

## Les Constructions Durables

Notre intérêt pour la question environnementale nous a amené à nous intéresser au secteur de la construction et à ses impacts.

La construction de nouveaux bâtiments se développe surtout en ville. En effet d'ici 2050, deux tiers de la population mondiale habitera en ville, d'après une étude de l'ONU.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- BAILLY Elio

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Étude environnementale</i>	<i>Environmental study</i>
<i>Bois</i>	<i>Wood</i>
<i>Béton de terre</i>	<i>Soil concrete</i>
<i>Contraintes</i>	<i>Constraints</i>
<i>Plancher</i>	<i>Floor</i>

### Bibliographie commentée

Depuis 1950, la population est passée de 2.6 milliards de personnes à 8 milliards de personnes **[1]**, soit une augmentation de 207%. Ce qui a eu pour effet, le besoin de construire dans nos villes plus de bâtiments. Le secteur du bâtiment est à l'origine de 23% des émissions de gaz à effets de serre **[2]** français, donc l'enjeu est primordial afin de respecter le plan Climat qui consiste à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 **[3]**.

Il est nécessaire de rechercher des matériaux permettant de réduire les émissions en assurant les mêmes caractéristiques pour nos bâtiments. Pour cela, nous nous sommes orientés vers des matériaux plus durables et innovants.

Notre étude porte donc sur la construction, plus précisément sur le plancher qui est une paroi horizontale qui doit supporter son propre poids ainsi qu'une charge d'exploitation. Historiquement, le plancher est une structure en bois, cependant après la révolution industrielle de nouveaux matériaux font leur apparition, à l'instar de l'acier et du béton armé pour réaliser de plus gros ouvrages. Le plancher est un des éléments les plus importants dans une construction et il doit être résistant, étanche et isolant (la norme française NF P 06-001 impose pour une salle de classe 250

daN/m<sup>2</sup>) [4]. Notre étude étant plus centrée sur la résistance d'un plancher, nous allons comparer deux matériaux plus respectueux de l'environnement.

Le premier matériau que nous avons choisi est le bois. C'est un matériau qui était beaucoup utilisé dans le passé mais qui a été remplacé par des matériaux aux caractéristiques plus intéressantes et faciles d'utilisation. Récemment, il connaît un nouvel essor pour ses caractéristiques mécaniques et ses avantages environnementaux.

De même, nous avons choisi le béton de terre, (ou d'argile), qui est une alternative durable au béton classique qui a un fort impact environnemental avec 7% des émissions mondiales. Contrairement au béton classique, le béton de terre est composé de matériaux naturels pour la plupart (terre du site (20%), sable/gravier (64 %), ciment (7%)) [5], ces proportions peuvent varier en fonction des utilisations.

Lors de notre étude sur les différents matériaux, nous allons évaluer la résistance à la compression et à la flexion sur ces derniers et l'impact environnemental de la construction de tels ouvrages.

## **Problématique retenue**

Afin de réduire l'impact environnemental du bâtiment, quels matériaux choisir pour construire les planchers ?

## **Objectifs du TIPE**

- Simulation CAO de flexion et de compression du bois
- Étude expérimentale de flexion et de compression du bois
- Étude calculatoire de la flexion et de compression du bois
- Étude de l'impact environnemental d'une structure en bois

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] NATIONS UNIES : QUESTIONS THÉMATIQUES Population : <https://www.un.org/fr/global-issues/population>

[2] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : Construction et performance environnementale du bâtiment : <https://www.ecologie.gouv.fr/construction-et-performance-environnementale-du-batiment>

[3] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) : <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

[4] GOUVERNEMENT : NORME FRANÇAISE NF P 06-001 : <https://www.studocu.com/row/document/universite-de-tunis/anglais-daffaire/charge-dexploitation-genie/22733348>

[5] L.P : La construction en terre coulée : <https://flores-amo.fr/terre-coulee-construction-lyon-paris/>

## **DOT**

- [1] *Début Octobre : Rencontre avec Sébastien Appert, directeur de la maison de l'architecture et de l'environnement de Dijon.*
- [2] *Début Novembre : mise en place des objectif du projet*
- [3] *30 Janvier : Réalisation de l'éprouvette pour le test en flexion*
- [4] *20 Février : Réalisation des éprouvettes pour les tests en compression à Dijon Béton*
- [5] *27 Février : Essai en flexion à l'ESTP*
- [6] *Mars : Essai en compression chez Dijon Béton puis au lycée (BED 100)*
- [7] *Mai : Préparation diapo*

## Les Constructions Durables

Notre intérêt pour la question environnementale nous a amené à nous intéresser au secteur de la construction et à ses impacts.

La construction de nouveaux bâtiments se développe surtout en ville. En effet d'ici 2050, deux tiers de la population mondiale habitera en ville, d'après une étude de l'ONU.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *ACHET Tanguy*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Étude environnementale</i>	<i>Environmental study</i>
<i>Bois</i>	<i>Wood</i>
<i>Béton de terre</i>	<i>Soil concrete</i>
<i>Contraintes</i>	<i>Constraints</i>
<i>Plancher</i>	<i>Floor</i>

### Bibliographie commentée

Depuis 1950, la population est passée de 2.6 milliards de personnes à 8 milliards de personnes [1], soit une augmentation de 207%. Ce qui a eu pour effet, le besoin de construire dans nos villes plus de bâtiments. Le secteur du bâtiment est à l'origine de 23% des émissions de gaz à effets de serre [2] français, donc l'enjeu est primordial afin de respecter le plan Climat qui consiste à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 [3].

Il est nécessaire de rechercher des matériaux permettant de réduire les émissions en assurant les mêmes caractéristiques pour nos bâtiments. Pour cela, nous nous sommes orientés vers des matériaux plus durables et innovants.

Notre étude porte donc sur la construction, plus précisément sur le plancher qui est une paroi horizontale qui doit supporter son propre poids ainsi qu'une charge d'exploitation. Historiquement, le plancher est une structure en bois, cependant après la révolution industrielle de nouveaux matériaux font leur apparition, à l'instar de l'acier et du béton armé pour réaliser de plus gros ouvrages. Le plancher est un des éléments les plus importants dans une construction et il doit être résistant, étanche et isolant (la norme française NF P 06-001 impose pour une salle de classe 250

daN/m<sup>2</sup>) [4]. Notre étude étant plus centrée sur la résistance d'un plancher, nous allons comparer deux matériaux plus respectueux de l'environnement.

Le premier matériau que nous avons choisi est le bois. C'est un matériau qui était beaucoup utilisé dans le passé mais qui a été remplacé par des matériaux aux caractéristiques plus intéressantes et faciles d'utilisation. Récemment, il connaît un nouvel essor pour ses caractéristiques mécaniques et ses avantages environnementaux.

De même, nous avons choisi le béton de terre, (ou d'argile), qui est une alternative durable au béton classique qui a un fort impact environnemental avec 7% des émissions mondiales. Contrairement au béton classique, le béton de terre est composé de matériaux naturels pour la plupart (terre du site (20%), sable/gravier (64 %), ciment (7%)) [5], ces proportions peuvent varier en fonction des utilisations.

Lors de notre étude sur les différents matériaux, nous allons évaluer la résistance à la compression et à la flexion sur ces derniers et l'impact environnemental de la construction de tels ouvrages.

## **Problématique retenue**

Afin de réduire l'impact environnemental du bâtiment, quels matériaux choisir pour construire les planchers ?

## **Objectifs du TIPE**

- Simulation CAO de flexion et de compression du béton de terre
- Étude expérimentale de la flexion et de compression du béton de terre
- Étude calculatoire de la flexion et de compression du béton de terre
- Étude de l'impact environnemental d'une structure en béton de terre

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] NATIONS UNIES : Questions thématiques, Population : <https://www.un.org/fr/global-issues/population>

[2] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : Construction et performance environnementale du bâtiment : <https://www.ecologie.gouv.fr/construction-et-performance-environnementale-du-batiment>

[3] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : Stratégie nationale bas-carbone : <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

[4] GOUVERNEMENT : Norme française NF P 06-001 : <https://www.studocu.com/row/document/universite-de-tunis/anglais-daffaire/charge-dexploitation-genie/22733348>

[5] L.P. : La construction en terre coulée : c'est possible : <https://flores-amo.fr/terre-coulee-construction-lyon-paris/>

## **DOT**

- [1] *Octobre 2022 : Rencontre avec Sébastien Appert, directeur de la maison de l'architecture et de l'environnement de Dijon*
- [2] *Novembre-Décembre 2022 : Mise en place des objectifs et du MCOT*
- [3] *Janvier-Février 2023 : Création des éprouvettes et test en flexion à l'ESTP*
- [4] *Mars 2023 : Essais de compression à Dijon Béton puis au lycée*
- [5] *Avril-Mai 2023 : Étude et exploitation des résultats (Inventor)*
- [6] *Fin Mai 2023 : Préparation de la présentation*

## L'effet du vent sur les bâtiments de grande hauteur

Les bâtiments permettent d'optimiser l'espace disponible en ville en superposant les étages. Les hauteurs des bâtiments augmentent, on a donc intérêt de quantifier les effets des éléments naturels sur la structure.

Les bâtiments prolifèrent en ville, l'étude de leurs limites est donc directement reliée au thème de l'année.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *FUTELIN Nicolas*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

**Mots-Clés** (en français)      **Mots-Clés** (en anglais)

*Vent*

*Wind*

*Bâtiment*

*Building*

*Point de rupture*

*Breaking point*

*Béton*

*Concrete*

*Flexion*

*Bending*

### Bibliographie commentée

La construction de bâtiments de grandes hauteurs est un indicateur que les pays riches utilisent pour montrer leur richesse. Mais plus qu'un indicateur au niveau national, il est utilisé au niveau des villes où les plus grandes villes vont rassembler leurs plus grandes constructions, telle Dubaï où se situe actuellement la plus grande tour du monde. La construction des tours s'accélèrent et dépassent souvent 300m.

