers types de combustibles, notamment le charbon, le gaz naturel, le pétrole et même les déchets.
- Les turbines à vapeur ont une longue durée de vie, avec une durée de fonctionnement pouvant aller jusqu'à 50 ans.

Points négatifs :

- Les turbines à vapeur sont coûteuses à construire et à entretenir.
- Les turbines à vapeur sont sujettes à l'usure et nécessitent une maintenance régulière pour maintenir leur efficacité.
- Les turbines à vapeur sont des sources potentielles de pollution de l'air et de l'eau, en raison des émissions de gaz à effet de serre et des rejets d'eau chaude utilisée pour le refroidissement.

- Les thermo-générateurs/thermoélectricité à gradient de température :

Ces dispositifs utilisent le phénomène de la thermoélectricité pour convertir la différence de température entre deux matériaux en électricité. Ils peuvent être utilisés pour récupérer la chaleur des processus industriels, des moteurs de voitures ou des appareils de chauffage.

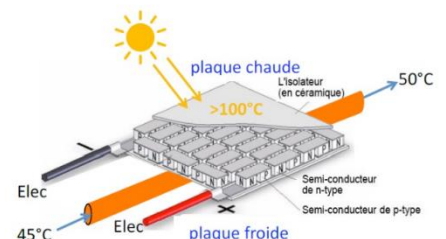


Figure 20 Thermo-générateur

Points positifs :

- Ils peuvent fonctionner à partir de faibles gradients de température, ce qui permet une récupération d'énergie dans des situations où les autres technologies ne sont pas applicables.
- Ils ne nécessitent pas de pièces mobiles, ce qui les rend moins sujets à l'usure et aux pannes.
- Ils peuvent être utilisés pour convertir de la chaleur perdue en électricité, ce qui peut aider à réduire les coûts énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre.

Points négatifs :

- Leur efficacité est relativement faible par rapport aux autres technologies de récupération d'énergie thermique, car ils ne peuvent pas convertir toute la chaleur en électricité.

- Ils sont plus coûteux à produire que certains autres systèmes de récupération d'énergie thermique.
- Ils nécessitent des matériaux coûteux pour leur fabrication, ce qui peut rendre leur utilisation peu rentable dans certaines applications.
- Les pompes à chaleur (PAC) :

Ces dispositifs permettent de transférer la chaleur d'un milieu à un autre en utilisant un fluide caloporteur. Ils peuvent être utilisés pour récupérer la chaleur de l'air ambiant, de l'eau ou du sol.



Figure 21 Pompe à chaleur

Points positifs :

- Les PAC ont un rendement élevé, ce qui signifie qu'elles sont capables de produire plus d'énergie qu'elles n'en consomment.
- Les PAC sont une solution écologique, car elles utilisent des sources d'énergie renouvelables, telles que l'air, l'eau ou le sol, pour produire de l'énergie.
- Les PAC peuvent être utilisées pour chauffer et refroidir un espace, ce qui peut être utile dans les stades pour maintenir une température confortable pour les spectateurs.
- Les PAC sont relativement faciles à installer et à entretenir.

Points négatifs :

- Les PAC sont souvent plus chères à l'achat et à l'installation que d'autres systèmes de récupération d'énergie thermique, tels que les échangeurs de chaleur.
- Les PAC peuvent avoir des performances moins bonnes par temps froid, car elles dépendent de la température de l'air ou de l'eau pour fonctionner.
- Les PAC peuvent nécessiter une source d'énergie supplémentaire pour fonctionner, comme l'électricité, ce qui peut augmenter les coûts d'exploitation.
- Les PAC peuvent avoir une durée de vie plus courte que d'autres systèmes de récupération d'énergie thermique, ce qui peut nécessiter un remplacement plus fréquent.

Enfin, il existe différentes technologies d'utilisation de l'énergie électrique et thermique, les technologies de récupération d'énergie précitées.

- [Les solutions si on récupère de l'énergie électrique directement sur le siège.](#)

Dans le cadre de la redistribution de l'énergie, nous avons étudié différentes méthodes d'utilisation de l'électricité et en avons retenu trois :

- la redistribution de l'énergie dans le réseau. Dans ce cas, toute l'électricité produite par le module Seebeck est injectée dans le réseau électrique et vendue à un fournisseur d'électricité. Le propriétaire du stade reçoit un tarif de rachat fixé par la réglementation en fonction de l'électricité produite.
- l'autoconsommation de l'électricité produite en temps réel. Dans ce cas nous consommons directement l'électricité produite afin d'alimenter des éclairages ou les écrans d'un stade.
- le stockage de l'énergie sur des accumulateurs disposés dans une salle du stade dédiée pour une utilisation ultérieure.

- [Les solutions si on fait passer un fluide caloporteur pour récupérer l'énergie.](#)

L'utilisation d'un fluide caloporteur nous permettrait de récupérer l'eau chaude pour une redistribution dans les systèmes composant un stade ou une tribune de course. La conversion de l'énergie thermique en énergie utilisable pour alimenter un système de chauffage peut être réalisée en utilisant un fluide caloporteur. Cette méthode est souvent utilisée dans les systèmes de chauffage central, où l'eau chaude est distribuée dans des radiateurs pour chauffer les pièces d'un bâtiment ou des ballons d'eau chaude.

Voici les étapes générales de la conversion d'énergie thermique en énergie de chauffage à l'aide d'un fluide caloporteur :

- Une source de chaleur fournit de l'énergie thermique à un fluide caloporteur, qui est généralement de l'eau ou un mélange d'eau et de glycol.
- Le fluide caloporteur se réchauffe et se déplace dans un circuit fermé, tel qu'un tuyau ou une canalisation, pour transporter la chaleur vers les radiateurs ou les ballons d'eau chaude.
- Les radiateurs ou les ballons d'eau chaude diffusent la chaleur dans les pièces.
- Le fluide caloporteur refroidi retourne ensuite dans les sièges pour être à nouveau réchauffé, créant ainsi un cycle continu de chauffage.

F. Veille Marketing / Image

Nous avons réalisé une veille marketing ainsi qu'une veille d'image afin de déterminer comment organiser la communication autour de notre marque et de notre projet ECO₂SIT.

Avant de promouvoir les différents avantages de notre produit, il est d'abord nécessaire de se créer une image de marque solide. Cette dernière passe d'abord par un logo.

Cela passe également par des messages et des engagements auprès de nos cibles.

Ainsi, notre marque repose sur différentes valeurs telles que l'éco-activisme, l'engagement sociétal ou encore l'utilisation de technologies innovantes et portées vers l'avenir.



*Figure 22 Logo
A2PasDeLaRéussite*

Une fois notre image de marque construite nous pouvons passer à la communication de notre produit. Ce dernier sera mis en avant au travers de différents médias.

Effectivement, notre projet présente plusieurs aspects méritant d'être médiatisés de façon à toucher un maximum de personnes.

Parmi les domaines médiatisables nous retrouvons :

- Un aspect technique avec la solidité, la flexibilité et la facilité d'installation de notre produit.
- Un aspect environnemental avec la récupération d'énergie.
- Un aspect social avec un produit utile à la société réduisant les coûts énergétiques.

Ainsi, l'utilisation des moyens de communication traditionnels mais aussi les moyens de communication digitaux nous permettront de toucher le public le plus large possible.

De ce fait, nous prévoyons de promouvoir ECO₂SIT au travers d'émissions de radios ou de télévision mais aussi à l'aide de publicités ciblées rappelant ses atouts.

Nous allons également utiliser la presse. De même, les revues scientifiques, sportives et environnementales sont un bon moyen de valoriser ECO₂SIT auprès d'un public directement concerné.

Une fois notre produit connu du public, nous pourrions alors utiliser une communication plus présente en organisant des expositions, des salons ou en participant à des conventions. De plus, l'utilisation d'affiches et de flyers (ci-dessous) pouvant être distribués aisément favorisera la réputation d'ECO₂SIT.



Figure 23 Flyer ECO₂SIT

Enfin, l'utilisation des réseaux sociaux tels que LinkedIn, Instagram ou encore Twitter permettra d'atteindre un public plus jeune (63% des utilisateurs entre 13 et 34 ans).



Figure 24 Logo Instagram



Figure 25 Logo LinkedIn



Figure 26 Logo Twitter

IX. Etude de marché

Pour réaliser notre analyse de marché, nous avons sollicité les services de Combiosol, une entreprise spécialisée dans la transition énergétique. Leur expertise nous a permis d'obtenir des informations précieuses concernant notre projet et les solutions déjà étudiées par cette entreprise. En Annexe 2, nous avons inclus le rapport qui nous a été fourni par Combiosol.

Parallèlement, nous avons complété notre étude de marché en réalisant une veille commerciale et sociétale. Cette démarche nous a permis de situer notre solution dans le contexte du marché, en tenant compte des tendances et des besoins actuels.

X. Etude des matériaux

L'étude des matériaux est une composante essentielle de notre projet visant à transformer l'énergie thermique dégagée par le corps humain en énergie électrique. Dans cette perspective, il est crucial de sélectionner avec soin les matériaux utilisés dans notre installation, notamment pour les housses composées de mousse et de nos modules Seebeck et câbles électriques. Cette étude des matériaux nous permettra d'analyser leurs propriétés thermiques, mécaniques, durables et écologiques, afin de garantir des performances optimales et une compatibilité adéquate avec les objectifs de notre projet. En comprenant les caractéristiques clés des matériaux et en réalisant des tests appropriés, nous serons en mesure de choisir les meilleures options pour assurer une conversion efficace de l'énergie thermique en énergie électrique, tout en offrant un confort optimal aux spectateurs. L'étude des matériaux constitue donc une étape cruciale pour le succès et la durabilité de notre projet.

A. La Housse

Comme vu précédemment, notre siège sera recouvert d'une housse présentant plusieurs utilités dans le contexte d'Eco₂sit. Voici les principaux paramètres définissant notre choix de housse de siège.

Confort et ergonomie : La housse doit être fabriquée à partir d'un matériau souple et confortable pour assurer une expérience agréable aux spectateurs. Des matériaux tels que le tissu ou les fibres textiles peuvent être utilisés pour offrir un toucher doux et une sensation de confort. Il est également important que la housse soit ergonomique, c'est-à-dire qu'elle s'adapte bien aux contours du corps et offre un bon soutien.

Isolation thermique : La housse doit être capable de conserver la chaleur dégagée par le corps humain. Les matériaux avec une bonne isolation thermique peuvent aider à maintenir la chaleur à l'intérieur de la housse, optimisant ainsi la différence de température nécessaire pour la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

Respirabilité : Il est important que la housse soit respirante pour permettre une bonne circulation de l'air. Cela contribue à éviter l'accumulation de chaleur et d'humidité, assurant ainsi un confort optimal pour les spectateurs.

Durabilité : La housse doit être résistante et durable pour supporter une utilisation fréquente dans un environnement sportif. Des matériaux robustes et résistants à l'usure, tels que des tissus techniques ou des matériaux synthétiques de haute qualité, peuvent être envisagés pour assurer une longue durée de vie à la housse.

Facilité d'entretien : Il est préférable de choisir un matériau facile à entretenir et à nettoyer. Des matériaux résistants aux taches et lavables peuvent simplifier l'entretien de la housse, permettant ainsi de la garder propre et hygiénique.

Esthétique et personnalisation : La housse peut également être un moyen de refléter l'identité visuelle du projet ou de l'événement sportif. La possibilité de personnalisation en termes de couleurs, motifs ou logos peut être envisagée en fonction des préférences et des besoins.

L'étude de matériaux de la housse doit prendre en compte ces différents critères pour choisir un matériau qui répond aux exigences de confort, d'isolation thermique, de durabilité, d'entretien et d'esthétique. En évaluant ces aspects, il est possible de sélectionner le matériau le plus adapté pour assurer le bon fonctionnement de l'installation et offrir une expérience agréable aux spectateurs.

Pour notre housse, nous retenons la solution d'une application déperlante. On retrouve cette propriété sous deux formes possibles :

- Le tissu déperlant ;
- L'aérosol déperlant.

Dans le cadre de notre projet, le tissu déperlant est la meilleure solution. La principale différence entre un tissu déperlant et un aérosol déperlant réside dans leur mode d'application et leur durabilité.

Un tissu déperlant est un matériau textile traité pour avoir une surface qui repousse l'eau. Il peut être prétraité lors de la fabrication du tissu ou recevoir un traitement spécial après la production. Le revêtement déperlant sur le tissu permet à l'eau de former des gouttelettes qui glissent sur sa surface plutôt que d'être absorbée. Cela permet au tissu de rester sec et de repousser l'eau pendant un certain temps, mais il peut nécessiter un entretien régulier pour maintenir son efficacité.

En revanche, un aérosol déperlant est un produit chimique sous forme liquide contenu dans un aérosol. Il est appliqué directement sur le tissu à l'aide du spray. L'aérosol dépose une fine couche de produit sur la surface du tissu, créant une barrière hydrophobe qui repousse l'eau. Contrairement au tissu déperlant, l'aérosol offre généralement une protection temporaire et doit être réappliqué périodiquement pour maintenir son efficacité.

La durabilité est donc un facteur important à prendre en compte. Un tissu déperlant peut être plus durable car le traitement est intégré au matériau lui-même, tandis qu'un aérosol déperlant nécessite une application régulière pour maintenir son efficacité. Cependant, les deux options peuvent être utilisées en fonction des besoins spécifiques, de la facilité d'application et du niveau de protection souhaité.