En 2014, se lançait la construction du Shibuya Scramble Square à Tokyo, un bâtiment composé de 3 parties, Est, Centrale, Ouest, respectivement de 229,71 , 61 et 76 mètres. Construit en 5 ans.

En 2015, à Johannesburg commença la construction du The Leonardo, un bâtiment décomposé en bureaux et hôtels de luxe de 55 étages culminant à 234 mètres de haut. Construit en seulement 4 années.

Mais il y a aussi des bâtiments aux allures plus complexes qui ont vu le jour, comme le Leeza Soho

en Chine qui s'est vu construire en 2 ans de 2017 à 2019 avec un toit situé à 204 mètres de haut. [1]

Cependant, les constructeurs doivent prendre en compte les effets de la nature sur les bâtiments. Le nombre de catastrophes liées aux conditions météorologiques ont triplé depuis 30 ans. Le but est donc d'optimiser les matériaux de construction. Par exemple, des matériaux peu légers améliorent la résistance par rapport aux séismes mais la diminuent par rapport à la pluie et au vent. De plus, certains bâtiments sont courbés, ce qui a pour effet de limiter les effets liés au vent. [4]

Toute cette effervescence autour des bâtiments montre la force développée par ces villes et l'arrivée de profil atypique soulève une étude plus poussée sur la résistance des matériaux et la taille de plus en plus importante nous fait nous questionner sur des effets de la nature tel que le vent sur l'étude préalable à la construction de ces édifices. [1]

## **Problématique retenue**

Comment représenter l'effet du vent sur les bâtiments ?

## **Objectifs du TIPE**

1. Trouver la fréquence de résonance d'un immeuble.
2. Modéliser numériquement l'expression de la force du vent.
3. Calculer la déformation des bâtiments sous l'effet du vent. (Modèle unidimensionnel)

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] J.B : Construire toujours plus grand, toujours plus haut :

<https://www.batiweb.com/actualites/architecture/construire-toujours-plus-grand-toujours-plus-haut-35969>

[2] JULIEN AZIRIAN : Effet du vent sur les bâtiments de grandes hauteurs :

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01735361/document>

[3] ASSOCIATION INFOCLIMAT : Climatologie du mois d'octobre 2010 à Dijon-Longvic :

<https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/07280/octobre/2010/dijon-longvic.html>

[4] STÉPHANIE OSSENBACH : Catastrophes naturelles : comment l'architecture peut réduire les risques : <https://blog.dormakaba.com/fr/catastrophes-naturelles-comment-larchitecture-peut-reduire-les-risques/>

## **DOT**

[1] *octobre 2022: Début des recherches sur le TIPE*

[2] *novembre 2022: Rencontre avec Mohamad Achour*

[3] *janvier: fin de la modélisation des évolutions des échelles de Beaufort*

- [4] février: fin de la modélisation des forces du vent
- [5] mars: fin de la modélisation du point de rupture
- [6] mai: fin du projet

## Le freinage à vélo

Passionné de vélo, il m'a paru évident d'étudier l'élément de sécurité principal d'un vélo. Cela me permet également de mettre en pratique les connaissances acquises en cours.

L'étude du freinage en vélo est primordiale pour assurer la sécurité des cyclistes et également des autres utilisateurs de la voie publique.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Mécanique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>pneu</i>	<i>tyre</i>
<i>vélo</i>	<i>bike</i>
<i>frein</i>	<i>brake</i>

### Bibliographie commentée

Depuis l'invention du célérifère, ancêtre et ébauche de la draisienne, par le comte Mede de Sivrac les différents moyens d'arrêter les « cycles ont beaucoup évolué. Avec les premières draisiennes on se déplaçait et freinait avec la force des jambes. La première grande révolution du freinage fut l'invention en 1868 d'un frein à friction actionné par une corde qui frotte directement sur la roue avant. Les premières roues étaient en bois avec en guise de pneu un cerclage en métal. En 1869 un Français invente la première roue en métal avec un moyeu monté sur des billes pour favoriser le roulement (2). A la fin du 19 ème siècle John Boyd Dunlop invente le premier « pneu » en ajoutant une bande de caoutchouc remplie d'air autour de ses roues en bois pour réduire le bruit et augmenter le confort. En 1891 cette invention est revue par le français Edouard Michelin qui invente le premier pneu démontable. L'étude du freinage en vélo permet de déterminer les conditions optimales et limites d'utilisation des freins. Appuyer trop fort sur les leviers de frein entraînera un blocage des freins et allongera la distance de freinage. Ne pas appuyer assez fort allongera également la distance de freinage. La distance de freinage est une donnée essentielle qu'il faut minimiser au maximum pour assurer la sécurité de tous les usagers de la voie publique. La distance de freinage dépend de plusieurs facteurs. La vitesse de l'objet, le poids de l'objet, l'inclinaison du sol, le coefficient d'adhérence, le coefficient aérodynamique sont les principaux facteurs qui entrent en jeu (1). Le premier facteur intervenant dans la distance de freinage est le coefficient

d'adhérence car le pneu est le seul contact direct avec le sol. Pour un vélo on donne un coefficient d'adhérence compris entre 0.4 et 0.8 selon les sols secs ou humides. Un autre paramètre très important intervenant dans la distance de freinage est le type de système de freinage. Le freinage à disque est une des dernières innovations en termes de freinage et est très populaire à la fois en compétition mais également sur les vélos de ville. Le système de freinage à disque consiste à faire frotter des plaquettes sur un disque directement fixé sur la roue du vélo. Ces plaquettes sont déplacées par des pistons eux-mêmes actionnés par un système hydraulique, mécanique ou encore électrique. La friction de ces plaquettes sur le disque aura pour effet de créer un couple de freinage opposé au mouvement du vélo et ainsi de ralentir de vélo(3).

## **Problématique retenue**

Comment assurer un freinage efficace en vélo ?

## **Objectifs du TIPE**

- 1/ Étudier les paramètres qui entrent en jeu lors des phases de freinage.
- 2/Simuler un freinage sur python en fonction de plusieurs paramètres (vitesse, coef d'adhérence/aérodynamique, masse...) et tracer leurs évolutions.
- 3/Essayer de tracer ces mêmes courbes sur le banc d'essai.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

- [1] M FINE JACQUES : Étude dynamique du freinage en vélo : *Velomath.fr*
- [2] M. ABDELAZIZ MANAR : Étude dynamique d'un vélo :  
[https://aqtr.com/system/files/file\\_manager/le\\_velo\\_en\\_mouvement.pdf](https://aqtr.com/system/files/file_manager/le_velo_en_mouvement.pdf)
- [3] ROBERT L KIBLER DANIEL C BRANT : Brevet sur le frein à disque :  
<https://patents.google.com/patent/US3878921>
- [4] M FINE JACQUES : Calcule des coefficients aérodynamique et de frottements : *Velomath.fr*

## **DOT**

- [1] *Septembre 2022 : Recherche sujet de tipe (infrastructure de prévention des inondations)*
- [2] *Octobre 2022 : Changement de sujet (Optimisation du freinage à vélo) et documentation*
- [3] *Novembre/décembre 2022 : MCOT*
- [4] *Janvier/février 2023 : ébauche de programme python et expérimentation sur banc d'essai*
- [5] *Mars 2023 : étude des pertes thermique aux freinage (non concluante) et écriture du début de la présentation*
- [6] *Avril/mai 2023 : mesures réelles des distance de freinages et écriture de la présentation*
- [7] *juin 2023 : correction/vérification présentation*

## Conception d'un cadre de vélo à base de cheveux

Au regard du contexte environnemental, les modes de déplacements urbains évoluent et l'utilisation du vélo en ville s'intensifie entraînant ainsi une demande croissante en métaux. L'ingénieur doit donc trouver de nouveaux matériaux, plus respectueux de l'environnement et pouvant pallier à l'épuisement des ressources.

Il m'a semblé intéressant de chercher un matériau innovant issu de matières recyclées pour répondre aux nouveaux modes de déplacements urbains notamment le vélo. Cependant, l'utilisation du vélo en ville apporte son lot de contraintes spécifiques (franchissement de trottoirs, freinages courts, ...).

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *GAINOT Jules*
- *GAUTHIER Matthieu*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>vélo</i>	<i>Bike</i>
<i>impact environnemental</i>	<i>Environmental impact</i>
<i>Matériaux composites</i>	<i>Composite materials</i>
<i>Cheveux</i>	<i>Hairs</i>
<i>Dimensionnement</i>	<i>Design</i>

### Bibliographie commentée

Le vélo a été créé par Karl von Drais en 1807. Globalement, sa structure n'a pas changé et s'est popularisée dans les années 1900. A l'époque il représente un moyen de déplacement abordable et plus pratique que ceux déjà existants.

Depuis 1976 il y a de plus en plus de vélos en libre-service dans les villes. Désormais il fait partie de notre quotidien.

Si la fabrication était réalisée en acier au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, aujourd'hui ils sont aussi à base d'aluminium, de carbone et de titane. Ce changement permet d'améliorer les performances en matière de légèreté, de résistance mécanique et de résistance à la corrosion.

Dans la continuité de cette évolution et des problématiques écologiques actuelles, nous allons chercher à établir un cadre de vélo entièrement constitué d'un matériau composite à

base de cheveux. En 2007, SOUTH BANK UNIVERSITY ENTREPRISES a déposé un brevet à propos d'un matériau composite à base de cheveux [1].

Actuellement les cheveux sont utilisés pour absorber le pétrole lors des marées noires grâce à leur capillarité élevée et leurs caractéristiques d'absorption intéressantes [2]. Mais la majeure partie de ceux-ci n'est pas récupérée et est jetée, donc facilement récupérable. Les matériaux composites sont constitués de deux éléments. La base du matériau souvent composée de fibre, comme la fibre de carbone ou la fibre de verre, fibre de céramique, et sa matrice (le liant) telle que la résine époxy ou la résine polyester. C'est l'association de ces deux matières qui permet la rigidité et les performances de l'ensemble. Dans notre cas la base sera constituée de cheveux et le liant la résine époxy. Cette résine ne sera pas l'objet de notre étude [3].

Le cadre est la pièce maîtresse d'un vélo, et représente à lui seul une partie importante de la masse d'un vélo. De plus sa rigidité influe sur son comportement. En effet un cadre trop rigide diminuera le confort mais améliorera ses performances.

Lors de ce projet nous avons pour but de fabriquer un cadre à base de cheveux. Ce matériau permettra de limiter la demande en métaux qui ne cesse d'augmenter.

Toutefois notre objectif n'est pas de remplacer les vélos déjà existants. Nous voulons continuer le développement et leurs utilisations en ville face aux véhicules thermiques ou

électriques. La consommation d'énergies fossiles et de métaux rares comme le cobalt, le cuivre, lithium... va connaître des limites. L'extraction de ces ressources est de plus en plus complexe et polluante [4].

Au-delà de ses avantages écologiques, ce matériau devra avoir des caractéristiques mécaniques proches des matériaux déjà utilisés. Notre étude porte sur le comportement mécanique d'un cadre de vélo qui doit être aussi efficace que les cadres circulant actuellement en ville, il va donc être soumis à des essais et des simulations numériques afin de caractériser au mieux sa résistance [5].

## **Problématique retenue**

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau composite à base de cheveux, permettent-elles la fabrication d'un cadre de vélo ?

## **Objectifs du TIPE**

- Etude des différentes caractéristiques du matériau
- Utiliser les machines de traction et de flexion (à l'ESTP).
- Etudier les différentes formes envisageables.
- Etudier les différentes contraintes exercées sur un cadre.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] THOMPSON, RONALD, MALCOLM : COMPOSITE À BASE DE CHEVEUX :  
<https://patentscope.wipo.int/search/fr/detail.jsf?docId=WO2007144653>

- [2] GOUVERNEMENT DU QUÉBEC : Des cheveux pour lutter contre les déversements de pétrole? : <https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/ddr-des-cheveux-pour-lutter-contre-les-deversements-de-petrole/#:~:text=En%202018%2C%20une%20%C3%A9tude%20publi%C3%A9e,ou%20de%20la%20cel%20recycl%C3%A9>
- [3] MICHEL CHATAIN : Matériaux composites : présentation générale : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/materiaux-composites-presentation-et-renforts-42142210/materiaux-composites-presentation-generale-am5000/principaux-constituants-am5000niv10001.html>
- [4] AURORE STEPHANT : Ruée minière au XXI<sup>e</sup> siècle : jusqu'où les limites seront-elles repoussées ? : [https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab\\_channel=USIEvents](https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab_channel=USIEvents)
- [5] PIERRE-MAXIME BRANCHE : Rigidité d'un cadre de vélo route : <https://www.3bikes.fr/2019/09/30/rigidite-dun-cadre-de-velo-route-de-quoi-parle-t-on/>

## DOT

- [1] *Début septembre - Nous cherchions à réutiliser un matériau jeté, nous avons alors eu l'idée d'utiliser des cheveux.*
- [2] *Fin septembre - Création de l'éprouvette à base de cheveux et de résine époxy.*
- [3] *Octobre - Essais de traction et de flexion sur l'éprouvette*
- [4] *Début décembre - Recherche de fournisseurs de cheveux ( notamment Capillum )*
- [5] *Janvier - Création du moule en deux coquilles*
- [6] *Février - Fabrication du cadre en cheveux et résine époxy*
- [7] *Fin mars - Essais de flexion sur les cadres en aluminium et en cheveux*
- [8] *Simulations de ces essais et des différentes formes de cadre possibles*

## Éclairage des centres villes grâce au capteur infrarouge

Les capteurs infrarouge sont très répandus dans l'éclairage domestique. Pourtant il y a encore peu d'utilisation publique. J'ai donc trouvé intéressant avec les problèmes de manque d'énergie qui sont entrain de prendre de l'importance d'étudier se sujet.

Les capteurs infrarouges permettent une détection rapide et fiable de la présence humaine. Ils se révèlent être d'excellents capteurs de présence dans un milieu extérieur et peuvent être utilisés pour allumer des éclairages public. Ainsi, l'étude des capteurs infrarouge et la ville est en cohérence avec le thème.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
Capteur infrarouge	<i>infrared sensor</i>
<i>r a y o n n e m e n t e l e c t r o m a g n e t i q u e</i>	<i>electromagnetic radiation</i>
<i>électromagnétique</i>	
<i>thermocouples</i>	<i>thermocouples</i>
<i>bolomètre</i>	<i>bolometer</i>
<i>imagerie infrarouge</i>	<i>infrared imaging</i>

### Bibliographie commentée

De nos jours la question écologique prend de plus en plus d'ampleur surtout avec les différentes « Coférence Of Parties » ( COP ). Depuis les accord de Paris de 2015 faire baissé la consommation d'énergie est devenu important, pour limiter les émissions de CO2, l'éclairage de nos villes prend une nouvelle dimension. Pour une consommation mondiale de 2 700 Twh par an soit + 10 % de la consommation mondial total d'électricité émettant ainsi 1 150 millions de tonnes de CO2 juste pour l'éclairage public et des bâtiments est devenu un réel enjeu. [7] [8] [9]

En France la consommation est de 49 Twh par en an pour l'éclairage soit +10 % de la consommation d'électricité nationale, peu de solutions on été mises en place, l'utilisation d'éclairage LED a été une des plus grosses mesures. Cependant de plus en plus de petits et moyens villages français préfèrent éteindre complètement leurs rues, mais cela entraîne des problèmes de sécurité pour les piétons la nuit. La recherche de solution technique est donc envisagée a l'heure actuelle l'utilisation de capteur infrarouge et la solution la plus envisageable. [1] [2]

C'est en 1800 que l'astronome William Herschel, prouve l'existence du rayonnement infrarouge. Grâce au passage d'un spectre lumineux a travers un thermomètre par un prisme de verre, il découvre une chaleur marquée au delà la de la limite de lumière visible. On ne donne le nom de rayonnement infrarouge, un rayonnement électromagnétique. Cependant ses longueurs d'onde sont trop élevées pour être visibles par l'homme, compris entre 700 nm et 1 mm elle se trouve donc entre la lumière visible et celles du domaine submillimétrique ( micro-onde). Lorsque les rayons

frappent la peau humaine les atomes et molécules se mettent en mouvement. Il y a libération d'énergie, ressentie par l'homme comme de la chaleur. Ainsi tous corps chaud qui est supérieur à 0 K émet un rayonnement ( cela prend en compte : humain, animaux, ampoules et incandescence soit tous système émettant de l'énergie thermique ). [4][9][3]

Ce principe est donc réutilisé pour détecter cette énergie et ainsi envoyer pour mettre en marche un système, mais les seuls moyens de détecter pendant longtemps fut le thermomètre. Un palier majeur fut franchi lorsque Melloni brancha plusieurs thermocouples en série pour former la première pile thermoélectrique. Ce nouvel appareil était au moins 40 fois plus sensible que les meilleurs thermomètres de l'époque destinés à la détection du rayonnement calorifique et était en mesure de détecter la chaleur émise par une personne dans un rayon de trois mètres. Un autre palier décisif pour le détecteur fut franchi par Samuel.P Langley en 1880, avec l'invention du bolomètre. Celui-ci est formé par un mince ruban de platine noirci, branché au connecteur d'un pont de Wheatstone sur lequel le rayonnement infrarouge est concentré et un galvanomètre sensible branché sur l'autre connecteur. Cet instrument était sensé détecter le rayonnement émis par une vache dans un rayon de 400 mètres. Les autres améliorations fut surtout apportées par l'arrivé de la 2nd guerre mondiale ou l'infrarouge fut utilisé dans différents domaines de prises d'information. Ces avancées se catégorisera en deux familles. Le convertisseur d'images et le détecteur photoélectrique. Le convertisseur d'image permis pour la 1 ère fois, de voir dans le noir. Puis en 1950 beaucoup de ces recherches firent leur entrée dans la science du civil qui amène a nos détecteurs actuels. [4] [5]

## **Problématique retenue**

Comment utiliser un capteur infrarouge dans l'éclairage public ?

## **Objectifs du TIPE**

Objectifs du TIPE du candidat :

- Principe physique d'un capteur infrarouge
- Caractérisation du comportement infrarouge ( Arduino )
- Mise en œuvre d'un capteur infrarouge ( maquette )

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] RACHIDA BOUGHRIET : Eclairage public : quelles solutions pour réduire la facture énergétique et la pollution lumineuse ? :

[https://www.actuenvironnement.com/ae/news/etde\\_solutions\\_eclairage\\_public\\_poullution\\_lumineuse\\_energie\\_8182.php4](https://www.actuenvironnement.com/ae/news/etde_solutions_eclairage_public_poullution_lumineuse_energie_8182.php4)

[2] ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE : L'éclairage en chiffres : <http://www.afe-eclairage.fr/afe/l-eclairage-en-chiffres-26.html>

[3] VERISURE : Capteur infrarouge : à quoi sert un détecteur infrarouge ? :

<https://www.verisure.fr/guide-securite/systeme-d-alarme/composants-alarme/detecteur-de-mouvement/fonctionnement-capteur-infrarouge>

[4] BATITHERM SA : Histoire et historique de la thermographie infrarouge :

<https://www.batitherm.ch/thermographie-histoire.html>

[5] ARMAND HADNI : Histoire de l'infrarouge :

[https://www.lemonde.fr/archives/article/1964/09/17/histoire-de-l-infrarouge\\_2127574\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1964/09/17/histoire-de-l-infrarouge_2127574_1819218.html)

[6] GOUVERNEMENT : Décryptage des COP : les conférences internationales de lutte contre le dérèglement climatique : <https://www.ecologie.gouv.fr/decryptage-des-cop-conferences-internationales-lutte-contre-dereglement-climatique>

[7] DOMOFINANCE : COP24 : Quels engagements au terme de la conférence ? :

<https://www.domofinance.com/actualites/ecologie/cop24-quels-engagements-au-terme-de-la-conference>

[8] COMPTE CO2 : Les COP : une brève histoire de la COP1 à la COP27 :

<https://www.compteco2.com/article/historique-cop-conference-des-parties>

[9] THONAIN : DETECTEUR DE PRESENCE IR - COMMENT CA MARCHE :

<https://www.youtube.com/watch?v=CzqSuqX7fRQ>

## **DOT**

[1] *Décembre 2022 : Mise en place problématique et recherche de la direction vers laquelle aller*

[2] *Janvier 2023 : Mise en place problème énergétique, plan de la zone capter*

[3] *février 2023 : Etude du principe d'un capteur infrarouge et protocole des essais à faire*

[4] *mars 2023 : Analyse structurelle du block capteur et du circuit intégrer*

[5] *avril 2023 : Création du bilan et approfondissement du circuit intégrer*

[6] *mai 2023 : Création et finalisation de la présentation oral*

## L'effet du vent sur les bâtiments de grande hauteur.

Les bâtiments permettent d'optimiser l'espace disponible en ville en superposant les étages. Les hauteurs des bâtiments augmentent, on a donc intérêt de quantifier les effets des éléments naturels sur la structure.