Ce choix présente plusieurs justifications :

Protection contre l'humidité : Lors d'un événement sportif, il est possible que les spectateurs soient exposés à des conditions météorologiques variables, telles que la pluie ou la transpiration. Une housse en matériau déperlant offre une protection contre l'humidité en empêchant l'eau de pénétrer et d'endommager la mousse et les composants électroniques du siège. Cela garantit la durabilité et la fonctionnalité de l'installation dans des conditions humides.

Facilité d'entretien : Les matériaux déperlants sont généralement faciles à nettoyer et à entretenir. Ils résistent aux taches et à l'accumulation de saleté, ce qui permet de maintenir l'aspect esthétique de la housse. Un nettoyage régulier et facile contribue à prolonger la durée de vie de la housse et à maintenir l'hygiène des sièges.

Confort des spectateurs : L'utilisation d'une housse déperlante permet aux spectateurs de rester au sec et de bénéficier d'un meilleur confort pendant l'événement sportif. En évitant l'humidité, la housse offre une expérience plus agréable, réduisant ainsi l'inconfort d'une assise humide.

Durabilité de l'installation : Les matériaux déperlants sont souvent plus résistants à l'usure et à la dégradation causées par l'exposition aux éléments extérieurs. Une housse en matériau déperlant est plus susceptible de conserver ses propriétés physiques et esthétiques à long terme, assurant ainsi une durabilité accrue de l'installation de siège.

Préservation des composants électroniques : La déperdition d'eau peut endommager les modules Seebeck, les câbles et les autres composants électroniques intégrés dans la housse. Une housse déperlante permet de prévenir les courts-circuits et les problèmes de fonctionnement dus à l'humidité, assurant ainsi une protection adéquate des composants électroniques et une meilleure performance de l'installation.

En résumé, le choix d'une housse en matériau déperlant pour notre installation de siège présente des avantages tels que la protection contre l'humidité, la facilité d'entretien, le confort des spectateurs, la durabilité de l'installation et la préservation des composants électroniques. Ces justifications soutiennent l'utilisation de matériaux déperlants pour assurer le bon fonctionnement et la longévité du projet.

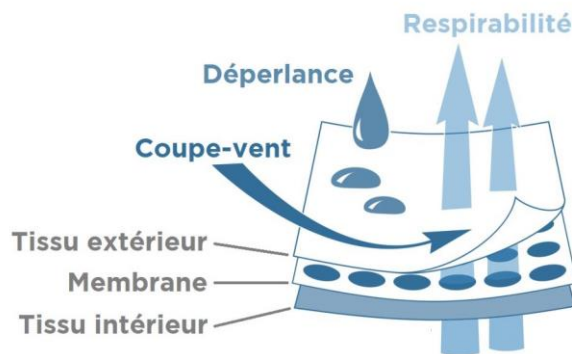


Figure 27: Détails des couches d'un tissu déperlant

Remarque

Petite explication déperlant v/s imperméabilité :

Les matières dites déperlantes sont des matières sur lesquelles a été appliqué un produit qui va repousser l'eau qui s'écoule alors sous forme de gouttelettes et ne peut imprégner le tissu, la respirabilité est donc préservée. Cependant un textile traité déperlant n'est pas fait pour résister à l'immersion ou à des pluies soutenues. Avec le temps, l'usure, les lavages... le traitement déperlant s'estompe et devra être réappliqué pour conserver son efficacité.

La caractéristique d'imperméabilité est plus complexe car il ne faut pas la confondre avec l'étanchéité (qui ne laisse pas passer l'eau). L'imperméabilité est mesurable et traduit une résistance à l'eau.

En résumé, le traitement déperlant donne une résistance à l'eau aux tissus, permettant de repousser les gouttes sans les absorber, tandis que l'imperméabilité rend les tissus totalement résistants à l'eau, les empêchant de se mouiller même en cas d'exposition prolongée.



Figure 28: Tissu muni d'un revêtement déperlant

B. La Mousse

L'équipement sera recouvert d'une mousse présentant plusieurs utilités dans le contexte d'Eco₂sit. Voici quelques éléments à prendre en compte :

Densité : La densité de la mousse joue un rôle important dans le confort et le soutien qu'elle offre aux spectateurs. Une mousse de densité appropriée doit être choisie pour assurer un équilibre entre souplesse et fermeté, offrant ainsi un confort optimal et une bonne répartition du poids.

Résilience : La résilience de la mousse fait référence à sa capacité à retrouver sa forme d'origine après avoir été comprimée. Une mousse résiliente permettra de maintenir le confort et le soutien du siège même après une utilisation prolongée.

Isolation thermique : La mousse doit avoir une capacité d'isolation thermique adéquate pour conserver la chaleur dégagée par le corps humain. Une bonne isolation thermique permettra d'optimiser la différence de température nécessaire à la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

Durabilité : La mousse doit être suffisamment durable pour résister à une utilisation répétée dans un environnement sportif. Elle doit être capable de conserver ses propriétés physiques et de résister à l'usure, aux déchirures et à la déformation.

Santé et sécurité : Il est important de choisir une mousse qui respecte les normes de sécurité et d'hygiène. Des matériaux hypoallergéniques et résistants aux moisissures peuvent contribuer à maintenir un environnement sain pour les spectateurs.

Durabilité environnementale : Dans une perspective de durabilité, il est préférable de choisir une mousse fabriquée à partir de matériaux recyclés, recyclables ou renouvelables. Cela permet de réduire l'impact environnemental du projet.

Dans un siège, une mousse fait référence à un matériau souple et rembourré utilisé pour fournir un soutien et un confort à l'utilisateur lorsqu'il s'assoit. Après avoir mené des recherches sur l'existence des mousses de sièges, un type a été retenu : La mousse à cellules ouvertes. La principale différence entre une mousse de siège classique et une mousse à cellules ouvertes réside dans leur structure cellulaire et leurs propriétés d'aération.

Une mousse de siège classique est généralement constituée de cellules fermées qui sont entièrement scellées, ce qui signifie qu'elles ne permettent pas la circulation de l'air à travers la mousse.

Ces cellules fermées confèrent à la mousse une certaine densité et une résilience, mais elles peuvent également retenir la chaleur et l'humidité, ce qui peut rendre la mousse moins respirante et moins confortable lors d'une utilisation prolongée.

En revanche, une mousse à cellules ouvertes présente une structure de cellules qui sont interconnectées ou partiellement ouvertes. Cela permet à l'air de circuler à travers la mousse, favorisant une meilleure aération et une évacuation de l'humidité. La mousse à cellules ouvertes offre donc une meilleure respirabilité, ce qui peut contribuer à un meilleur confort d'assise, en particulier dans des environnements où la chaleur et la transpiration sont des facteurs importants.

En résumé, la principale différence entre une mousse de siège classique et une mousse à cellules ouvertes réside dans leur structure cellulaire et leur capacité d'aération. La mousse à cellules ouvertes offre une meilleure respirabilité et une évacuation de l'humidité, ce qui peut améliorer le confort d'assise, tandis que la mousse de siège classique peut être plus dense mais moins respirante. Le choix entre les deux dépendra des besoins spécifiques en termes de confort, de climat et d'utilisation prévue du siège.

Le choix d'une mousse à cellules ouvertes dans le cadre de notre projet présente plusieurs justifications :

Régulation thermique améliorée : Les mousses à cellules ouvertes permettent une meilleure circulation de l'air, ce qui favorise une régulation thermique plus efficace. Cela signifie que la chaleur générée par le corps des utilisateurs peut être dissipée plus facilement, contribuant ainsi à maintenir une température confortable sur le siège. Cela peut être particulièrement bénéfique lors d'événements sportifs où de nombreux spectateurs sont présents, générant une chaleur collective.

Réduction de l'accumulation de chaleur : En favorisant une meilleure circulation de l'air, la mousse à cellules ouvertes peut réduire l'accumulation de chaleur et l'inconfort associé. Cela peut améliorer le confort des spectateurs et leur permettre de rester assis plus longtemps sans ressentir de surchauffe.

Potentiel d'économie d'énergie : Une régulation thermique plus efficace peut réduire la dépendance aux systèmes de refroidissement artificiels, tels que la climatisation, ce qui peut entraîner des économies d'énergie significatives. En réduisant la demande énergétique, nous pouvons contribuer à réduire l'impact environnemental de l'événement sportif et à promouvoir la durabilité.

Options de matériaux écologiques : Certaines mousses à cellules ouvertes sont fabriquées à partir de matériaux recyclés ou renouvelables, ce qui peut être un choix écologiquement responsable. En utilisant des matériaux durables et respectueux de l'environnement, nous contribuons à réduire l'empreinte carbone globale du projet.

Eco-responsable : La mousse à cellules ouvertes peut offrir certains avantages d'un point de vue environnemental, mais il est important de prendre en compte plusieurs facteurs pour déterminer si elle est véritablement éco-responsable. La mousse à cellules ouvertes permet une meilleure circulation de l'air, ce qui peut contribuer à une régulation thermique plus efficace. Cela peut réduire la nécessité d'utiliser des climatiseurs ou des systèmes de refroidissement, ce qui peut avoir un impact positif sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. De plus, certaines mousses à cellules ouvertes peuvent être fabriquées à partir de matériaux recyclés ou renouvelables, ce qui réduit la dépendance aux ressources vierges et diminue l'empreinte environnementale. Cependant, il est important de considérer d'autres aspects de durabilité et de responsabilité environnementale lors du choix d'une mousse. Cela inclut la composition chimique de la mousse, la gestion responsable des déchets pendant la fabrication, l'utilisation de substances toxiques ou nocives, ainsi que la durabilité et la longévité du matériau. Il est recommandé de rechercher des mousses certifiées écologiques ou respectueuses de l'environnement, telles que celles qui ont obtenu des certifications comme le label CertiPUR-US pour les mousses de polyuréthane qui garantit l'absence de certaines substances nocives.

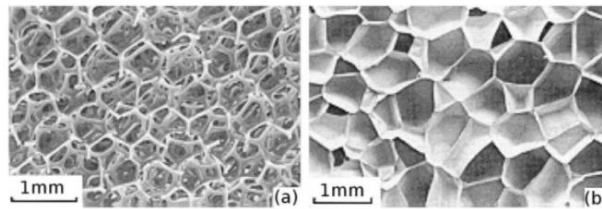


Figure 29: Vue grossie de microstructure alvéolaire

(a) Vue grossie de la structure d'une mousse de polyuréthane à porosité ouverte (ou « cellules ouvertes »), (b) Pour contraste, vue grossie de la structure d'une mousse polyéthylène à porosité fermée

C. Module Seebeck

L'analyse des matériaux dans le module Seebeck est essentielle pour évaluer son efficacité dans la transformation de l'énergie thermique en énergie électrique.

Voici quelques points clés à considérer :

Matériaux thermoélectriques : Le module Seebeck utilise des matériaux thermoélectriques qui présentent une propriété particulière appelée effet Seebeck. Ces matériaux ont la capacité de générer une différence de tension électrique lorsqu'ils sont soumis à une différence de température. Les principaux matériaux thermoélectriques utilisés sont les semi-conducteurs, tels que le bismuth telluride (Bi_2Te_3), le silicium germanium (SiGe) et le tellure de plomb (PbTe).

Coefficient de Seebeck : Le coefficient de Seebeck est une caractéristique clé des matériaux thermoélectriques. Il représente la quantité de tension électrique produite par unité de différence de température. Les matériaux thermoélectriques idéaux ont un coefficient de Seebeck élevé, ce qui signifie qu'ils peuvent générer une tension plus importante à partir d'une même différence de température.

Conductivité électrique et thermique : Outre le coefficient de Seebeck, les propriétés de conductivité électrique et thermique des matériaux thermoélectriques jouent également un rôle important. Les matériaux idéaux doivent avoir une conductivité électrique élevée pour faciliter le transport des charges électriques, tout en ayant une conductivité thermique basse pour minimiser les pertes d'énergie thermique.

Rendement thermoélectrique : Le rendement du module Seebeck détermine l'efficacité de la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique. Il est important de choisir des matériaux thermoélectriques avec un rendement élevé pour maximiser la production d'électricité à partir de la chaleur dégagée par le corps humain.

Effet de la température : Les performances des matériaux thermoélectriques peuvent varier en fonction de la température à laquelle ils sont exposés. Certains matériaux peuvent avoir des rendements plus élevés à des températures plus basses, tandis que d'autres peuvent être plus efficaces à des températures plus élevées. Il est donc important de prendre en compte la plage de température de fonctionnement prévue du module Seebeck lors du choix des matériaux appropriés.

Stabilité et durabilité : Les matériaux utilisés dans le module Seebeck doivent être stables et durables pour assurer des performances constantes sur une longue période. Ils doivent résister aux contraintes thermiques, aux cycles de température et aux conditions environnementales auxquelles ils sont soumis.

En résumé, l'analyse des matériaux dans le module Seebeck nécessite d'évaluer le coefficient de Seebeck, la conductivité électrique et thermique, l'effet de la température, ainsi que la stabilité et la durabilité des matériaux thermoélectriques. Une combinaison optimale de ces propriétés permettra d'obtenir un rendement électrique plus élevé dans la conversion de l'énergie thermique.

L'étude des choix des matériaux pour notre projet revêt une importance cruciale, car cela détermine la performance et l'efficacité de notre installation de récupération d'énergie thermique. Parmi les matériaux clés que nous avons sélectionnés, le zinc et le sélénium se sont avérés être des choix prometteurs en raison de leurs propriétés thermoélectriques favorables.

Sélénium :

Le sélénium est souvent utilisé dans les modules Seebeck en raison de ses propriétés thermoélectriques favorables. Il a une conductivité électrique relativement élevée à des températures ambiantes, ce qui le rend approprié pour la conversion de la chaleur en électricité. De plus, le sélénium est disponible dans le commerce et relativement abordable. Le sélénium, quant à lui, présente des propriétés thermoélectriques encore plus prometteuses. Avec une résistivité d'environ 106 microohm-mètres pour sa forme amorphe, il offre une bonne résistance électrique pour favoriser la génération d'une différence de potentiel. Sa conductivité thermique de 0.52 W/m-K indique qu'il est capable de retenir la chaleur, créant ainsi un gradient de température propice à la conversion. Concernant son prix, le kilogramme de composés purs s'établit aux alentours de 400\$. De plus, sa conductivité électrique d'environ 10^{-7} S/m lui permet de faciliter le transport des charges électriques générées.

Avec un coefficient de Seebeck d'environ $200 \mu\text{V/K}$, le sélénium offre une grande capacité à convertir efficacement l'énergie thermique en énergie électrique.

Zinc :

Le zinc est un matériau utilisé dans certains alliages thermoélectriques, bien qu'il ne soit pas aussi couramment utilisé que le sélénium. Il présente des propriétés thermoélectriques intéressantes, notamment une conductivité électrique élevée, qui peuvent contribuer à une meilleure performance du module Seebeck. Le zinc, avec une résistivité d'environ $5.9 \text{ microhm-mètres}$, présente une conductivité thermique de 116 W/m-K , ce qui le rend capable de dissiper rapidement la chaleur accumulée. Quant à son prix, le sélénium plafonne à $3091.1\$$ la tonne pour ce début 2023. Soit $2.92\$$ le kilogramme. De plus, sa conductivité électrique de $16.6 \times 10^6 \text{ S/m}$ lui confère une bonne capacité à transporter les charges électriques générées. Le coefficient de Seebeck du zinc, d'environ $25 \mu\text{V/K}$, indique qu'il est capable de générer une différence de tension significative en réponse à un gradient de température, contribuant ainsi à la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

Remarque :

Les coefficients de Seebeck de nos deux matériaux sont valables pour des composants non purs (dopés) dans leur structure cristalline normale. Dans le cas de composés purs, le zinc atteint les $0.7 \mu\text{V/K}$ tandis que le sélénium avoisine les $900 \mu\text{V/K}$.

Les choix des matériaux, tels que le zinc et le sélénium, sont généralement adaptés pour des températures ambiantes, correspondant à la plage de température du corps humain (différence de température aux alentours des 25°C). Ces matériaux ont des coefficients de Seebeck qui permettent de générer une différence de tension en réponse à un gradient de température, ce qui est essentiel pour la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

Dans notre projet, où nous cherchons à récupérer l'énergie thermique dégagée par le corps humain, il est important de prendre en compte la plage de température à laquelle les matériaux seront exposés. Le zinc et le sélénium ont des coefficients de Seebeck appropriés pour fonctionner dans cette plage de température spécifique.

En choisissant ces matériaux, nous avons cherché à maximiser le rendement de notre installation en exploitant leurs propriétés thermoélectriques favorables. Le zinc et le sélénium présentent une combinaison de conductivité thermique, conductivité électrique et coefficient de Seebeck qui les rendent adaptés à la récupération de l'énergie thermique dégagée par le corps humain.

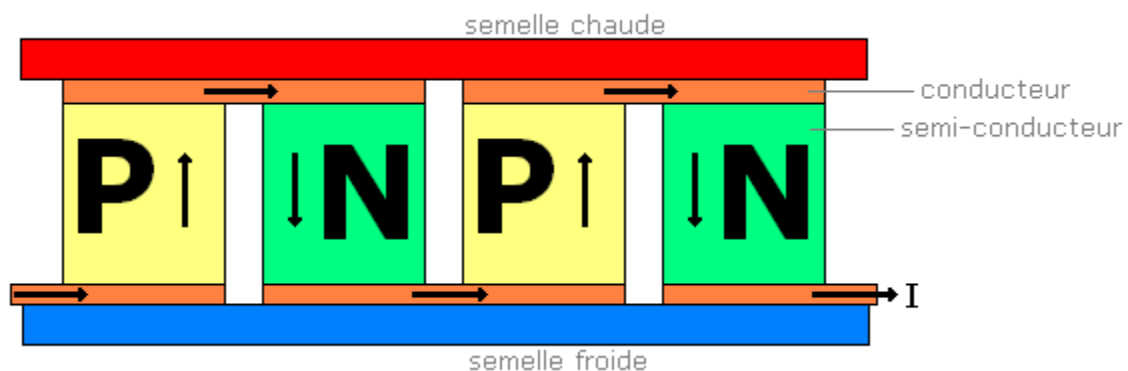


Figure 30: Schéma du fonctionnement du module Seebeck

XI. Etude technique

Pour la récupération de l'énergie thermique de notre système, nous avons entamé des recherches sur des moyens techniques déjà existants. Nous avons trouvé deux solutions intéressantes : les matériaux et technologies piézoélectriques avec l'effet pyroélectrique et le module Peltier avec l'effet Seebeck.

A. Les matériaux et technologies piézoélectriques :

Les matériaux piézoélectriques sont des matériaux qui peuvent produire une charge électrique lorsque leur forme est modifiée ou sous l'effet d'un champ électrique externe. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications, notamment les capteurs, les actionneurs, les dispositifs de mesure et les transducteurs ultrasoniques. Les matériaux piézoélectriques les plus couramment utilisés sont le quartz, la tourmaline, le PZT (titano-zirconates de plomb) et le PVDF (Polyfluorure de vinylidène).

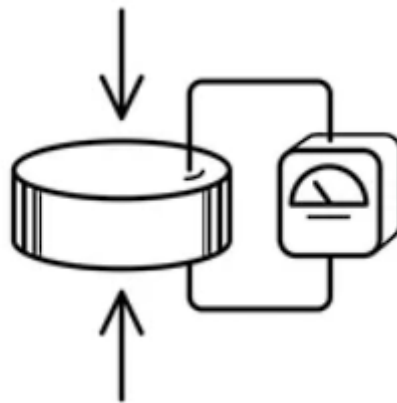


Figure 31 Schéma de l'effet piézoélectrique

B. L'effet pyroélectrique :

Il est possible de récupérer de l'énergie thermique à l'aide de matériaux piézoélectriques. Ce processus est connu sous le nom d'effet pyroélectrique.

L'effet pyroélectrique est similaire à l'effet piézoélectrique, mais au lieu de se baser sur une déformation mécanique, il repose sur une variation de température. Lorsqu'un matériau piézoélectrique subit un changement de température, il génère une polarisation électrique interne ce qui entraîne l'apparition d'une tension électrique. Elle peut être utilisée pour alimenter des dispositifs électroniques ou être stockée dans des batteries.

Cet effet pyroélectrique est utilisé dans certaines applications, notamment la conversion d'énergie thermique résiduelle en électricité dans des capteurs de températures et des dispositifs de récupérations d'énergie.

Cependant, la quantité d'énergie récupérée par l'effet pyroélectrique est généralement faible et nécessite des conditions très spécifiques pour être efficace. Par conséquent, d'autres méthodes de récupération d'énergie thermique, telles que les générateurs thermoélectriques comme le module Peltier, sont souvent préférées.

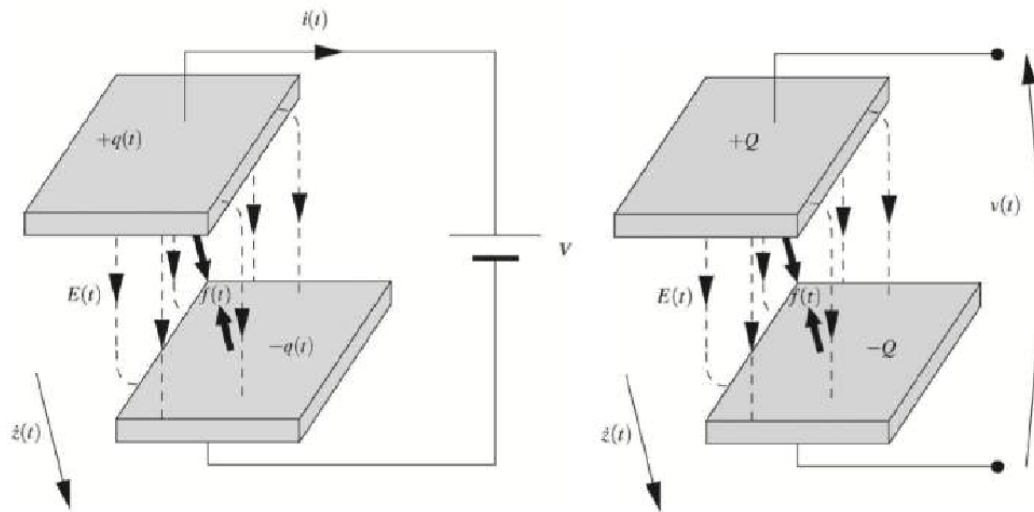


Figure 32 Schéma de l'effet pyroélectrique

C. Le module Peltier :

Le module Peltier est un dispositif thermoélectrique qui utilise l'effet Peltier pour générer un refroidissement ou un chauffage. L'effet Peltier est un phénomène thermique qui se produit lorsqu'un courant électrique est envoyé à travers deux matériaux conducteurs différents qui sont en contact, créant ainsi un transfert de chaleur.

Dans un module Peltier, il y a deux plaques conductrices - une plaque chaude et une plaque froide - qui sont reliées entre elles par des fils conducteurs. Entre les deux plaques, il y a une série de jonctions thermoélectriques, qui sont généralement fabriquées à partir de semi-conducteurs.

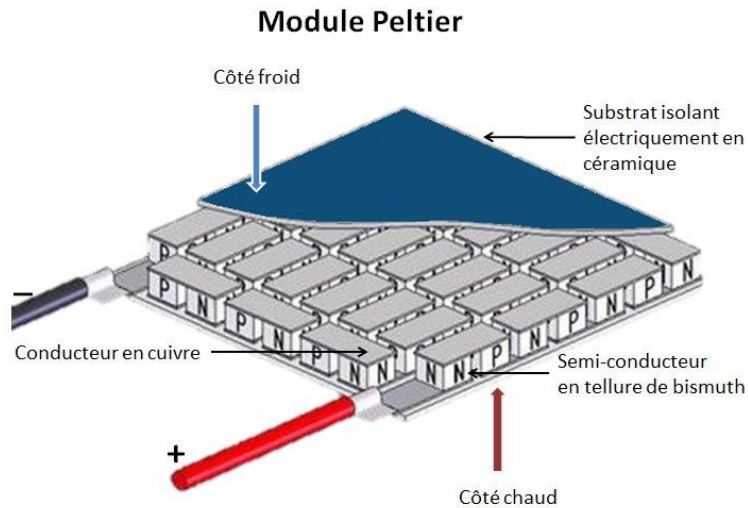


Figure 33 Schéma du module Peltier

Lorsqu'un courant électrique est envoyé à travers les jonctions thermoélectriques, il se produit un transfert de chaleur de la plaque froide vers la plaque chaude. Ce transfert de chaleur refroidit la plaque froide et chauffe la plaque chaude. En inversant le sens du courant électrique, le transfert de chaleur peut être inversé, ce qui refroidit la plaque chaude et chauffe la plaque froide.

Le module Peltier peut être utilisé pour une variété d'applications, telles que la climatisation de petits espaces, la réfrigération de liquides et la génération de courant électrique à partir d'une différence de chaleur.

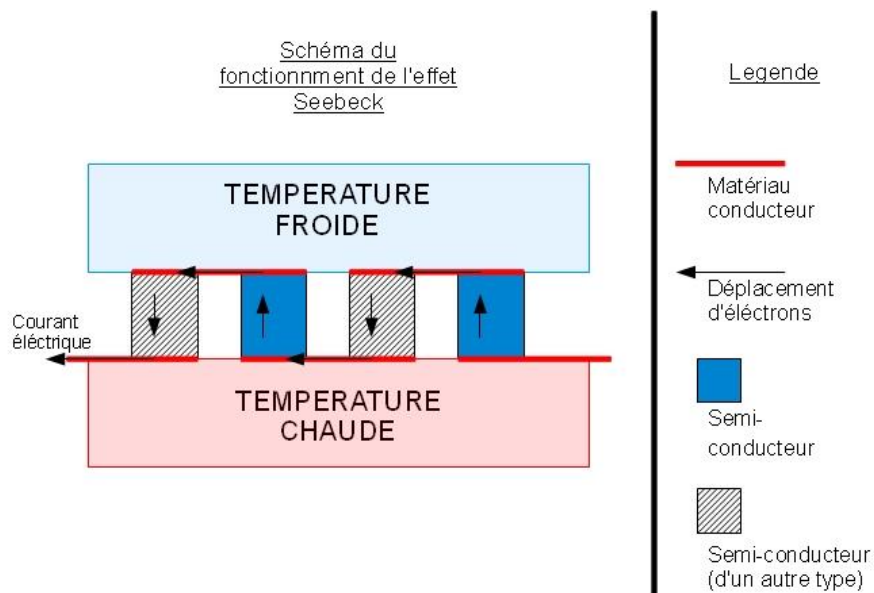


Figure 34 Schéma d'un module Seebeck

Nous avons décidé d'utiliser la dernière application citée, à savoir générer un courant électrique à partir d'une différence de chaleur.