Les bâtiments prolifèrent en ville, l'étude de leurs limites est donc directement reliée au thème de l'année.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *BARBERET Antoine*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

**Mots-Clés** (en français)      **Mots-Clés** (en anglais)

*Vent*

*Wind*

*Bâtiment*

*Building*

*Point de rupture*

*Breaking point*

*Béton*

*Concrete*

*Flexion (résistance) des matériaux)*

*Bending*

### Bibliographie commentée

La construction de bâtiments de grandes hauteurs est un indicateur que les pays riches utilisent pour montrer leur richesse. Mais plus qu'un indicateur au niveau national, il est utilisé au niveau des villes où les plus grandes villes vont rassembler leurs plus grandes constructions, telle Dubaï où se situe actuellement la plus grande tour du monde. La construction des tours s'accélèrent et dépassent souvent 300m.

En 2014, se lançait la construction du Shibuya Scramble Square à Tokyo, un bâtiment composé de 3 parties, Est, Centrale, Ouest, respectivement de 229,71 , 61 et 76 mètres. Construit en 5 ans.

En 2015, à Johannesburg commença la construction du The Leonardo, un bâtiment décomposé en bureaux et hôtels de luxe de 55 étages culminant à 234 mètres de haut. Construit en seulement 4 années.

Mais il y a aussi des bâtiments aux allures plus complexes qui ont vu le jour, comme le Leeza Soho en Chine qui s'est vu construire en 2 ans de 2017 à 2019 avec un toit situé à 204 mètres de haut. [1]

Cependant, les constructeurs doivent prendre en compte les effets de la nature sur les bâtiments. Le nombre de catastrophes liées aux conditions météorologiques ont triplé depuis 30 ans. Le but est donc d'optimiser les matériaux de construction. Par exemple, des matériaux peu légers améliorent la résistance par rapport aux séismes mais la diminuent par rapport à la pluie et au vent. De plus, certains bâtiments sont courbés, ce qui a pour effet de limiter les effets liés au vent. [4]

Toute cette effervescence autour des bâtiments montre la force développée par ces villes et l'arrivée de profil atypique soulève une étude plus poussée sur la résistance des matériaux et la taille de plus en plus importante nous fait nous questionner sur des effets de la nature tel que le vent sur l'étude préalable à la construction de ces édifices. [1]

## **Problématique retenue**

L'objectif de ce travail est de décrire l'effet du vent sur les bâtiments.

Comment représenter l'effet du vent sur les bâtiments ?

## **Objectifs du TIPE**

- 1) Comparer les échelles de beaufort sur les dernières années
- 2) Etude du comportement du béton vis-à-vis de la chaleur et du vent
- 3) Déterminer le point de rupture d'une tour

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] J.B : Construire toujours plus grand, toujours plus haut :

<https://www.batiweb.com/actualites/architecture/construire-toujours-plus-grand-toujours-plus-haut-35969>

[2] JULIEN AZIRIAN : Effet du vent sur les bâtiments de grandes hauteurs :

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01735361/document>

[3] ASSOCIATION INFO CLIMAT : climatologie mensuelle : <https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/07280/octobre/2010/dijon-longvic.html>

[4] STEPHANIE OSSENBACH : Catastrophes naturelles : comment l'architecture peut réduire les risques : <https://blog.dormakaba.com/fr/catastrophes-naturelles-comment-larchitecture-peut-reduire-les-risques/>

## **DOT**

[1] octobre 2022, début des recherches sur le thème du TIPE

[2] fin novembre 2022, rencontre avec Mohamad Achour

[3] janvier, fin de la modélisation des évolutions des échelles de beaufort

[4] février, fin de la modélisation des forces du vent

[5] mars, fin de la modélisation du point de rupture

[6] fin mai, fin de projet

## Conception d'un cadre de vélo à base de cheveux

Au regard du contexte environnemental, les modes de déplacements urbains évoluent et l'utilisation du vélo en ville s'intensifie entraînant ainsi une demande croissante en métaux. L'ingénieur doit donc trouver de nouveaux matériaux, plus respectueux de l'environnement et pouvant pallier à l'épuisement des ressources.

Il m'a semblé intéressant de chercher un matériau innovant issu de matières recyclées pour répondre aux nouveaux modes de déplacements urbains notamment le vélo. Cependant, l'utilisation du vélo en ville apporte son lot de contraintes spécifiques (franchissement de trottoirs, freinages courts, ...).

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *BIGÉ Kélian*
- *GAUTHIER Matthieu*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Vélo</i>	<i>Bike</i>
<i>Impact environnemental</i>	<i>Environmental impact</i>
<i>Matériaux composites</i>	<i>Composites materials</i>
<i>Cheveux</i>	<i>Hairs</i>
<i>Dimensionnement</i>	<i>Design</i>

### Bibliographie commentée

Le vélo a été créé par Karl von Drais en 1807. Globalement, sa structure n'a pas changé et s'est popularisé dans les années 1900. A l'époque il représente un moyen de déplacement abordable et plus pratique que ceux déjà existant.

Depuis 1976 il y a de plus en plus de vélos en libre-service dans les villes. Désormais il fait partie de notre quotidien.

Si la fabrication était réalisée en acier au cours du 20ème siècle, aujourd'hui ils sont aussi à base d'aluminium, de carbone et de titane. Ce changement permet d'améliorer les performances en matière de légèreté, de résistance mécanique et de résistance à la corrosion.

Dans la continuité de cette évolution et des problématiques écologiques actuelles, nous allons chercher à établir un cadre de vélo entièrement constitué d'un matériau composite à base de cheveux. En 2007, SOUTH BANK UNIVERSITY ENTREPRISES a déposé un brevet à propos d'un matériau composites à base de cheveux [1].

Actuellement les cheveux sont utilisés pour absorber le pétrole lors des marées noires grâce à leurs capillarités élevées et leurs caractéristiques d'absorption intéressantes [2]. Mais la majeure partie de ceux-ci n'est pas récupérée et est jetée, donc facilement récupérable.

Les matériaux composites sont constitués de deux éléments. La base du matériau souvent composée de fibre, comme la fibre de carbone ou la fibre de verre, fibre de céramique, et sa matrice (le liant) tel que la résine époxy ou la résine polyester. C'est l'association de ces deux matières qui permet la rigidité et les performances de l'ensemble. Dans notre cas la base sera constituée de cheveux et le liant la résine époxy. Cette résine ne sera pas l'objet de notre étude [3].

Le cadre est la pièce maîtresse d'un vélo, et représente à lui seul une partie importante de la masse d'un vélo. De plus sa rigidité influe sur son comportement. En effet un cadre trop rigide diminuera le confort mais améliorera les performances.

Lors de ce projet nous avons pour but de fabriquer un cadre à base de cheveux. Ce matériau permettra de limiter la demande en métaux qui ne cesse d'augmenter.

Toutefois notre objectif n'est pas de remplacer les vélos déjà existants. Nous voulons continuer le développement et leurs utilisations en villes faces aux véhicules thermiques ou électriques. La consommation d'énergies fossiles et de métaux rares comme le cobalt, le cuivre, lithium... va connaître des limites. L'extraction de ces ressources est de plus en plus complexe et polluante [4].

Au-delà de ses avantages écologiques, ce matériau devra avoir des caractéristiques mécaniques proches des matériaux déjà utilisés. Notre étude porte sur le comportement mécanique d'un cadre de vélo qui doit être aussi efficace que les cadres circulants actuellement en ville, il va donc être soumis à des essais et des simulations informatiques afin de caractériser au mieux sa résistance [5].

## **Problématique retenue**

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau composite à base de cheveux, permettent-elles la fabrication d'un cadre de vélo ?

## **Objectifs du TIPE**

Etudier l'impact environnemental d'un matériau composite à base de cheveux

Etudier les différents liants envisageables

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] THOMPSON, RONALD, MALCOLM : Composite à base de cheveux :  
<https://patentscope.wipo.int/search/fr/detail.jsf?docId=WO2007144653>
- [2] GOUVERNEMENT DU QUEBEC : Des cheveux pour lutter contre les déversements de pétrole ? :  
<https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/ddr-des-cheveux-pour-lutter-contre-les-deversements-de-petrole/#:~:text=En%202018%2C%20une%20%C3%A9tude%20publi%C3%A9e,ou%20de%20la%20cellulose%20recycl%C3%A9e>
- [3] MICHEL CHATAIN : Matériaux composites présentation générale : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/materiaux-composites-presentation-et-renforts-42142210/materiaux-composites-presentation-generale-am5000/principaux-constituants-am5000niv10001.html>
- [4] AUREOLE STEPHANT : Ruée minière au XXI<sup>e</sup> siècle :  
[https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab\\_channel=USIEvents](https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab_channel=USIEvents)
- [5] PIERRE-MAXIME BRANCHE : Rigidité d'un cadre de vélo route :  
<https://www.3bikes.fr/2019/09/30/rigidite-dun-cadre-de-velo-route-de-quoi-parle-t-on/>

## DOT

- [1] *(Début septembre) Début du projet avec pour idée de créer un matériau composite à base de cheveux.*
- [2] *(Fin septembre) Conception puis création d'une éprouvette de test, puis réalisation des premiers tests.*
- [3] *(Fin octobre) Etude des différentes caractéristiques du matériau composite.*
- [4] *(Décembre) Contact avec l'entreprise capillium mais sans grand succès, et récupération d'assez de cheveux pour la fabrication du cadre*
- [5] *(Janvier) Fabrication du moule en plâtre afin de créer notre cadre à base de cheveux.*
- [6] *(Février, Mars, Avril) Démoullage et expériences sur le cadre, puis analyses et interprétations des résultats.*
- [7] *(Fin mai, Juin) Fin du TIPE et fin de la préparation du diaporama.*

## Conception d'un cadre de vélo à base de cheveux

Au regard du contexte environnemental, les modes de déplacements urbains évoluent et l'utilisation du vélo en ville s'intensifie entraînant ainsi une demande croissante en métaux. L'ingénieur doit donc trouver de nouveaux matériaux, plus respectueux de l'environnement et pouvant pallier à l'épuisement des ressources.

Il m'a semblé intéressant de chercher un matériau innovant issu de matières recyclées pour répondre aux nouveaux modes de déplacement urbains notamment le vélo. Cependant, l'utilisation du vélo en ville apporte son lot de contraintes spécifiques (franchissement de trottoirs, freinages courts, ...).

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *BIGÉ Kélian*
- *GAINOT Jules*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Vélo</i>	<i>Bike</i>
<i>Impact environnemental</i>	<i>Environmental impact</i>
<i>Matériaux composites</i>	<i>Composite materials</i>
<i>Cheveux</i>	<i>Hairs</i>
<i>Dimensionnement</i>	<i>Design</i>

### Bibliographie commentée

Le vélo a été créé par Karl von Drais en 1807. Globalement, sa structure n'a pas changé et s'est popularisé dans les années 1900. A l'époque il représente un moyen de déplacement abordable et plus pratique que ceux déjà existant.

Depuis 1976 il y a de plus en plus de vélos en libre-service dans les villes. Désormais il fait partie de notre quotidien.

Si la fabrication était réalisée en acier au cours du 20ème siècle, aujourd'hui ils sont aussi à base d'aluminium, de carbone et de titane. Ce changement permet d'améliorer les performances en matière de légèreté, de résistance mécanique et de résistance à la corrosion.

Dans la continuité de cette évolution et des problématiques écologiques actuelles, nous allons chercher à établir un cadre de vélo entièrement constitué d'un matériau composite à base de cheveux. En 2007, SOUTH BANK UNIVERSITY ENTREPRISES a déposé un brevet à propos d'un matériau composites à base de cheveux [1].

Actuellement les cheveux sont utilisés pour absorber le pétrole lors des marées noires grâce à leurs capillarités élevées et leurs caractéristiques d'absorption intéressantes [2]. Mais la majeure partie de ceux-ci n'est pas récupérée et est jetée, donc facilement récupérable.

Les matériaux composites sont constitués de deux éléments. La base du matériau souvent composée de fibre, comme la fibre de carbone ou la fibre de verre, fibre de céramique, et sa matrice (le liant) tel que la résine époxy ou la résine polyester. C'est l'association de ces deux matières qui permet la rigidité et les performances de l'ensemble. Dans notre cas la base sera constituée de cheveux et le liant la résine époxy. Cette résine ne sera pas l'objet de notre étude [3].

Le cadre est la pièce maîtresse d'un vélo, et représente à lui seul une partie importante de la masse d'un vélo. De plus sa rigidité influe sur son comportement. En effet un cadre trop rigide diminuera le confort mais améliorera ses performances.

Lors de ce projet nous avons pour but de fabriquer un cadre à base de cheveux. Ce matériau permettra de limiter la demande en métaux qui ne cesse d'augmenter.

Toutefois notre objectif n'est pas de remplacer les vélos déjà existants. Nous voulons continuer le développement et leurs utilisations en villes faces aux véhicules thermiques ou électriques. La consommation d'énergies fossiles et de métaux rares comme le cobalt, le cuivre, lithium... va connaître des limites. L'extraction de ces ressources est de plus en plus complexe et polluante [4].

Au-delà de ses avantages écologiques, ce matériau devra avoir des caractéristiques mécaniques proches des matériaux déjà utilisés. Notre étude porte sur le comportement mécanique d'un cadre de vélo qui doit être aussi efficace que les cadres circulants actuellement en ville, il va donc être soumis à des essais et des simulation informatiques afin de caractériser au mieux sa résistance [5].

## **Problématique retenue**

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau composite à base de cheveux, permettent-elles la fabrication d'un cadre de vélo ?

## **Objectifs du TIPE**

Comparaison du matériau composite à d'autres, tels que l'acier, le carbone ou l'aluminium.

Etude d'un modèle numérique du cadre.

Installer, étudier et exploiter les mesures d'un capteur à jauge de déformation.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] THOMPSON, RONALD, MALCOLM : Composite à base de cheveux :  
<https://patentscope.wipo.int/search/fr/detail.jsf?docId=WO2007144653>
- [2] GOUVERNEMENT DU QUEBEC : Des cheveux pour lutter contre les déversements de pétrole? :  
<https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/ddr-des-cheveux-pour-lutter-contre-les-deversements-de-petrole/#:~:text=En%202018%2C%20une%20%C3%A9tude%20publi%C3%A9e,ou%20de%20la%20cellulose%20recycl%C3%A9e>
- [3] MICHEL CHATAIN : Matériaux composites présentation générale : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/materiaux-composites-presentation-et-renforts-42142210/materiaux-composites-presentation-generale-am5000/principaux-constituants-am5000niv10001.html>
- [4] AUREOLE STEPHANT : Ruée minière au XXI<sup>e</sup> siècle : jusqu'où les limites seront-elles repoussées ? : [https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab\\_channel=USIEvents](https://www.youtube.com/watch?v=i8RMX8ODWQs&t=11s&ab_channel=USIEvents)
- [5] PIERRE-MAXIME BRANCHE : Rigidité d'un cadre de vélo route : <https://www.3bikes.fr/2019/09/30/rigidite-dun-cadre-de-velo-route-de-quoi-parl>

## DOT

- [1] *(Début septembre) Idée d'utiliser des cheveux afin de créer un matériau composite*
- [2] *(Fin septembre) Création d'une éprouvette de test, et réalisation de plusieurs essais de traction*
- [3] *(Fin octobre) Etude des différentes caractéristiques du matériau composite*
- [4] *(Décembre) Mise en contact avec les employés de Capillium; malheureusement pas de débouchés. Récupération de cheveux chez Art et Nuances*
- [5] *(Janvier) Fabrication du moule sur le cadre de référence et création du cadre en cheveux et époxy*
- [6] *(Février, Mars, Avril) Expériences sur le cadre, analyses et interprétations des résultats*
- [7] *(Mai, Juin) Fin du TIPE, Finitions du diaporama*

## Alimentation énergétique d'un tramway

Etant quotidiennement utilisateurs du tramway, ce sujet a retenu notre attention car il nous concerne directement. Il est d'autant plus intéressant que le tramway peut permettre de répondre aux enjeux climatiques actuels.

L'enjeu de l'utilisation des transports en commun devient très important dans nos villes en raison de la crise écologique que nous subissons actuellement. Parmi les solutions de déplacement existantes, le tramway c'est inscrit dans le paysage urbain du fait des divers avantages qu'il présente : moderne, rapide, fiable et surtout écologique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *MOUCHOUX Marceau*
- *POULACHON Thomas*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Développement durable</i>	<i>Sustainable development</i>
<i>Production solaire</i>	<i>Solar Production</i>
<i>Caténaire</i>	<i>Catenary</i>
<i>Résistance des matériaux</i>	<i>Strenght of materials</i>
<i>Distribution</i>	<i>Distribution</i>

### Bibliographie commentée

Les premiers tramways sont apparus aux États-Unis au XIXe siècle. En France, le premier tramway est installé dans le département de la Loire et est mis en service en 1838. Il est utilisé pour le transport de voyageurs et de marchandises.

L'utilisation de rails pour déplacer le tramway permet d'un point de vue énergétique d'assurer un rendement élevé : les roues en acier sur les rails présentent une faible résistance au roulement, et dissipent moins d'énergie que les autres modes de liaison au sol. [1]

La traction hippomobile est d'abord la première méthode de traction utilisé pour déplacer le

tramway, seulement cette méthode engendre des coups d'exploitation élevés. C'est pourquoi la traction mécanique est une solution rapidement adoptée : la vapeur dès 1873, l'air comprimé et l'eau surchauffée à partir de 1878, puis le tramway électrique dès 1881. La traction électrique est la solution qui s'impose pour les avantages qu'elles comportent. C'est une solution technique moderne et ne produit que de faibles nuisances. Le développement de l'alimentation électrique, complexifiée par l'interdiction des lignes aériennes dans certaines grandes villes, ne prend une véritable ampleur qu'à partir de 1895 à Paris et en région parisienne.

Le tramway se développe au début du XXe siècle jusque dans la période de l'entre-deux-guerres. Il devient le moyen de transport urbain le plus utilisé, et établit également des liaisons interurbaines. D'autres méthodes de transport sont en cours de développement à cette même époque mais n'égale pas les prestations offertes par le tramway.