L'effet Seebeck est un phénomène thermique qui se produit lorsqu'un matériau conducteur est soumis à une différence de température. Lorsqu'un courant électrique passe à travers le matériau, il peut y avoir une différence de potentiel électrique générée le long du matériau. Cette différence de potentiel est connue sous le nom de tension thermoélectrique, ou tension Seebeck.

Le coefficient de Seebeck est défini par la relation suivante : $S_{AB} = S_A - S_B$

Les coefficients des matériaux sont définis par le tableau en Annexe 1.

Il est notable que deux métaux très courants et bon marché ont des coefficients Seebeck parmi les plus élevés en valeur absolue, mais de signes opposés : le fer (+11,6 $\mu\text{V/K}$) et le nickel (-8,5 $\mu\text{V/K}$). Ils constituent une paire a priori idéale pour la constitution d'un générateur thermoélectrique : le fer est sensible à la corrosion, mais une couche de nickel déposée dessus le protège, ce qui permet de constituer une paire diélectrique à partir d'une seule et unique fine plaque de fer nickelé.

Nous avons donc choisi un module Peltier à effet Seebeck car il est durable et peut fonctionner sans pièces mécaniques mobiles (turbines). Contrairement aux générateurs électriques conventionnels qui nécessitent des turbines et des alternateurs, le module Seebeck peut convertir directement la chaleur en électricité. Cela le rend moins sujet à l'usure, aux pannes et aux coûts de maintenance élevés.

Enfin, le module Seebeck est également respectueux de l'environnement car il peut aider à réduire les émissions de gaz à effet de serre en récupérant de l'énergie thermique qui serait autrement gaspillée. Cela peut contribuer à la lutte contre le changement climatique et aider à promouvoir une utilisation plus durable des ressources énergétiques.

Calcul théorique de l'énergie électrique fournie par un module Seebeck :

La formule que nous allons utiliser pour calculer l'énergie électrique produite par un module Seebeck est la suivante :

$$E = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{S^2}{R} \cdot A \cdot t$$

- E représente l'énergie électrique produite en joules (J)
- ΔT représente la différence de température en kelvins (K) entre les deux côtés du module Seebeck.
- α est la diffusivité thermique en mètres carrés par seconde (m^2/s) du matériau, qui est une mesure de sa capacité à transférer la chaleur. (Compris entre 0 et 1)
- S est le coefficient de Seebeck en volts par kelvin (V/K), qui est une mesure de la capacité du matériau à générer une différence de potentiel électrique en réponse à une différence de température.

- R est la résistance électrique en ohms (Ω) du module Seebeck.
- A est l'aire de la surface de chaque face du module Seebeck en mètres carrés (m^2).
- t est le temps d'utilisation du module Seebeck

Cette formule est donc empirique (il n'existe pas de formule démontrée pour ce type de systèmes).

La formule $E = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{S^2}{R} \cdot A \cdot t$ est dérivée des lois de la thermodynamique et de la physique des matériaux, et peut être décomposée en plusieurs étapes pour mieux comprendre comment elle est obtenue.

- [L'effet Seebeck :](#)

Lorsqu'une différence de température est appliquée à deux matériaux thermoélectriques différents, une différence de potentiel électrique est générée entre les deux matériaux. Cette différence de tension est appelée tension de Seebeck, et est mesurée en volts par Kelvin (V/K). La relation entre la tension de Seebeck et la différence de température est donnée par la formule :

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

Où S est le coefficient de Seebeck, ΔV est la tension de Seebeck et ΔT est la différence de température en kelvins.

- [La loi de Joule :](#)

La puissance électrique P dissipée dans une résistance R parcourue par un courant I est donnée par la loi de Joule :

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- [La conservation de l'énergie :](#)

La puissance électrique produite par un module Seebeck est obtenue en exploitant la différence de température entre une source chaude et une source froide qui est convertie en énergie électrique par l'effet Seebeck. La conservation de l'énergie implique que la puissance électrique produite ne peut pas dépasser la puissance thermique fournie par la source chaude, c'est-à-dire :

$$P_{Elec} = \alpha P_{Ther}$$

Où P_{Elec} est la puissance électrique produite, α est le facteur d'efficacité de l'appareil, et P_{Ther} est la puissance thermique fournie par le module Seebeck.

En combinant ces différentes relations, nous obtenons :

$$E_{Elec} = \alpha E_{Ther}$$

$$E_{Ther} = P_{Ther} \times t$$

$$E_{Ther} = \Delta T \times \frac{S^2}{R} \times A \times t$$

$$E_{Ther} = \Delta T \times \frac{\left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)^2}{R} \times A \times t$$

$$E_{Ther} = \Delta T \times \frac{\frac{\Delta V^2}{\Delta T}}{R} \times A \times t$$

$$E_{Ther} = \frac{P}{\Delta T} \times A \times t$$

$$E_{Elec} = \alpha E_{Ther}$$

La formule $E = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{S^2}{R} \cdot A \cdot t$ est utilisée pour calculer l'énergie électrique produite par un module Seebeck, également connu sous le nom de générateur thermoélectrique.

Le module Seebeck convertit directement la différence de température entre ses deux extrémités en énergie électrique, grâce à l'effet Seebeck qui crée une tension électrique aux bornes du module.

Cette tension est proportionnelle au coefficient Seebeck S du matériau utilisé dans le module, ainsi qu'à la différence de température ΔT entre les deux extrémités du module.

Pour obtenir une puissance électrique, il faut aussi prendre en compte la résistance électrique R du module. En effet, plus la résistance est élevée, plus la puissance électrique sera faible, car une partie de l'énergie sera dissipée sous forme de chaleur.

En multipliant le coefficient d'absorption thermique α par la surface du module A et le temps de fonctionnement t , la formule tient compte de la capacité du matériau à absorber la chaleur de la surface du module et de la durée de son fonctionnement.

Nous avons décidé d'utiliser le Zinc et le Sélénium dans notre module Seebeck car d'un côté, le Sélénium a un coefficient Seebeck de +900 $\mu\text{V/K}$ et de l'autre côté nous avons le Zinc qui a un coefficient de +0.7 $\mu\text{V/K}$. Nous obtenons donc un coefficient de Seebeck de $S=+900-(+0.7) = 889.3 \mu\text{V/K}$

En résumé, la formule $E = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{S^2}{R} \cdot A \cdot t$ prend en compte les différents paramètres qui affectent l'énergie électrique produite par un module Seebeck.

$$E = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{S^2}{R} \cdot A \cdot t$$

$$E = 1 \cdot 25 \cdot \frac{0,0008993^2}{2,07} \cdot 0,0016 \cdot 3600$$

$E \approx 56,26 \cdot 10^{-6}$ Joules (56,26 microjoules) pour un module pendant 1h00.

Avec :

- $\alpha = 1$ (on néglige les pertes)
- $\Delta T = 30^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 303\text{K} - 278\text{K} = 25\text{K}$
- $S = S_{\text{selenium}} - S_{\text{zinc}} = 900 - 0,7 = 899,3 \mu\text{V/K}$
- $R = 2,07 \Omega$ (donnée trouvée dans la datasheet)
- $A = 0,0016 \text{ m}^2$ (module de 40mm x 40mm ce qui fait une surface de 0.0016 m^2)
- $t = 3600\text{s}$ (1heure)

Si nous utilisons 18 modules par siège et que nous avons 20000 sièges, nous obtenons alors une puissance de 20,25J.

Cela signifie qu'en utilisant 20 000 sièges comprenant 18 modules Seebeck par siège pendant 1 heure avec un delta de température de 25°C (ou 25K), il serait possible de produire une puissance électrique totale de 20,25 joules si ces modules étaient tous connectés en série et fonctionnaient simultanément. Il s'agit d'une estimation, les performances réelles du système pouvant varier en fonction de nombreux facteurs.

Pour augmenter ce résultat, il faut avoir une résistance de l'ordre de 0,1 Ω . Le résultat passera alors à 419,25 Joules.

XII. Gestion énergétique

L'utilisation de l'énergie électrique produite par le module Seebeck offre une solution pratique et écologique pour répondre aux besoins énergétiques croissants lors d'événements tels que les spectacles dans les stades et les tribunes. Les smartphones et les tablettes sont devenus des accessoires incontournables pour les spectateurs, et leur utilisation continue pendant ces événements nécessite une source d'alimentation fiable. Grâce au module Seebeck, nous pouvons fournir une alimentation directe à la demande pour ces appareils, éliminant ainsi le besoin de prises de courant individuelles ou de batteries externes.

Notre module Seebeck peut contribuer à cette initiative en fournissant une alternative durable à l'énergie conventionnelle. Outre l'alimentation des smartphones et des tablettes, le module peut également être utilisé pour alimenter d'autres équipements essentiels tels que l'éclairage et les systèmes audiovisuels présents dans les stades.



Figure 37 Lumière du stade

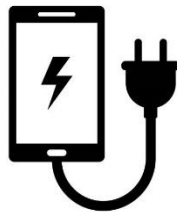


Figure 35 Le branchement d'un smartphone



Figure 36 L'alimentation d'écrans géants

En ce qui concerne le rechargement des smartphones, un téléphone utilise en moyenne une puissance de 20W pour se recharger. Grâce à notre module Seebeck, nous pourrions charger simultanément un nombre de téléphones, offrant ainsi une solution pratique et accessible à tous les spectateurs.

En ce qui concerne l'éclairage du stade, les technologies actuelles de LED permettent une consommation moyenne de 60W par ampoule de stade. En optimisant la production d'électricité à partir du module Seebeck, nous pourrions alimenter un nombre d'ampoules équivalent à $(X \text{ énergie récupérée} / 60W)$. Cela garantit un éclairage adéquat tout en réduisant la consommation d'énergie globale.

Les écrans de tribune, utilisés dans les gradins de circuits ou de stades, sont également des éléments importants pour améliorer l'expérience des spectateurs. Un écran de tribune typique, d'une surface de 8m², nécessite environ 8000W de puissance pour fonctionner. Grâce à une production d'électricité à partir du module Seebeck, nous pourrions alimenter un nombre impressionnant de $(X \text{ écrans})$.

En résumé, l'utilisation du module Seebeck permet de répondre aux besoins énergétiques croissants des spectateurs lors d'événements dans les stades et autres tribunes tout en réduisant l'impact environnemental. De la recharge des smartphones à l'éclairage du stade et aux écrans de tribune, ce module offre une solution durable et pratique pour alimenter les accessoires et les

équipements essentiels, contribuant ainsi à améliorer l'expérience des spectateurs et à promouvoir une utilisation responsable de l'énergie.

L'acquisition de courant continu, son stockage et sa restitution en courant alternatif sont des processus essentiels dans notre étude. Voici un développement détaillé du processus :

Notre module Seebeck génère un courant continu, tout comme les batteries et les accumulateurs qui elles stockent l'énergie électrique sous forme de courant continu.

Nous utiliserons des régulateurs de tension avant de soit faire passer directement le courant dans les onduleurs pour consommer l'énergie, soit de passer par un stockage d'électricité sur batteries. Dans les deux cas il nous faut passer par les onduleurs pour passer du courant continu en alternatif.

Le stockage de courant continu est essentiel pour pouvoir utiliser l'énergie électrique et les batteries sont le moyen de stockage le plus couramment utilisé. Les batteries au plomb-acide, les batteries lithium-ion et d'autres types de batteries permettent de stocker l'énergie électrique sous forme de courant continu et de la restituer ultérieurement.



Figure 38 Stockage de l'énergie dans des batteries

Pour la restitution du courant alternatif, nous utilisons des onduleurs qui sont des dispositifs électroniques permettant de convertir le courant continu en courant alternatif de la fréquence et de la tension requises. Les onduleurs sont essentiels pour fournir une alimentation électrique de qualité et stable aux appareils alimentés.



Figure 39 Ondulateur pour la conversion du courant continue en alternatif

XIII. Implantation du système

Le système de siège que nous avons conçu pour récupérer l'énergie thermique dans les stades présente une innovation majeure sur le marché actuel des systèmes de récupération d'énergies. En effet, notre solution répond à une problématique spécifique des stades en permettant de récupérer l'énergie thermique générée par les spectateurs. Cette énergie est ensuite stockée et peut être utilisée pour alimenter les systèmes de chauffage et de climatisation dans les stades ou être redistribuée dans le réseau électrique.

Le marché des systèmes de récupération d'énergie est en constante évolution, avec une demande croissante de solutions écologiques et économes en énergie. Notre système de siège s'implantera donc sur ce marché en proposant une solution innovante et compétitive, répondant aux exigences environnementales et économiques. Notre approche basée sur une intégration indirecte du système sur les infrastructures des stades permettra une installation facile et rapide de notre solution.

En outre, notre système présente également un avantage concurrentiel grâce à son faible coût d'entretien et sa durée de vie prolongée, offrant ainsi une alternative plus locative pour les gestionnaires de stades. Nous sommes convaincus que notre solution pourra satisfaire une demande importante sur le marché en apportant une réponse pertinente aux besoins des stades en matière de récupération d'énergie.

Notre solution de récupération d'énergie thermique à partir des sièges de stades pourrait être adaptée à d'autres secteurs d'activité, tels que les salles de cinéma, les salles de spectacle et les salles de classe. En effet, les sièges sont également présents dans ces lieux et peuvent générer de la chaleur à partir de l'occupation des lieux. De plus, ces environnements ont souvent besoin de solutions économes en énergie pour leur fonctionnement, ce qui rend notre système pertinent dans ces contextes également. Une adaptation de notre technologie pour ces secteurs pourrait être adaptée dans le cadre de futurs projets de recherche et développement.

XIV. Difficultés rencontrées

Calculs théoriques :

Pour pouvoir faire des calculs théoriques, nous avons rencontré des difficultés lors de nos recherches afin de trouver des formules applicables. Nous avons trouvé des informations sur le module Peltier, son fonctionnement. Nous avons également trouvé des informations sur l'effet Seebeck, le coefficient de Seebeck en fonction des matériaux utilisés mais nous n'avons pas trouvé de formules, nous avons alors dû utiliser nos connaissances.

Etude réelle :

Nous avons acheté un module Peltier TEC1-12706 afin de tester l'efficacité. Nous avons fait des tests en nous asseyant dessus pour simuler notre système. Les résultats n'ont pas été concluants. A l'aide d'un multimètre, nous avons mesuré la tension produite par le module et nous avons obtenu une tension de l'ordre de quelques millivolts et qui variait très facilement. La tension n'était pas stable car la température entre les deux faces s'équilibre rapidement. Il faut savoir que ce module est composé de matériaux céramiques en Alumine (Al_2O_3) et soudé avec un alliage de Bismuth et d'Etain (BiSn). Pour notre étude théorique, nous avons utilisé différents matériaux pour maximiser notre coefficient de Seebeck.

Nous avons finalement remarqué que les rendements étaient très mauvais, que les technologies existantes ne permettent pas de rendre ce projet viable.

Dans le futur, il est certain que de nouvelles technologies apparaîtront et seront plus performantes qu'actuellement. Ce projet pourra alors devenir réalisable technologiquement et financièrement.

Au sein du groupe de projet :

Durant cette année de projet, nous avons rencontré quelques difficultés à nous réunir lorsque nous étions en période d'entreprise. Nous avions tous des horaires différents et variables et des déplacements pour certains. Certaines réunions ont alors été effectuées en plus petits groupes.

XV. Conclusions personnelles

A. BRUNET Enzo

Travailler sur le Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Économique (PISTE) a été une expérience précieuse qui m'a permis d'acquérir des compétences essentielles pour évaluer la faisabilité d'un projet.

En ce qui concerne ma place dans le groupe, j'ai assumé le rôle de participant actif et engagé. J'ai contribué à la réflexion collective, à la recherche d'informations pertinentes et à la formulation d'idées. J'ai également participé aux discussions et aux prises de décisions tout au long du projet. En tant que membre du groupe, j'ai apprécié la dynamique collaborative et le partage d'idées.

À propos de l'intérêt du sujet, je dois admettre que j'étais enthousiaste à l'idée d'explorer des solutions novatrices pour récupérer l'énergie thermique engendrée par le public dans les stades. L'idée de contribuer à la réduction de l'impact environnemental des événements sportifs m'a motivé à m'investir pleinement dans le projet.

Dans le cadre de ce projet, j'ai effectué des recherches approfondies sur les technologies existantes pour la récupération de l'énergie thermique avec Melvin LE BOULAIRE et Ronan CONQUEUR. En groupe, nous avons contribué à l'élaboration des veilles mais également au concept d'ECO₂SIT, sur l'utilisation d'un module Seebeck pour la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

Pendant le projet, j'ai ressenti un mélange d'enthousiasme et de frustration. J'étais enthousiaste à l'idée d'explorer des solutions innovantes, cependant j'ai ressenti de la frustration lorsque les calculs ont révélé que le projet ECO₂SIT ne présentait pas un rendement électrique satisfaisant. Cela a été une déception de constater que notre solution n'était pas réalisable dans l'état actuel des technologies.

Le temps accordé pour la réalisation du projet a été adéquat compte tenu de sa durée sur toute l'année scolaire. Cependant, avec les difficultés rencontrées, il aurait peut-être été bénéfique d'avoir davantage de temps pour explorer d'autres alternatives et approfondir nos recherches sur les technologies émergentes.

En conclusion, le projet ECO₂SIT a été une expérience stimulante pour moi. J'ai énormément appris sur les énergies renouvelables et sur la manière dont on peut exploiter l'énergie thermique pour produire de l'électricité. Bien que le projet ECO₂SIT n'ait pas abouti à une solution viable en raison de limitations technologiques, il m'a permis de développer des compétences précieuses en matière de recherche, d'analyse et de prise de décision. Ce projet m'a également montré l'importance de la collaboration et de l'échange d'idées au sein d'une équipe. Travailler avec mes collègues m'a permis de tirer parti de leurs compétences et de leurs perspectives uniques, renforçant ainsi notre capacité collective à trouver des solutions novatrices.

B. CATHERINE MEZERAY Julien

Dans le groupe PISTE, j'ai pu apporter des connaissances en technologies, mécaniques et réalisations grâce à ma formation et aux compétences que j'ai pu acquérir au cours des années précédentes.

Le projet portant à la fois sur l'aspect sportif et environnemental avec la récupération d'énergie a suscité en moi un grand intérêt. L'enjeu écologique est un sujet qui m'intéresse grandement car il est un enjeu majeur de notre quotidien. Cela a suscité un réel engouement et m'a fasciné tout au long de son avancée et de sa réalisation.

Pendant la réalisation de ce projet, j'ai pu m'investir aux travers des différentes tâches réalisées notamment lors de la réalisation des veilles, dans l'aspect des technologies existantes et de leur fonctionnement. Je me suis également investi dans le domaine de la conception et impression 3D grâce à mes connaissances et à la collaboration avec Alexandre CORRE pour la réalisation de la maquette de notre projet.

Durant cette année, j'ai apprécié de voir celui-ci évoluer avec une bonne cohésion d'équipe. Les réunions régulières ont permis un suivi et un maintien de la motivation de chacun tout au long de l'année. J'ai pu acquérir de nouvelles connaissances, notamment dans le domaine de la récupération d'énergie thermique avec le module Peltier à effet Seebeck.

Bien que le délai fixé pour accomplir la réalisation du PISTE ait constitué une contrainte, il nous a également poussés à optimiser notre gestion du temps et de nos ressources. Malgré le temps limité, nous avons pu respecter les délais et fournir un travail à la hauteur de nos attentes.

En résumé, le Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Economique a été une expérience enrichissante qui m'a offert l'opportunité de contribuer à un projet concret et novateur. Cette expérience m'a permis de développer mes compétences techniques, d'améliorer ma capacité à travailler en équipe et d'approfondir ma compréhension des défis associés à la récupération d'énergies.

C. CONQUEUR Ronan

Dans le cadre de ce Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Économique (PISTE), j'ai pu acquérir de nouvelles connaissances sur différentes technologies qui m'étaient encore inconnues.

En tant que membre de notre équipe de projet, j'étais responsable des études énergétiques et électriques en groupe avec BRUNET Enzo et LEBOLAIRE Melvin. Cette contribution dynamique m'a permis de jouer un rôle clé dans l'analyse et la mise en œuvre du projet. Grâce au sujet de notre projet PISTE et à notre chef de groupe, LECOINTRE Quentin qui a su instaurer une dynamique de groupe, je me suis toujours senti très impliqué au sein du projet et de notre équipe.

Le thème central du projet, portant sur la récupération de l'énergie thermique produite par les spectateurs dans des stades, j'étais très enthousiaste.

Ce qui m'a beaucoup plu dans le projet et la solution innovante que l'on a trouvée, ce sont les répercussions environnementales et économiques qui en découlent. Nous sommes aujourd'hui à une époque où les énergies sont de plus en plus coûteuses. Pouvoir économiser de l'énergie a une réelle importance surtout dans des lieux comme des stades où l'on peut retrouver des dizaines de milliers de personnes.

Au cours de la durée du projet PISTE, j'ai pu m'investir dans la réalisation des diverses étapes du projet. Cela comprend des activités comme la recherche, la conception, les essais et les calculs liés à l'efficacité énergétique. Chacune de ces tâches m'a permis d'acquérir des compétences techniques et de comprendre les principes fondamentaux liés à notre sujet d'étude.

Dans notre projet PISTE, je me suis senti vraiment satisfait de voir notre projet prendre forme et évoluer. Les échanges réguliers avec l'équipe et l'encadrement de Quentin a permis de maintenir une motivation générale tout au long du projet. Il nous a également bien réparti les tâches de façon à savoir quoi faire pour la prochaine réunion.

Le temps consacré à la réalisation du projet PISTE a été une contrainte mais également une force motrice dans la gestion efficace de notre temps et de nos ressources. Malgré des délais serrés, nous avons été capables de respecter les délais et de produire un travail de qualité.

En conclusion, le Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Economique a été une superbe expérience formatrice. J'ai pu développer mes compétences techniques notamment sur la récupération de l'énergie thermique et la conversion en énergie électrique. Le module Peltier a été une très bonne découverte technologique.

D. CORRE Alexandre

Le projet PISTE a été une expérience formidable pour moi, à la fois sur le plan humain et en termes de développement de compétences. La diversité des personnalités au sein du groupe m'a permis de découvrir de nouvelles méthodes de travail et d'adopter une approche différente dans la réalisation d'un projet. Je considère que cette méthode de travail est extrêmement enrichissante, car elle permet d'apporter des perspectives et des méthodes de résolution diverses. Elle offre une opportunité d'apprendre des autres membres de l'équipe et de développer de nouvelles compétences. Je pense que cette approche collaborative sera bénéfique pour mes futurs projets, car elle favorise l'ouverture d'esprit, la créativité et la recherche de solutions innovantes. Je suis convaincu que cette méthode de travail sera un atout précieux dans ma carrière professionnelle.

Lors de la phase de recherche de problématique, j'ai particulièrement apprécié les activités et les exercices proposés en début d'année. Ils ont permis de mieux connaître les membres du groupe, leur rôle et les différentes filières auxquelles ils appartiennent. Ces activités ont été très enrichissantes pour moi et ont contribué à renforcer notre collaboration.

En ce qui concerne ma contribution technique à ce projet, la répartition du travail a été effectuée de manière appropriée, ce qui m'a permis de travailler dans différents domaines tels que la conception 3D, la gestion de projet avec l'utilisation de Gantt et de diagrammes en pieuvre, ainsi que la veille sociétale. Pour cela, j'ai utilisé la suite Office, ainsi que SolidWorks et les divers moyens mis à disposition, tels que la découpe laser, l'impression 3D et les outils, qui m'ont été utiles dans la réalisation matérielle de la maquette.

En conclusion, je suis pleinement satisfait du travail réalisé par notre groupe, de l'ambiance qui y règne et des résultats obtenus. La solution que nous avons développée est extrêmement intéressante, notamment pour améliorer le confort des sièges. Elle cible un large public d'utilisateurs potentiels. De plus, l'avis du bureau d'étude COMBIOSOL a été précieux pour approfondir nos connaissances sur le sujet. Je suis confiant dans le potentiel de notre solution et dans sa capacité à répondre aux besoins et attentes des utilisateurs.

E. DECALOGNE Maëlle

Dans le cadre du projet de notre groupe A2 pas de la réussite, j'ai été très bien intégrée. Le groupe dans lequel j'ai pu apporter mes compétences, a été très à l'écoute de mes idées et propositions.

Le sujet était très motivant car il traite du développement durable et des solutions plus écologiques auxquels j'accorde beaucoup d'intérêt compte tenu de la situation actuelle. Ce projet met en lien des compétences techniques avec un avenir sûr puisqu'il permet de réutiliser une énergie normalement perdue.

Au sein du groupe j'ai pu travailler avec mes camarades, effectuer des recherches sur le sujet, rédiger des veilles. J'ai notamment participé à la veille juridique et documentaire. J'ai pu être moteur pour faire avancer le projet et aider chacun sur son sujet.

Ce projet a été encadré par Quentin qui nous a permis d'avoir une ligne directrice tout au long de l'année. Nous avons avancé petit à petit lors de ce projet et cela nous a permis de ne pas stresser au cours du temps. Les rendus nous ont malgré tout fait accélérer à la fin du projet.

Nous avons pu mettre à profit les créneaux dédiés au projet piste ainsi que certains créneaux de travaux personnels. Nous avons également travaillé quelques heures après certaines journées de cours. Lors des mois où nous étions en entreprise nous faisons des créneaux de travail en réunion Teams ce qui nous a permis de poursuivre le projet tout au long de l'année.

J'ai beaucoup aimé travailler sur ce projet qui a permis de développer mes compétences techniques et de travail en équipe. Nous avons un groupe de neuf personnes qui est un grand groupe et j'ai apprécié travailler avec plusieurs personnes ayant différentes compétences.

F. LE BOULAIRE Melvin

Dans le cadre de ce Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Économique (PISTE), j'ai pu vivre une expérience enrichissante tant sur le plan de ma place dans le groupe que de mon niveau d'intérêt pour le sujet.

Au sein de notre équipe projet, j'ai été responsable des études énergétiques et électriques en étroite collaboration avec Enzo BRUNET et Ronan CONQUEUR. Cette contribution active m'a permis de jouer un rôle clé dans l'analyse et la concrétisation du projet. J'ai aussi collaboré avec Thibaut THERY sur la veille technologique ce qui m'a permis de découvrir de nombreuses technologies. Grâce au sujet de notre projet PISTE et à notre chef de groupe, Quentin LECOINTRE, qui a su instaurer une dynamique de groupe engagé, j'ai toujours ressenti un fort sentiment d'implication au sein de notre équipe.