Seulement, la démocratisation du pétrole qui permet le développement de l'automobile vient sérieusement faire de l'ombre au tramway. Aux alentours des années 50, les pouvoirs publics investissent dans le développement des infrastructures routières car l'automobile est perçue comme la marque du progrès. Ainsi, 60% des ménages possèdent une voiture en 1960 ce qui engendre une large baisse d'utilisation du tramway. [2]

Néanmoins, en 1985, Nantes est la première ville française à mettre en place un tramway alimenté par caténaire. S'en est suivis Grenoble, Rouen, Saint-Denis, Bobigny puis Strasbourg. Au cours des dernières décennies, le tramway a connu un regain d'intérêt en tant que moyen de transport durable et efficace dans les villes. De nombreuses villes à travers le monde ont mis en place ou étendu leurs réseaux de tramway, attirées par les avantages environnementaux et économiques offerts par ce mode de transport. En effet, le tramway est alimenté par l'électricité, une source d'énergie propre et renouvelable, et il peut transporter un grand nombre de personnes de manière efficace, ce qui le rend particulièrement adapté aux déplacements en ville. [3]

Le tramway est également apprécié pour son impact positif sur la vie des habitants des villes. Étant un moyen de transport fiable et rapide, le tramway peut contribuer à réduire la densité routière et à améliorer la qualité de l'air. Il peut également être un facteur de développement économique en favorisant l'accès au travail et en attirant de nouvelles entreprises dans les quartiers desservis par le tramway. [4]

Pour résumer, le tramway est un moyen de transport durable et efficace qui peut apporter de nombreux avantages aux villes qui l'adoptent. L'énergie électrique l'alimentant, peut-être produite selon des moyens de production durables, qui est un critère devenu fondamental dans la lutte contre le réchauffement climatique. Cette énergie est ensuite distribuée aux réseaux de tramway de façon fiable. Cette distribution est le plus souvent assurée via un système de caténaire maintenu par des potences placées en suspend au-dessus du tramway [5]

## **Problématique retenue**

Comment produire et distribuer l'énergie du tramway ?

## Objectifs du TIPE

Dimensionner différentes solutions pour soutenir la caténaire.

Mesure de la flèche à l'aide d'une étude de résistance des matériaux.

modifications des solutions pour répondre aux exigences de marge de hauteur des caténaires.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] RICHARD VERGER, GUY TRÉCOLLE, HERVÉ L'HOST : Histoire des tramways, omnibus, trolleybus et autobus à Bordeaux : ISBN 2-908816-89-X, 978-2-908816-89-1

[2] FRANCIS DRÉER : Âge d'or de l'automobile, les voitures françaises des années 1950 : ISBN-10 : 2491502011 ISBN-13 : 978-2491502010

[3] TRANSILIEN POUR ÎLE-DE-FRANCE MOBILITÉS : Le calcul des émissions de CO2 :

<https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2#:~:text=en%20tramway%20%3A%203%2C4%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km>

[4] ERIC ROUBERT : Arts et Métiers MAG : N°436 p36-41

[5] GEORGES MULLER : TRAMWAYS - Alimentation, conception, performances et design : Réf : C4442 V1

## DOT

[1] En Octobre, début des recherches d'information afin de modéliser l'étude

[2] En Décembre, Rencontre avec Ludovic Fregonese ( Responsable installations et infrastructures Keolis Dijon MultiModalité)

[3] Début Février, Fin de la modélisation de l'étude / début de la phase calculatoire

[4] En Mai, Premiers résultats par le calcul et tracés à l'aide de python

[5] En Mai, Début de l'étude par simulation

[6] En Mai, Premiers résultats de l'étude par simulation

[7] Début Juin, Fin de projet

## Surveillance d'une zone privée

Nous avons choisi ce système car il est intéressant. Il nous permet de découvrir l'ensemble des composants et d'examiner les différentes études possibles sur celui-ci. De plus le lien avec la ville est assez évident au vu de la quantité de caméras utilisées en ville pour surveiller les zones sensibles.

Les infrastructures critiques situées dans les villes comme les sites de gaz de traitement d'eau sont nécessaires aux fonctions économiques, sociales, vitales et stratégiques. Le Conseil européen d'octobre 2022 est revenu sur la nécessité de renforcer leur protection. Pour surveiller et protéger ces infrastructures, une solution est d'utiliser des caméras dômes.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- PABION Noa

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).*

### Positionnement thématique (ETAPE 2)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>pilotage</i>	<i>control</i>
<i>asservissement</i>	<i>regulation</i>
<i>informatique</i>	<i>algorithm</i>
<i>traitement d'image</i>	<i>image processing</i>
<i>suivre</i>	<i>to track</i>

### Bibliographie commentée

La chronophotographie, qui se rapproche des vidéos de caméra de surveillance en moins poussé, fut inventée par le célèbre médecin physiologiste et professeur au Collège de France Étienne-Jules Marey (1830-1904). Cette méthode permettait d'obtenir une séquence d'images photographiques prises à de très courts intervalles de temps, afin d'analyser le mouvement d'un sujet.

Marey s'inspira de l'invention de l'astronome français Jules Janssen, qui avec son revolver photographique, avait obtenu dès 1874 plusieurs séries de quarante-huit images successives de

Vénus passant devant le Soleil. [1]

En 1951, le premier enregistreur vidéo enregistre sur une bande magnétique les images d'une caméra de télévision. Quelques années auparavant, Siemens avait entamé ses premières recherches et réalisé une série de tests. Cependant la première utilisation provisoire de caméras de surveillance a été à Trafalgar Square à Londres pour sécuriser un déplacement de Sa Majesté la Reine.

La surveillance a été pensée en 1949 par Georges Orwell qui a publié le roman fictif "1984" dans lequel le concept de surveillance vidéo est popularisé. De nos jours, les systèmes de vidéo surveillance sont abordables à tous, ils sont devenus Plug & Play pour se connecter à l'internet et être consultés, partout, avec un simple smartphone.[2] Aujourd'hui, la ville la plus vidéosurveillée dans le monde est Chongqing, qui compte un ratio de 16 800 caméras pour 100 000 habitants, c'est-à-dire une pour 6 habitants en moyenne.[3]

Depuis environ deux siècles, différentes infrastructures critiques sont en danger et sont dangereuses pour l'homme si elles se retrouvent entre de mauvaises mains, c'est pour cela que des caméras dômes sont installées pour surveiller des zones particulières comme les propriétés privées ou interdites d'accès.[4] Les mesures de protection de chaque zone exposée aux risques doivent être documentées dans un concept de protection de base de l'entreprise, un regroupement en zones, sections ou unités fonctionnelles pouvant s'avérer adéquat. Les aspects suivants doivent être pris en compte pour les zones exposées sont des mesures de surveillance électronique au niveau des portes, fenêtres, pièce mais également le suivi du contrôle d'accès aux zones concernées pendant et après le service pour le personnel et les externes. S'ajoute à cela la protection des éléments individuels de commande contre toute erreur de manipulation ou sabotage, par exemple via une surveillance électronique et pour finir une patrouille de surveillance des matériels, effectuée par le service de surveillance pendant les heures des rondes de surveillance. [5]

En 1969, le capteur CCD des caméras de surveillance modernes est créé. Il présente de nombreux avantages qualitatifs comme une meilleure sensibilité à la lumière que le capteur CMOS. On obtient ainsi une meilleure qualité d'image en cas de sous-exposition. Le capteur CMOS est produit en très grande quantité. Sa miniaturisation permet son intégration dans des caméras de petite taille et très discrètes. A l'inverse, il en existe de «grande taille» qui autorisent des résolutions en mégapixels pour les caméras de surveillance IP. [6]

## **Problématique retenue**

Comment piloter une caméra de sécurité par suivi de mouvement ?

## **Objectifs du TIPE**

Piloter un moteur avec un levier de contrôle

Communiquer l'information avec l'extérieur

Suivi de forme

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] BOOKS OPENÉDITION : La chronophotographie, ou le mouvement décomposé : <https://books.openedition.org/septentrion/46724?lang=fr#:~:text=1La%20chronophotographie%20fut%20invent%C3%A9e,le%20mouvement%20d'un%20sujet>
- [2] VIDEO SURVEILLANCE DIRECT : Les Grandes étapes : <https://www.video-surveillance-direct.com/content/46-video-surveillance-historique>
- [3] TRISTAN GAUDIAUT : Les villes les plus vidéosurveillées de France : <https://fr.statista.com/infographie/19267/villes-france-avec-le-plus-de-cameras-videosurveillance-par-habitant/>
- [4] MIEUX VIVRE VOTRE ARGENT : Vidéosurveillance des propriétés privés : <https://www.mieuxvivre-votreargent.fr/vie-pratique/droit/2021/11/23/videosurveillance-des-proprietes-privées-vous-ne-pouvez-pas-faire-nimporte-quoi/>
- [5] BUNDESIMINISTERIUM DES INNERN : Protection d'infrastructures critiques - Concept de base de protection : [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritische-infrastrukturen-basischutzkonzept-fr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritische-infrastrukturen-basischutzkonzept-fr.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- [6] MA FORTERESSE : Videosurveillance : histoire de la caméra de surveillance : <https://www.maforteresse.com/guide/videosurveillance-histoire-de-la-camera-de-surveillance.html>

## DOT

- [1] *Février 2022 : Communication avec un ingénieur spécialisé dans le domaine de la fabrication des caméras. Cette discussion nous a amené a choisir notre sujet.*
- [2] *Mars 2022 : Récupération d'une camera grâce à la municipalité de Sens.*
- [3] *Avril 2022 : Début des expérimentation sur la caméra.*
- [4] *Mai 2022 : Motorisation des moteurs pas à pas de la caméra pour la première fois grâce à un programme informatique.*
- [5] *Octobre 2022 : Discussion avec un élève en école d'ingénieur qui à déjà réalisé un code python de reconnaissance facial.*
- [6] *Novembre 2022 : Programmation d'un code de reconnaissance faciale. Début de réflexion sur la télécommunication avec la caméra grâce a un levier de commande.*
- [7] *Janvier 2023 : Compréhension du fonctionnement d'un flux vidéo.*
- [8] *Mars 2023 : Algorithme et mise en œuvre d'un programme de suivi de mouvement a l'aide du code de reconnaissance faciale. Tests concluants pour la télécommunication par levier de commande.*

## La pollution des villes à cause de l'industrie du textile, de la production à la consommation.

L'industrie du textile véhicule de nombreuses problématiques écologiques, sociales et économiques de la production à la commercialisation. Elle donne accès à beaucoup de corps de métiers du design au recyclage.