Le thème central du projet, portant sur la récupération de l'énergie thermique des spectateurs dans les stades, a provoqué un fort enthousiasme de ma part. Je suis passionné par les perspectives offertes par notre solution innovante et les répercussions environnementales et économiques qui en découlent. En tant qu'amateur de sport, j'éprouve un réel engouement pour les événements en stade, et j'ai toujours été fasciné par l'ampleur de l'énergie produite par le grand nombre de spectateurs présents.

Pendant la durée du PISTE, j'ai pu m'investir dans la réalisation des différentes étapes du projet. Cela inclut des activités telles que la recherche, la conception, les tests et les calculs de rendements énergétiques. Chacune de ces tâches m'a permis de développer mes compétences techniques et ma compréhension des principes fondamentaux liés à notre sujet d'étude.

Durant le PISTE, j'ai ressenti une réelle satisfaction à voir notre projet prendre forme et évoluer. Les échanges réguliers avec le groupe et les encadrants ont maintenu ma motivation tout au long du processus. Les défis rencontrés ont été dépassés grâce à notre esprit d'équipe et à notre volonté collective de réussir.

Le temps imparti pour la réalisation de la PISTE a été une contrainte, mais il a également été un moteur pour gérer efficacement notre temps et nos ressources. Malgré les échéances serrées, nous avons réussi à respecter les délais et à produire un travail de qualité.

En conclusion, le Projet d'Intégration Scientifique, Technologique et Economique a été une expérience formatrice qui m'a permis d'apporter ma contribution à un projet concret et innovant. J'ai pu développer mes compétences techniques, renforcer ma capacité de travail en équipe et approfondir ma compréhension des enjeux liés à la récupération d'énergies dans le domaine des stades. Je suis fier du travail accompli et confiant quant aux perspectives pour notre projet.

G. LECOINTRE Quentin

Lors de ce PISTE, j'ai pris plaisir à travailler avec mon groupe. Dès les premiers échanges, j'ai compris que le groupe dans lequel j'avais été intégré serait un groupe efficace avec lequel nous pourrions avancer vite et bien. De plus, c'est un groupe qui m'a vite fait confiance en me donnant le rôle de chef de projet, rôle que j'ai pris à cœur et cela m'a permis de me sentir très intégré. C'est un rôle que j'ai déjà endossé à de nombreuses reprises et j'ai pu transmettre mes compétences de chef d'équipe au sein de mon groupe.

Notre sujet, est un sujet qui nous touche tous. En effet, lors de la première séance, nous avons mis en commun nos centres d'intérêt, nous savions alors que les sujets sortant de cette séance seraient des sujets qui nous passionneraient. Pour moi, l'un des principaux axes de travail pour notre futur sera de réparer les erreurs du passé en termes de consommation énergétique c'est pourquoi un sujet sur la transition énergétique et les nouvelles technologies devait s'imposer.

Durant le PISTE, j'ai ressenti un grand enthousiasme sur les débuts, la première période étant la plus intense, cela permettait de souffler un peu et de rentrer dans la pratique et dans la recherche, sortant alors du côté très théorique de la première période. Puis j'ai ressenti un léger ralentissement lors du changement de coordinateur (passage de Mme.YU à M. GILLET CHEVAIS). De plus, nous étions sur la partie calcul, et nous nous sommes rendu compte que notre sujet ne pourrait pas aboutir. C'est sur le dernier mois que nous avons retrouvé la motivation et que nous avons pu aller au-delà de nos déboires.

En ce qui concerne le temps accordé pour la réalisation du PISTE, il s'avère qu'il fut correct mais mal réparti. Certes, les moyens de communication permettent de rester en contact, mais il est toujours difficile de diriger un groupe en visioconférence. Malgré cela, j'ai pu mettre en place une belle coordination surtout en fin de projet où l'ensemble du groupe a pu suivre mes directives.

Pour conclure, j'ai pris beaucoup de plaisir à effectuer ce PISTE, ma place de chef de projet a été très intéressante et nous avons pu travailler tous main dans la main. Il ne faut pas oublier que les groupes avaient été constitués de manière aléatoire, un peu comme dans une équipe dans nos emplois respectifs, et nous avons su travailler ensemble. Je suis très fier de notre groupe, de notre ambiance de travail, de notre cohésion d'équipe et du travail effectué. Merci à mon équipe et à l'équipe enseignante !

H. SANCHEZ DE LEON Gabriel

Le projet ECO₂sit a été pour moi le premier projet de cette ampleur. J'ai dès les premières séances senti une bonne ambiance de travail. Le groupe a été assez soudé et à l'écoute de mes propositions.

Pour décider du thème du projet nous avons mis en relation nos centres d'intérêt. Malgré la direction initiale du projet dans laquelle ce dernier était plus orienté vers un aspect sportif, j'ai beaucoup aimé l'orientation écologique qui s'est renforcée par la suite tout en restant dans un domaine sportif. A mesure que le projet se précisait, mon intérêt pour celui-ci grandissait et j'ai rapidement compris la pertinence et le potentiel impact qu'il pourrait avoir s'il s'avérait concluant.

J'ai pu m'investir tout au long du projet en participant aux différentes étapes telles que la recherche du sujet, les outils de management de projet (bête à corne, veilles, FAST ...), mais aussi à la réalisation de la maquette à l'aide des outils du FABLAB. De ce fait, toutes ces étapes m'ont permis de développer mes compétences et ma vision de la démarche de projet.

Mon ressenti par rapport à ce projet est que nous avons pu avancer efficacement grâce à une communication et une répartition des tâches efficace. Effectivement, les membres de l'équipe viennent d'horizons différents ce qui nous a permis de ne pas nous retrouver bloqués à certaines étapes. J'ai trouvé que tous les membres ont été écoutés et sollicités ce qui n'a pas toujours été le cas dans les projets auxquels j'ai pu participer par le passé.

Le temps consacré au projet a dépassé le nombre d'heures prévu, nous avons passé du temps sur le projet dans les heures de travail personnel. Nous avons également avancé sur la conception de la maquette en dehors des heures de cours. Néanmoins l'avancement du projet est resté fluide, de la phase de conception à la rédaction des divers documents.

Pour conclure, le projet PISTE a été une expérience enrichissante permettant de se mettre dans une position professionnelle afin de conduire une étude sur son ensemble. J'ai pu mettre en application certains de nos cours et développer mes connaissances dans plusieurs domaines. Dans l'ensemble tous les membres du groupe se sont impliqués et le résultat me satisfait.

I. THERY Thibaut

Dans notre groupe de projet, je me suis chargé conjointement avec Melvin LE BOUAIRE de travailler sur l'aspect technologique. Du fait de mon parcours, les compétences que j'ai pu mettre à profit sont portées sur la mécanique.

Le sujet que nous avons choisi m'a particulièrement intéressé car il rassemble beaucoup de mes centres d'intérêt. Ayant participé à de nombreuses courses automobiles ou matchs sportifs en tant que spectateur, le fait de pouvoir individuellement contribuer au développement durable me paraît une démarche cohérente.

Les compétences que j'ai apportées sont sur l'aspect « mécanique » lié à l'implantation de notre étude. J'ai pu également participer à l'élaboration de la maquette au travers de découpes de matériaux au laser au FABLAB.

Mon ressenti sur ce projet est que nous sommes des personnes provenant d'horizons différents et nous avons tous apporté une plus-value en fonction de nos domaines de spécialités. Nous avons opéré en symbiose ce qui fait que les événements du projet se sont enchaînés avec une grande fluidité en abordant tous les contours de chaque thématique. A mon sens, la complémentarité de notre équipe se transpose parfaitement avec les différents services d'une entreprise qui aurait pour vocation de mener à bien ce type de projets.

Le temps qui nous a été alloué nous a permis de réaliser notre étude dans son ensemble. Des créneaux de projet PISTE étaient régulièrement à notre disposition pour avancer en groupe. Des points avec l'équipe pédagogique nous permettaient d'avoir des avis et retours sur nos interrogations ainsi qu'un œil critique.

Le projet que nous avons mené durant cette année m'a permis de développer beaucoup de notions essentielles pour mener un projet à bien. Les mises en situation étaient transposables avec une vie en entreprise, nous avons interagi avec les autres membres de l'équipe comme avec des collègues de travail. Ce qui a développé mes compétences relationnelles. Il nous a fallu suivre une trame nous permettant d'aller d'un centre d'intérêt commun, de trouver une problématique jusqu'à la recherche de solutions. Le tout en suivant un planning et des jalons. J'ai pu développer des compétences techniques dans un nouveau domaine dans l'étude des différentes technologies.

XVI. Conclusion générale

La récupération des pertes d'énergie revêt une importance cruciale dans notre quête pour un avenir durable. Alors que nous faisons face à des défis majeurs tels que le changement climatique et l'épuisement des ressources, il est impératif d'exploiter toutes les opportunités permettant de maximiser l'efficacité énergétique. L'une de ces opportunités réside dans la récupération des pertes d'énergie thermique engendrées par l'activité humaine.

Au cours de notre étude, nous avons identifié un problème important : l'énergie thermique dissipée par le public lors des événements sportifs. Nous avons formulé une question claire et pertinente sur la manière de récupérer cette énergie et de la redistribuer de manière efficace.

Notre solution, ECO₂SIT, présente plusieurs avantages. En utilisant un matériau déperlant d'origine recyclée ou renouvelable, nous contribuons à la durabilité et à la réduction des déchets. Le module Seebeck, exploitant l'effet thermoélectrique, permet de convertir l'énergie thermique en énergie électrique. Cette énergie peut ensuite être stockée dans une batterie pour une utilisation ultérieure.

Notre projet met en évidence une approche innovante pour exploiter une source d'énergie souvent négligée. La récupération de l'énergie thermique dans les stades contribue non seulement à la réduction de l'empreinte carbone des événements sportifs, mais peut également servir à alimenter les installations du stade, réduisant ainsi la consommation d'énergie provenant de sources non renouvelables.

Il convient de souligner que ce projet n'est pas réalisable techniquement. Après une étude approfondie, il est devenu évident que le projet ECO₂SIT, tel qu'il est proposé, n'est pas faisable en raison du fait qu'aucune technologie actuelle ne permet d'atteindre un rendement satisfaisant pour la conversion de l'énergie thermique dissipée par le public dans les stades en énergie électrique utilisable.

Malgré la pertinence de l'idée de récupérer l'énergie thermique dissipée par le public dans les stades, les résultats obtenus lors de tests et simulations ont démontré que le système ECO₂SIT ne parvient pas à générer une quantité significative d'énergie électrique. Le principal obstacle rencontré réside dans les limitations des technologies actuelles pour la conversion efficace de l'énergie thermique en électricité. Les modules Seebeck utilisés ne sont pas capables de récupérer et de convertir suffisamment d'énergie thermique pour en faire une source d'énergie électrique significative et viable économiquement.

Face à cette réalité, il est crucial de reconnaître les limites du projet ECO₂SIT et de prendre en compte ces résultats dans la poursuite de solutions alternatives. Bien que ce projet n'ait pas atteint son objectif initial, il a néanmoins permis d'acquérir des connaissances précieuses sur les défis et les limites technologiques de la récupération de l'énergie thermique dans les stades.

Il est maintenant essentiel de réorienter les efforts vers d'autres approches pour réduire l'impact environnemental des événements sportifs. Cela peut inclure l'exploration de nouvelles technologies,

la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique dans les infrastructures sportives, l'utilisation de sources d'énergie renouvelable et la sensibilisation du public à l'importance de la durabilité.

En somme, bien que le projet ECO₂SIT n'ait pas abouti à une solution réalisable en raison de son rendement électrique insuffisant, il reste une expérience précieuse qui souligne les défis et les limites de la récupération de l'énergie thermique dans les stades. Il est maintenant temps de tirer les leçons de cette étude de faisabilité et de canaliser les efforts vers des initiatives plus prometteuses pour promouvoir l'efficacité énergétique et la durabilité dans le contexte des événements sportifs.

XVII. Table des figures

Figure 1 Personae : Philippe De Laroux.....	12
Figure 2 Diagramme bête à corne.....	13
Figure 3 Diagramme pieuvre.....	14
Figure 4 Logo norme ISO 14001.....	18
Figure 5 Roue de Deming.....	18
Figure 6 Etude de marché 1.....	23
Figure 7 Etude de marché 2.....	23
Figure 8 Echangeur à plaques air/air.....	25
Figure 9 Echangeur tubulaire.....	25
Figure 10 Echangeur caloduc.....	25
Figure 11 Echangeur à ailette.....	26
Figure 12 Matériaux thermoélectriques.....	26
Figure 13 Cuve de stockage thermocline.....	26
Figure 14 Stockage dans le sol.....	26
Figure 15 Stockage en aquifère.....	27
Figure 16 Stockage en fosse.....	27
Figure 17 Stockage en réservoir.....	27
Figure 18 Echangeur de chaleur.....	28
Figure 19 Turbine à vapeur.....	29
Figure 20 Thermo-générateur.....	29
Figure 21 Pompe à chaleur.....	30
Figure 22 Logo A2PasDeLaRéussite.....	32
Figure 23 Flyer ECO ₂ SIT.....	33
Figure 24 Logo Instagram.....	33
Figure 25 Logo LinkedIn.....	33
Figure 26 Logo Twitter.....	33
Figure 27: Détails des couches d'un tissu déperlant.....	37
Figure 28: Tissu muni d'un revêtement déperlant.....	38
Figure 29: Vue grossie de microstructure alvéolaire.....	40
Figure 30: Schéma du fonctionnement du module Seebeck.....	42
Figure 31 Schéma de l'effet piézoélectrique.....	43
Figure 32 Schéma de l'effet pyroélectrique.....	44
Figure 33 Schéma du module Peltier.....	45
Figure 34 Schéma d'un module Seebeck.....	45
Figure 35 Le branchement d'un smartphone.....	50
Figure 36 L'alimentation d'écrans géants.....	50
Figure 37 Lumière du stade.....	50
Figure 38 Stockage de l'énergie dans des batteries.....	51
Figure 39 Ondulateur pour la conversion du courant continue en alternatif.....	51

XVIII. Table des tableaux

Tableau 1 GANTT théorique semestre 1	8
Tableau 2 GANTT théorique semestre 2 partie 1.....	9
Tableau 3 GANTT théorique semestre 2 partie 2.....	9
Tableau 4 GANTT Réel 1	10
Tableau 5 GANTT Réel 2	10
Tableau 6 Tableau des fonctions principales et contraintes.....	14
Tableau 12 FAST première partie.....	15
Tableau 13 FAST deuxième partie	16
Tableau 14 AMDEC.....	16
Tableau 15 SWOT	17
Tableau 7 Répartition sexuée des participants	19
Tableau 8 Age des participants	19
Tableau 9 Nombre de participations aux événements sportifs	20
Tableau 10 Niveau de satisfaction des participants.....	20
Tableau 11 Avis des participants sur l'installation du produit	21

XIX. Annexes

A. Annexe 1 : Tableau des coefficients des matériaux :

Numéro atomique	Élément	Symbole	Coefficient Seebeck en $\mu\text{V/K}$	Numéro atomique	Élément	Symbole	Coefficient Seebeck en $\mu\text{V/K}$
3	Lithium	Li	+4,3	31	Gallium	Ga	+0,5
4	Béryllium	Be	-2,5	34	Selenium	Se	+900
11	Sodium	Na	-2,6	37	Rubidium	Rb	-3,6
12	Magnésium	Mg	-2,1	38	Strontium	Sr	-3
13	Aluminium	Al	-2,2	39	Yttrium	Y	-5,1
19	Potassium	K	-5,2	40	Zirconium	Zr	+4,4
20	Calcium	Ca	+1,05	41	Niobium	Nb	+1,05
21	Scandium	Sc	-14,3	42	Molybdène	Mo	+0,1
22	Titane	Ti	-2	43	Technétium	Tc	—
23	Vanadium	V	+2,9	44	Ruthénium	Ru	+0,3
24	Chrome	Cr	+5	45	Rhodium	Rh	+0,8
25	Manganèse	Mn	-2,5	46	Palladium	Pd	+1,1
26	Fer	Fe	+11,6	47	Argent	Ag	+0,73
27	Cobalt	Co	-8,43	48	Cadmium	Cd	-0,05
28	Nickel	Ni	-8,5	49	Indium	In	+0,56
29	Cuivre	Cu	+1,19	50	Étain	Sn	-0,04
30	Zinc	Zn	+0,7	52	Tellure	Te	+500

Numéro atomique	Élément	Symbole	Coefficient Seebeck en $\mu\text{V/K}$	Numéro atomique	Élément	Symbole	Coefficient Seebeck en $\mu\text{V/K}$
55	Césium	Cs	—	72	Hafnium	Hf	0
56	Baryum	Ba	-4	73	Tantale	Ta	+0,7
57	Lanthane	La	+0,1	74	Tungstène	W	-4,4
58	Cérium	Ce	+13,6	75	Rhénium	Re	-1,4
59	Praséodyme	Pr	—	76	Osmium	Os	-3,2
60	Néodyme	Nd	-4	77	Iridium	Ir	+1,42
61	Prométhium	Pm	—	78	Platine	Pt	—
62	Samarium	Sm	+0,7	79	Or	Au	+0,82
63	Europium	Eu	+5,3	80	Mercure	Hg	—
64	Gadolinium	Gd	-4,6	81	Thallium	Tl	+0,6
65	Terbium	Tb	-1,6	82	Plomb	Pb	-0,58
66	Dysprosium	Dy	-4,1	83	Bismuth	Bi	-72
67	Holmium	Ho	-6,7	90	Thorium	Th	+0,6
68	Erbium	Er	-3,8	91	Protactinium	Pa	—
69	Thulium	Tm	-1,3	92	Uranium	U	+3
70	Ytterbium	Yb	+5,1	93	Neptunium	Np	+8,9
71	Lutécium	Lu	-6,9	94	Plutonium	Pu	+12

B. Annexe 2 : Le rapport de l'entreprise Combiosol :



MEMOIRE TECHNIQUE

Le : 23/03/2023



COMBIOSOL
2 bis, rue de la vallée – 36200 CHAVIN – France
Tél : +33 (0)2 54 07 18 52 – Mail : combiosol@combiosol.com – www.combiosol.com

1. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

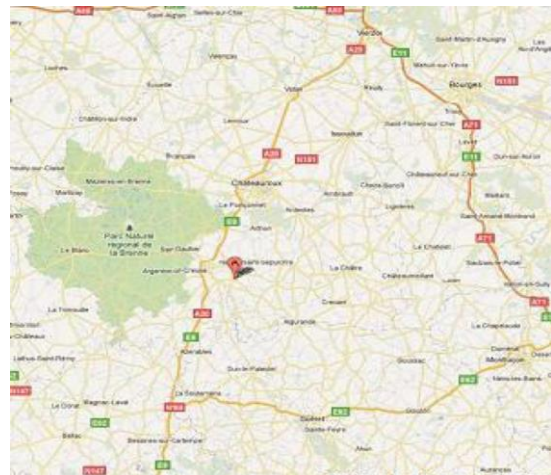
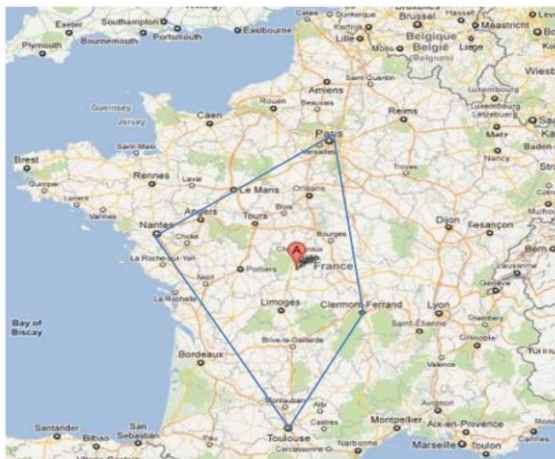
L'entreprise a été créée en septembre 2009 par Sébastien ROGALA ingénieur travaux. Elle a son siège social à CHAVIN dans l'INDRE (36), dans une commune rurale de 300 habitants.

Pendant les premières années d'exercice, l'entreprise a été hébergée au sein de la pépinière de l'agence de développement économique de l'INDRE située à l'aéroport de CHATEAUROUX/DEOLS.

Depuis septembre 2011, l'entreprise a emménagé dans de nouveaux locaux situés à CHAVIN (36) proche d'Argenton s/ Creuse.

En avril 2014, la société a connu un développement important avec la reprise des activités du bureau d'étude BETH de Mr TAUPIN installé à Déols (36).

En mai 2018, elle élargie ses domaines de compétences à la partie génie électrique.



Notre position géographique nous permet d'intervenir sur un territoire allant de PARIS à TOULOUSE sur l'axe Nord / Sud et de NANTES à CLERMONT FERRAND sur l'axe Est / Ouest. Nous sommes proches de réseaux de transports performants comme l'A 20 / A71, le réseau ferré (ligne PARIS / BRIVE) et le réseau aérien avec l'aéroport de Limoges à seulement quelques kilomètres.



13 ans d'expérience dont 11 ans en chaufferie Biomasse



489 619 € de CA



Des références dans de multiples domaines



8 salariés

Nous avons choisi d'implanter notre société dans une petite commune pour deux raisons principales, la première l'envie de montrer que les petites communes peuvent accueillir des entreprises dynamiques et que le savoir-faire n'est pas uniquement concentré dans les grandes agglomérations, le calme et la sérénité qui règnent est un atout pour favoriser une bonne ambiance de travail. La deuxième raison se résume en une opportunité de réaliser un bâtiment qui démontre le savoir-faire de l'entreprise dans l'efficacité énergétique et la maîtrise des chantiers.



Les chiffres clés de notre bâtiment BEPOS.

Année de construction : 2011

Surface : 70 m²

Coût : 2 000 €/m²

Délais de réalisation : 5 mois

Consommation : 5 670 kWh/an

Production : 7 171 kWh/an

2. NOS QUALIFICATIONS

Nous avons initié en 2015 une démarche de qualification de notre savoir-faire auprès de l'OPQIBI. L'OPQIBI est l'organisme de qualification de l'ingénierie, c'est une association de loi 1901 qui dispose de protocoles signés avec les Ministères de Développement Durable et de l'Industrie. L'OPQIBI est accrédité par le COFRAC ce qui permet d'attester de la transparence, de l'indépendance et de l'impartialité de son fonctionnement.

C'est donc dans ce cadre que nous avons obtenu les qualifications suivantes :

1309 : Etude d'installations sanitaires et d'assainissement courantes

1312 : Etude d'installations courantes de chauffage et de VMC

1405 : Etude d'installations électriques courantes

1421 : Ingénierie en courants faibles courants

Et la qualification avec mention RGE pour :

2008 : Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion



ASSOCIATION PROFESSIONNEL :

L'AICVF est l'Association des Ingénieurs en Climatique Ventilation et Froid, celle-ci nous permet de faire partie d'un réseau regroupant les professionnels du génie climatique, son action locale vise à faire partager et connaître les nouveautés en matière d'efficacité énergétique et de production de chaleur, de ventilation ou de climatisation.



Région Touraine-Centre

Mr ROGALA, gérant de la société est le délégué départemental de l'association, il assure le lien et l'animation de cette dernière au niveau du département de l'Indre.

3 - DESCRIPTION DES MOYENS MATERIEL POUR REALISER LA MISSION

COMBIOSOL dispose d'outils et de matériel dédiés à la performance énergétique.

1. Moyens Informatique :

Logiciel de simulation thermique dynamique et de calcul RT 2012 PLEIADES COM

Logiciel de donnée météorologique : Météonorm

Logiciel de dessin BIM 3D : REVIT

Logiciel de calcul fluides FISA BIM CVC

Logiciel de dessin et de calcul Plancal NOVA

Espace de stockage partagé DROP BOX

Application de compte rendu : ARCHIREPORT



2. Moyens Matériel :

Caméra thermique : TESTO 881-1

Télémètre laser DISTO A2

Thermomètre infrarouge TESTO 810

Appareil de mesure du coefficient U des parois TESTO 635

Porte soufflante RETROTEC Q4E

Scanner Laser 3D FARO Focus M

8 Postes Informatique complet

Imprimante multifonction XEROX C 7020

Traceur Canon IPF 750

Véhicules type utilitaire (Peugeot Expert) et particulière.



4 - PROJET DE L'EQUIPE : « A2 PAS DE LA REUSSITE »

Ce groupe d'étudiant est venu nous parler de leur projet, qui permettrait de récupérer l'énergie des spectateurs via les sièges dans les tribunes de stades par exemple, nous avons donc été fortement intéressés par ce projet puisque nous avons actuellement un gros projet en cours qui est la construction d'un stade de Motoball à TROYES (10).

Nous avons aussi refait la patinoire d'Issoudun et plusieurs complexes sportifs, notamment la base nautique d'Eguzon ou auront lieu les entrainements pour les JO 2024.

Notre projet

Gestion des eaux pluviales :

Conformément au PLU de la ville de Troyes, l'ensemble des eaux de pluviales sera traité sur la parcelle : Elles seront recueillies, infiltrées ou stockées en vue d'une réutilisation sur la parcelle au moyen de dispositifs adaptés (Puisards, ...). Nous vous proposerons la mise en place d'une cuve de récupération des eaux pluviales.

Confort thermique, chauffage, ventilation :

Concernant la gestion climatique des locaux de cette tribune, nous devons être conscients que l'utilisation est très ponctuelle et limitée en durée. Nous devons prévoir des systèmes légers, fiables permettant une mise en confort rapide sans négliger la mutation donc la qualité de l'air.

Nous avons un salon VIP et des locaux au rez-de-chaussée et aussi à l'étage donc nous proposons de travailler en free cooling permettant de ventiler l'ensemble en récupérant les calories extraites réchauffant l'air neuf du rez-de-chaussée vers l'étage et ramener ensuite en rez-de-chaussée à travers un échangeur.

Les périodes d'utilisation sont courtes et les besoins faibles et nous pourrions compléter ces dispositifs par de simples pompes à chaleur (PAC).

Projet similaire

Lieu d'application :

Dans notre cas, ce système a été imaginé pour être mis en place dans un hangar à fumier.

Principe :

Nous avons mis en place un réseau de tuyau encastrés dans le sol dans lequel de l'eau à une température T circule en continu. Le fumier à une température T_2 sera stocké sur ce système. Lorsque cette eau circule dans les tuyaux, elle absorbe la chaleur du fumier et se réchauffe. Par la suite elle est transportée vers un échangeur de chaleur à savoir vers une pompe à chaleur dans notre cas.