Il y a un grand enjeu écologique derrière la chaîne de production des vêtements, la grande majorité des déchets dus à cette industrie nuisent aux sols et à la santé. Les villes sont principalement concernées car c'est ici que sont vendus majoritairement les habits aux consommateurs.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), MATHÉMATIQUES (Analyse).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>production</i>	<i>production</i>
<i>consommation</i>	<i>consommation</i>
<i>détérioration</i>	<i>deterioration</i>
<i>élasticité</i>	<i>elasticity</i>
<i>matériaux</i>	<i>materials</i>

### Bibliographie commentée

De nos jours, l'industrie textile est la deuxième industrie la plus polluante derrière celle du pétrole ; elle est responsable de 10% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde chaque année [1]. De la production de vêtements à la consommation tout est polluant. La culture du coton est très consommatrice en eau et nécessite des pesticides qui portent atteinte aux sols et à la santé des travailleurs et habitants. De plus les conditions de travail sont très dures et parfois c'est du travail forcé. L'exemple avec la Chine qui emploie 500 000 Ouïghours pour la cueillette du coton. Les récoltes sont alors principalement envoyées en Inde pour être tissées par des travailleurs sous-payés. Cette activité est responsable de 20% de la pollution d'eau douce dans le monde. Une fois le produit fini, il est envoyé par camions, bateaux, avions pour être distribué aux consommateurs.

Parmi les plus gros acheteurs on compte les Etats-Unis et l'Europe, en moyenne, un américain dépense 980€ en vêtements par an et un européen 627€ par an. La majeure partie des vêtements achetés (60%) sont faits pour être portés moins d'un an car vendus à prix cassé ils témoignent d'une faible qualité. On peut citer H&M et Zara qui ne vendent que des produits éphémères, en concurrence avec des e-boutiques chinoises qui proposent elles aussi des habits fashions mais à des prix moindres, par exemple Shein, aliexpress, ... Ce sont ces vêtements créés à cause de la fast fashion qui polluent le plus car un tee-shirt de bonne qualité lui peut être porté pendant 3 ans, une

veste pendant 20 ans et une paire de chaussures pendant 10 ans [2]. De plus, beaucoup trop de vêtements sont fabriqués et ils restent très souvent des invendus.

Ils sont ensuite jetés à la poubelle ou donnés à des associations caritatives comme les vêtements inutilisés ou abîmés d'un particulier mais très rarement réparés même si cette pratique devient de plus en plus répandue. Les vêtements donnés sont alors regroupés pour être triés et les moins abîmés sont donnés à des personnes dans le besoin mais la majeure partie sont revendues à des centres de tri internationaux qui regroupent les vêtements en ballots. Ils sont ensuite mis en bourses et envoyés dans des pays comme le Chili pour être remis sur le marché. Mais ces ballots sont bien souvent détournés et restent entreposés dans des champs pour être triés par des particuliers qui revendent certains habits sur le marché ou bien brûlés directement. Les pesticides présents dans les vêtements se retrouvent alors dans les sols et polluent l'air ambiant [3].

Pour remédier à tous ces problèmes sociaux et écologiques, on devrait s'investir dans plusieurs solutions. Premièrement, on devrait relocaliser les champs de production pour être au plus proche du consommateur, par exemple, la France compte un champ de coton dans le Gers qui a produit 100 kg de coton en 2018 avec 12 hectares [4]. Les usines de production de vêtements. De plus, nous devons limiter notre consommation de vêtements pour réduire la production des usines et les industries devraient réfléchir à des solutions pour réutiliser leur produit. Par exemple, adidas a lancé en 2019 une paire de baskets renvoyables une fois par an pour être réparées et améliorées puis renvoyé à l'acheteur [5].

## **Problématique retenue**

Etant donné qu'il est difficile de changer le mode de transport des vêtements, on peut s'intéresser à la conception et même à la fin de vie des vêtements en les optimisant: Mais comment augmenter la durée de vie d'un vêtement?

Cette étude sera menée sur des tee-shirts.

## **Objectifs du TIPE**

étude de la déformation élastique de différents matériaux utilisés pour un t-shirt.

étude des coûts des matériaux.

étude des différentes certifications du coton.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] FOOTBRIDGE : industrie textile pollution : <https://footbridge-impact.com/industrie-textile-pollution/>

[2] DEPIEDENCAP : durée de vie moyenne des différents vêtements : <https://depiedencap.leforum.eu/t12853-Duree-de-vie-moyenne-de-votre-garde-robe.htm>

[3] KONBINI : cimetièrre de la fast fashion (reportage) : [https://www.youtube.com/watch?v=6h\\_yX64ObM&t=628s](https://www.youtube.com/watch?v=6h_yX64ObM&t=628s)

[4] VIVREDEMAIN : champ de coton en france : <https://vivredemain.fr/2021/12/03/le-seul-et-unique-champ-de-coton-en-france-est-dans-le-gers/#:~:text=Le%20coton%20est%20r%C3%A9colt%C3%A9%20et,armoire%20d'un%20consommateur%20fran%C3%A7ais>

[5] ADIDAS : concept de chaussures écologiques : <https://www.lacaveajaiife.fr/brevet-futurecraft-loop-recyclage-adidas/>

## DOT

[1] *Février 2022, recherche d'un sujet de travail en rapport avec le thème de la ville. On choisira le thème des vêtements en s'intéressant à la pollution des villes dû à la chaîne de productions et de distributions des matières textiles. Recherche de précédentes études fiables sur le sujet.*

[2] *Juin 2022, on choisit de réduire notre étude sur des tee-shirts et de comprendre et tester leurs caractéristiques pour améliorer leurs conceptions et limiter l'impact environnemental de l'industrie du textile.*

[3] *Septembre 2022, recherche de différentes expériences à réaliser. Étude de la résistance à la déformation d'un textile, étude de la résistance à l'abrasion, étude de la résistance au ultra-violet, étude de la déperdition de chaleur.*

[4] *Décembre 2022, réalisation de l'étude de la résistance à la déformation élastique d'un tee-shirt. Création du système expérimental pour obtenir des résultats fiables. Notre étude a été faite sur des matières textiles que l'on peut retrouver sur des tee-shirts ordinaires: coton, elasthanne, lin, velour.*

[5] *Janvier 2023, approfondissement des recherches sur des études déjà réalisées en rapport avec notre expérience pour comparer les résultats. Conclusion sur la matière la plus intéressante de ce point de vue pour un tee-shirt trouvable au grand public.*

[6] *Mars 2023, recherche et enrichissement du vocabulaire sur la chaîne de production et de distribution des vêtements. Recherche de la vie après qu'un vêtement soit utilisé ou abîmé, recyclage, revente.*

[7] *Avril 2023, réalisation d'une seconde expérience sur la résistance à l'abrasion, étude des différentes techniques utilisées dans l'industrie (méthode martindale) sur les mêmes tissus que l'expérience précédente.*

[8] *Mai 2023, étude de l'impact environnemental de la production des différents tissus et reprise des résultats des expériences précédentes pour pouvoir conclure sur la matière la plus optimisée pour un tee-shirt destiné au grand public.*

## Générateur Piézoélectrique

Le générateur piézoélectrique permet d'appliquer les enseignements reçus en classe préparatoire et de compléter nos connaissances dans le cadre de nos projets personnels. Dans le cadre d'un avenir sain, il est ainsi intéressant d'étudier au plutôt des solutions de développement durable.

L'étude porte sur les générateurs piézoélectriques, des systèmes permettant de convertir de l'énergie, de la stocker et de pouvoir la distribuer afin d'alimenter une lampe. On peut les utiliser afin d'éclairer une rue en marchant sur des plaques composées de générateurs piézoélectriques qui viendront convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- SANGARE Djibril

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Piézoélectricité</i>	<i>Piezoelectricity</i>
<i>Générateur</i>	<i>Generator</i>
<i>Énergie</i>	<i>Energy</i>
<i>Conversion mécano électrique</i>	<i>Electric mechanical conversion</i>
<i>Stocker</i>	<i>Store</i>

### Mots-clés (ETAPE 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Piézoélectricité.</i>	<i>Piezoelectricity.</i>
<i>Générateur.</i>	<i>Generator.</i>
<i>Conversion mécano électrique.</i>	<i>Electric mechanical conversion.</i>
<i>Système de récupération.</i>	<i>Recovery system.</i>
<i>Énergie.</i>	<i>Energy.</i>

### Bibliographie commentée

Découvert en 1880 par Jacques & Pierre Curie, l'effet piézoélectrique ou piézoélectricité est la propriété de certains matériaux à générer un champ électrique sous l'action d'une contrainte mécanique appelée effet direct. L'inverse est également possible, c'est-à-dire obtenir une

déformation suite à la circulation d'un courant électrique on parlera d'effet indirect découvert par Gabriel Lippman en 1881. Une étude est publiée en 1910 par Woldemar Voigt ; elle prône sur des classes de cristaux asymétriques et de leurs propriétés piézoélectriques [1].

Il existe deux catégories de matériaux piézoélectriques : ceux utilisés pour leurs propriétés mécaniques à l'état physique et ceux qui ont une capacité à conduire le courant électrique, exprimé dans la forme et matière des réactions chimiques. Ainsi nous avons certains matériaux principaux utilisés qui sont des cristaux naturels : le Quartz, la Topaze, le Berlinite. Mais également des céramiques artificiels tels que : le Lithium Niobate, le Phosphate de Gallium [2]. Sous contrainte, ces matériaux se polarisent et des charges positives et négatives apparaissent au bord ce qui crée un champ électrique. C'est plus souvent sous forme céramique PZT (Oxyde de plomb, zirconium et titane), que les générateurs et capteurs piézoélectriques sont fabriqués [3].