Ce dispositif est rentable sur le long terme.

Le dispositif sera plus rentable si la différence de température entre l'environnement et les tuyaux est importante.

Avantages/Inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Récupération d'énergie non utilisée	Fuites (possible si non protégé)
Adaptable	Peu geler en Hiver

Dans l'application du groupe « A2 Pas de la réussite » :

Avantages	Inconvénients
Récupération d'énergie non utilisée	Fuites (possible si non protégé)
Adaptable	Peu geler en Hiver
Rafrichit en été	Rafrichit en hiver
	Pas assez rentable pour ce dispositif

Projet groupe « A2 Pas de la réussite »

Lieu d'application :

Dans leur cas, ce système devrait être mis en place dans les gradins de stade.

Principe :

Le principe est de récupérer la chaleur d'un corps humain assis tout en améliorant le confort des usagers. Cette récupération d'énergie se fera par l'intermédiaire d'un module Seebeck. Donc le dispositif sera plus rentable si la différence de température entre l'environnement et le module Seebeck est importante.

Avantages/Inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Récupération d'énergie non utilisée	Pas assez rentable
Adaptable	Prix
Confort	

PHOTOS DE NOTRE REFERENCE - STADE GASTON ARBOUIN A TROYES



XX. Bibliographie

ISMAËL BERKOUN. ELEMENTS INDUSTRIELS. Le stade d'Amsterdam teste le stockage d'énergie à grande échelle. [En ligne]. Disponible sur : <https://elementsindustriels.fr/le-plus-grand-systeme-mondial-de-stockage-denergie-actuellement-teste-dans-le-stade-damsterdam/> (Consulté le 05/05/2023)

CEREMA OUEST. Stockage Thermique et réseaux de chaleur. [En ligne]. Disponible sur : https://reseaux-chaleur.cerema.fr/sites/reseaux-chaleurv2/files/fichiers/2022/01/Stockage_thermique.pdf (Consulté le 05/05/2023)

JACQUES HENNO. LES ECHOS. Une nouvelle technologie pour convertir la chaleur en électricité. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/pme-regions/innovateurs/une-nouvelle-technologie-pour-convertir-la-chaleur-en-electricite-1128142#:~:text=Dans%20un%20dispositif%20thermo%C3%AFonique%2C%20le,la%20convertit%20en%20%C3%A9nergie%20%C3%A9lectrique.> (Consulté le 05/05/2023)

FRANDROID. Un gadget conçu pour transformer la chaleur de votre corps en énergie pour votre smartphone. [En ligne]. Disponible sur : https://www.frandroid.com/produits-android/smartphone/859463_un-gadget-concu-pour-transformer-la-chaleur-de-votre-corps-en-energie-pour-votre-smartphone (Consulté le 05/05/2023)

CNRS. Un dispositif hybride pour convertir plus efficacement la chaleur en électricité. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/un-dispositif-hybride-pour-convertir-plus-efficacement-la-chaleur-en-electricite> (Consulté le 05/05/2023)

L'USINE NOUVELLE. Comment transformer son corps en batterie. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.usinenouvelle.com/article/comment-transformer-son-corps-en-batterie.N1916212> (Consulté le 05/05/2023)

BARRIQUAND. Récupération de l'énergie fatale : le choix de l'échangeur thermique. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.barriquand.com/recuperation-energie-fatale-choix-echangeur-thermique/> (Consulté le 05/05/2023)

SWISS INFO. Quand le corps humain devient une centrale électrique. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.swissinfo.ch/fre/economie/quand-le-corps-humain-devient-une-centrale-%C3%A9lectrique/46539074> (Consulté le 05/05/2023)

SPORTPLAY. Siège individuel sans dossier A2. [En ligne]. Disponible sur : <https://sportplay.fr/produit/siege-individuel-sans-dossier-a2/#&qid=1&pid=1> (Consulté le 05/05/2023)

WIKIPEDIA. Convertisseur thermoïonique. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_thermoïonique (Consulté le 05/05/2023)

GROSFILLEX. Siège de gradin scala. [En ligne]. Disponible sur : <https://www2.grosfillex.com/fr/stades/sieges/siege-de-gradin-scala> (Consulté le 05/05/2023)

GROSFILLEX. Siège de gradin solo. [En ligne]. Disponible sur : <https://www2.grosfillex.com/fr/stades/sieges/siege-de-gradin-solo> (Consulté le 05/05/2023)

WIKIPEDIA. Caloduc. [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Caloduc> (Consulté le 05/05/2023)

WIKIPEDIA. Échangeur de chaleur. [En ligne]. Disponible sur : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Échangeur de chaleur#:~:text=Échangeur%20à%20ailettes,-Échangeur%20eau%2Fair&text=Le%20fluide%20de%20refroidissement%20est,au%20contact%20de%20l%27air.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Échangeur_de_chaleur#:~:text=Échangeur%20à%20ailettes,-Échangeur%20eau%2Fair&text=Le%20fluide%20de%20refroidissement%20est,au%20contact%20de%20l%27air.) (Consulté le 05/05/2023)

FUTURA. Ce nouveau matériau bat le record de conversion de chaleur en électricité [En ligne]. Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/energie-ce-nouveau-matériau-bat-record-conversion-chaleur-electricite-78406/> (Consulté le 05/05/2023)

Onoriu PUSCASU. Dispositifs innovants pour la récupération de l'énergie thermique. Electronique. INSA Lyon. 2014. 194 pages [En ligne]. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01149913/document> (Consulté le 05/05/2023)

CETIAT. Les technologies de récupération [En ligne]. Disponible sur : <http://www.recuperation-chaleur.fr/les-technologies-de-recuperation> (Consulté le 05/05/2023)

INSTRUMENTYS. Comment fonctionne l'effet Seebeck. [En ligne]. Disponible sur : <https://instrumentys.com/2021/08/15/comment-fonctionne-leffet-seebeck-definition-et-formule/> (Consulté le 05/05/2023)

UWE ELECTRONICS. Modules Peltier. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.uweelectronic.de/fr/temperaturmanagement-2/peltierelemente.html#:~:text=Les%20meilleurs%20avantages%20de%20l'%C3%A9l%C3%A9ment%20Peltier%20sont:&text=long%C3%A9vit%C3%A9%20de%20l'effet%20\(%3E20%20ans\)](https://www.uweelectronic.de/fr/temperaturmanagement-2/peltierelemente.html#:~:text=Les%20meilleurs%20avantages%20de%20l'%C3%A9l%C3%A9ment%20Peltier%20sont:&text=long%C3%A9vit%C3%A9%20de%20l'effet%20(%3E20%20ans)) (Consulté le 05/05/2023)

BOOWIKI. Élément Peltier. [En ligne]. Disponible sur : <https://boowiki.info/art/semi-conducteur/element-peltier.html> (Consulté le 05/05/2023)

PITCH TECHNOLOGIES. Principe du module Peltier. [En ligne]. Disponible sur : <https://pitch-technologies.fr/produits/laird-principe-module-peltier-agent-en-france/> (Consulté le 05/05/2023)

PITCH TECHNOLOGIES. COMMENT CHOISIR UN MODULE PELTIER ? [En ligne]. Disponible sur : <https://pitch-technologies.fr/produits/comment-choisir-le-module-peltier-application-industrielle> (Consulté le 05/05/2023)

Moctar MBODJI. Coefficient Seebeck en présence de fluctuations d'onde de densité de charge. Département de physique. Faculté des sciences université de Sherbrooke. 2019. 94pages [En ligne]. Disponible sur : https://www.physique.usherbrooke.ca/pages/sites/default/files/Mbodji_Moctar_MSc_2019%5B1%5D.pdf (Consulté le 05/05/2023)

WIKIPEDIA. Générateur thermoélectrique. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9n%C3%A9rateur_thermo%C3%A9lectrique (Consulté le 05/05/2023)

INCROYABLES EXPERIENCES. Conversion directe de chaleur en électricité grâce à l'effet Seebeck ! [YOUTUBE] Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=x68j7y3IV2g> (Consulté le 05/05/2023)

DARZEROS. Thermoélectrique Energy Harvesting for Wearables. [YOUTUBE]. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=DsVvBZQkHaM> (Consulté le 05/05/2023)

MAXICOURS. Le bilan thermique du corps humain. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.maxicours.com/se/cours/le-bilan-thermique-du-corps-humain/> (Consulté le 05/05/2023)

ACADEMIE DE NICE. Calculer la puissance thermique au repos d'un être humain avec Equil'al. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/?p=1930> (Consulté le 05/05/2023)

HUGO TRAVERS. [@hugodecrypte. Sport] 6 octobre 2022. [Instagram]. Disponible sur : <https://www.instagram.com/reel/CjYW0Ngj1zQ/?igshid=MDJmNzVkMjY=> (Consulté le 05/05/2022)

LABORATOIRES HUMEAU. Norme Indice de protection. [En ligne]. Disponible sur : https://www.humeau.com/media/blfa_files/TC_Etancheite_FR_141117_0a99efbc33c98637d14e58e2097d4902.pdf (Consulté le 05/05/2023)

AFNOR. Équipements sportifs en accès libre - Exigences, y compris de sécurité, et méthodes d'essai NF EN 15312+A1. [En ligne]. Disponible sur : <https://norminfo.afnor.org/norme/nf-en-15312a1/equipements-sportifs-en-acces-libre-exigences-y-compris-de-securite-et-methodes-dessai/91127#:~:text=%EE%80%80NF%20EN%2015312%2BA1%EE%80%81.%20La%20pr%C3%A9sente%20Norme%20europ%C3%A9enne%20s%27applique,le%20handball%2C%20le%20hockey%2C%20le%20tennis%20de%20> (Consulté le 05/05/2023)

AFNOR. NF EN 12727. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-12727/ameublement-sieges-en-rangees-exigences-de-securite-de-resistance-et-de-dur/fa178955/58397> (Consulté le 05/05/2023)

LE MONITEUR. L'Euro 2016 à l'heure des normes. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lemoniteur.fr/article/l-euro-2016-a-l-heure-des-normes.1230354> (Consulté le 05/05/2023)

INPI. Combien coûte un brevet. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.inpi.fr/comprendre-la-propriete-intellectuelle/le-brevet/combien-coute-un-brevet> (Consulté le 05/05/2023)

NORMES ISO14001. Ressources sur la norme iso14001. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.iso14001.fr/> (Consulté le 05/05/2023)

UNION SPORT & CYCLE. Guide professionnel des tribunes fixes, démontables et télescopiques a structures métalliques. 2016. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.husson.eu/publicmedia/original/350/59/fr/GUIDE%20Union%20Sport%20et%20Cycle%202017.pdf> (Consulté le 05/05/2023)

SPORT UNLIMITECH. Innovons sur tous les terrains. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.sportunlimitech.com/> (Consulté le 05/05/2023)

P. GIURA, F. MOULIN. Etude d'un module thermique à effet Peltier-Seebeck. Ecole normale supérieure Paris-Saclay. [En ligne]. Disponible sur : https://enspsp.gitlab.io/pensps-static/formations/premiereannee/doctelechargeables/07module_Peltier.pdf (Consulté le 12/05/2023)

Auteur Inconnu. TPE Effet Seebeck. [En ligne]. Disponible sur : <https://tpeeffetseebeck.wordpress.com/la-formule-seebeck/> (Consulté le 12/05/2023)

INSA. Projet de recherche technologique : cogénération dans les luminaires à LED. [En ligne]. Disponible sur : <https://genie-electrique.insa-strasbourg.fr/projet-de-recherche-technologique-cogeneration-dans-les-luminaires-a-led/> (Consulté le 12/05/2023)

TECHNO SCIENCE. Thermoélectricité. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Thermoelectricite.html> (Consulté le 12/05/2023)

AMAZON. TEC1-12706 Module Peltier Refroidisseur Effet Thermoélectrique Plaque 12V 60W [En ligne]. Disponible sur : https://www.amazon.fr/gp/product/B007H2IXV2/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o00_s00?ie=UTF8&psc=1 (Consulté le 12/05/2023)

<https://peltiermodules.com/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf> (Datasheet)

ELECTRONOBS. Seebeck & Peltier Effect - How Thermocouples & Peltier Cells work ? [En ligne]. Disponible sur : https://www.amazon.fr/gp/product/B007H2IXV2/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o00_s00?ie=UTF8&psc=1https://www.youtube.com/watch?v=PccE4WcfnAw (Consulté le 12/05/2023)

WIKIPEDIA. Effet Seebeck. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Seebeck (Consulté le 12/05/2023).

BABURES-AMORES. Petit générateur thermique [En ligne]. Disponible sur : <http://www.xn--bbures-amores-ieb.com/?p=743> (Consulté le 15/05/2023).

Résumé :

A l'aube d'une augmentation exponentielle du coût de l'énergie et d'un besoin de produire plus vert, l'équipe A2PasDeLaRéussite vous a conçu un produit révolutionnaire dans le monde du divertissement sportif.

En effet, les lieux accueillant du public sont très énergivores, et nous savons que le public lui-même a la capacité de produire de l'énergie.

Abstract:

At the dawn of an exponential increase in energy costs and a need to produce greener, the A2PasDeLaRéussite team has designed a revolutionary product in the world of sport entertainment.

Indeed, the places where the public is welcomed are very energy-intensive, and we know that the public itself has the ability to produce energy.