Les céramiques piézoélectriques sont produites et utilisées en volume. Du point de vue de la fabrication, l'obtention par frittage permet une variété de formes et de tailles bien plus importante que pour les cristaux, pour obtenir un couplage important. Il est donc préférable de maximiser le champ en tout point lors de la polarisation. Pour cela, une épaisseur constante entre les électrodes est préférable. Les éléments piézoélectriques sont donc très souvent des plaquettes droites. Les céramiques présentent des couplages élevés, mais sont fragiles. Presque tous les paramètres piézoélectriques sont sensibles à la température, et peuvent évoluer au cours du temps. Cependant, il est possible de les repolariser périodiquement afin de compenser ce vieillissement. [4]

Les éléments piézoélectriques sont utilisés pour des applications de capteur où l'on utilise l'effet piézoélectrique direct, nous parlons ainsi de conversion mécano électrique permettant de convertir la force exercée sur le générateur en une tension. L'application au milieu urbain de l'effet direct a été popularisée par Pavegen [5], qui est capable de produire de l'électricité à chaque fois qu'une personne marche dessus. Constituées de caoutchouc, les dalles Pavegen sont fabriquées à partir de pneus de camion recyclés et se basent sur le caractère piézoélectrique de certains matériaux pour produire de l'électricité.

Chaque dalle peut produire entre 4 et 7 watts en continu, si elles sont piétinées sans arrêt et selon le poids de l'individu [5]. Une fois produite, l'électricité peut être utilisée directement sur place ou alors stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure

Il est possible de redresser la tension afin d'obtenir un signal plus propre qui sera stockée dans un condensateur. La tension en entrée qui est alternative peut devenir continue, on effectue cela via un pont de diode relié à la source piézoélectrique. On peut utiliser 3 types de ponts redresseur avec des diodes : simple, complet, double courant [4].

## **Problématique retenue**

Comment créer, stocker et distribuer de l'énergie électrique obtenue par un générateur piézoélectrique ?

## Objectifs du TIPE

- 1) Étudier théoriquement et expérimentalement l'effet piézoélectrique.
- 2) Modéliser le générateur.
- 3) Mesurer la tension et le courant selon les forces exercées sur le générateur.
- 4) Réaliser un générateur pour une utilisation en ville.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] INSA LYON : Piézoélectricité : <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2002/malhis/chapitre2.pdf>
- [2] TUGDUAL LOYER & ROBERT LEROY : Etude de l'effet piézoélectrique un matériau intelligent – Séminaire de recherche – Année 2015-2016 :  
<https://seminairematériaux.files.wordpress.com/2016/02/etude-de-leffet-pic3a9zoc3a9lectrique.pdf>
- [3] JULIEN DUCARNE : Modèle Électromagnétique :  
[https://perso.crans.org/ducarne/partie1.pdf?fbclid=IwAR2hF2pb1ol4at9I6\\_\\_mMjIvtpTKibMdEA5sfK1VmRjRZTFX6VRsWdh490](https://perso.crans.org/ducarne/partie1.pdf?fbclid=IwAR2hF2pb1ol4at9I6__mMjIvtpTKibMdEA5sfK1VmRjRZTFX6VRsWdh490)
- [4] DEJAN VASIC, FRANÇOIS COSTA : Applications des éléments piézoélectriques en électronique de puissance.
- [5] PAVEGEN : <https://www.pavegen.com/>

## DOT

- [1] *[Avril/Mai 2022] Prise de contact avec l'entreprise Pavegen pour comprendre la technologie.*
- [2] *[Juin/Juillet 2022] Création du générateur piézoélectrique et du support.*
- [3] *[Septembre 2022] Étude à grande échelle d'un générateur piézoélectrique déjà existant.*
- [4] *[Octobre 2022] Étude de l'effet piézoélectrique et de la conversion mécano - électrique.*
- [5] *[Novembre/Décembre 2022] Étude théorique physique Électrostatique du générateur.*
- [6] *[Janvier 2023] Expérimentation du redressement de la tension.*
- [7] *[Février 2023] Mise en évidence des théories en expérience liée au calcul de la tension et force.*
- [8] *[Mars/Avril 2023] Étude théorique et expérimentale des stockages de l'énergie.*

## Bouclier solaire

L'économie d'énergie est un sujet qui m'a toujours passionnée au vu de mon parcours en STI2D ou le développement durable est primordial, ou encore de mes cours en Energie et Environnement qui visent aussi à maximiser les apports en énergie tout en minimisant les matériaux et coût.

L'objectif de baisse de la consommation final d'énergie dans l'union européenne a été fixé à -36% en 2030. Les bâtiments en ville se doivent donc d'économiser au maximum les besoins en énergie, et le bouclier solaire fait partie de ces solutions.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).*

### Positionnement thématique (ETAPE 2)

*INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Bouclier Solaire</i>	<i>Solar shield</i>
<i>Métal déployé</i>	<i>Expanded metal</i>
<i>Azîmut</i>	<i>Azimuth</i>
<i>Hauteur</i>	<i>Rise</i>
<i>Lumière</i>	<i>Light</i>

### Bibliographie commentée

Le groupe Elithis est une entreprise fondée à Dijon. Conseil, Ingénierie et Développement immobilier lui ont permis de figurer parmi les leaders français de l'efficacité énergétique et environnementale. Un programme d'investissement de 2 Md€ est dédié à la construction de 100 tours résidentielles « à énergie positive » dans différentes villes d'Europe d'ici 2030. [1]

La Tour Elithis, premier bâtiment « à énergie positive », est un immeuble de bureaux d'étude et d'ingénierie, ainsi que de commerce, inauguré le 2 avril 2009 à Dijon. Conçue par l'architecte Jean-Marie Charpentier, elle fait partie du quartier Clemenceau qui intègre le palais des congrès et l'Auditorium de Dijon. En 2018, une tour similaire a été également construite par le groupe Elithis ingénierie à Strasbourg. [1]

La tour Elithis de Dijon est conçue pour produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme grâce notamment à une conception bioclimatique et à 560 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques installés sur

la toiture. D'autre part, pour réduire la consommation énergétique et l'empreinte écologique du bâtiment, la façade est composée en majeure partie de grandes surfaces vitrées limitant l'usage de l'éclairage artificiel. [2]

L'échauffement du bâtiment en été est limité grâce à un bouclier solaire recouvrant les surfaces vitrées au sud, à l'est et à l'ouest exposées au soleil durant la journée. Le bouclier ou treillis en acier est constitué de motifs qui limitent les rayons incidents tout en offrant une transparence suffisante pour ménager des vues panoramiques aux occupants des bâtiments, bénéficiant ainsi de la lumière naturelle. [3]

Les mailles du treillis en acier sont légèrement inclinées vers l'avant par rapport à la vitre, et étant donné que la course du Soleil change tout au cours de l'année, ce dernier va trouver son utilité. L'hiver, le soleil est bas et la lumière pénètre facilement, tandis que l'été où le soleil est haut, une partie des rayons est réfléchi par le système, protégeant ainsi les volumes vitrés là où le rayonnement solaire pose un problème de surchauffe ou d'éblouissement. [3]

Le bouclier a même été modélisé pour entourer seulement les parties exposées du bâtiment, ce qui lui donne un design plutôt atypique au milieu des autres bâtiments. En effet, là où les bâtiments alentour vont projeter leurs ombres, le bouclier n'a pas lieu d'être. Idem pour le dos du bâtiment qui ne recevra pas les rayons directs du Soleil. [3]

C'est une solution technique qui est peu coûteuse et qui a également été adoptée dans le Zénith de Dijon. [3]

## **Problématique retenue**

Au regard de l'importance de la gestion énergétique dans un bâtiment en ville, comment limiter les apports solaires thermiques dans une tour à bureaux ?

## **Objectifs du TIPE**

- Conception et création d'une maquette de bouclier solaire
- Modélisation de la course du soleil
- Mesure sur la maquette

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

- [1] HERNANDEZ WILCHES : Etude et analyse de la ventilation et de la qualité des environnements intérieurs (QEI) dans les bâtiments de bureaux à faible demande énergétique : le cas de la Tour Elithis à Dijon : <https://theses.hal.science/tel-01175464>
- [2] GROUPE ELITHIS : Elithis : <http://www.elithis.fr/>
- [3] RIOT JACQUES : Epreuve d'admissibilité CAPET externe 2013 section Sciences industrielles de l'ingénieur : [https://eduscol.education.fr/sti/concours\\_examens/epreuve-dadmissibilite-capet-externe-2013-sciences-industrielles-de-lingenieur-4](https://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/epreuve-dadmissibilite-capet-externe-2013-sciences-industrielles-de-lingenieur-4)

## Références bibliographiques (ETAPE 2)

**[-9]** MICHALSKY, JOSEPH J. : The Astronomical Almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050) : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038092X8890045X>

## DOT

- [1]** *[Début Septembre 2022 : Visite de la tour Elithis. Cela m'a fait prendre conscience de la complexité à l'optimiser un tel système, mais de la simplicité à poser le bouclier]*
- [2]** *[Fin Septembre : Mise en marche d'un thermocouple, mais il s'avère que se baser sur la température pour faire les futur mesure est une mauvaise idée au vu de se paramètre trop variable à l'extérieur. On préférera alors plutôt une expérience sur les rayons lumineux]*
- [3]** *[Octobre 2022 : Recherche pour estimer la position du Soleil, je tombe alors sur la revue intitulée « The Astronomical Almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050) » par Michalsky, Joseph J. 1988 exprimant grâce à des équations la course du soleil au cours des années 1950 à 2050]*
- [4]** *[Mi-novembre 2022 : Fin de la conception de la maquette pour simuler le système, c'est une boite isolée avec du métal déployé à l'avant faisant office de bouclier solaire]*
- [5]** *[Décembre 2022 : Recherche d'un site utilisant l'algorithme de Michalsky, Joseph J., je trouve alors SunHeartTool.com, un site qui met en place les équations en fonctions des coordonnées GPS de la cour du lycée. Je commence à étudier un programme d'extraction des résultats]*
- [6]** *[Fin Février 2023 : Programme terminer, il permet de trouver l'azimut et la hauteur du Soleil en 2022 avec une précision de 5 minutes]*
- [7]** *[Mars 2023 : Recherche de la hauteur et de l'azimut maximum et minimum, on repasse par un programme et recherche de l'orientation optimal des pales du bouclier pour protéger des grandes chaleurs de l'été]*
- [8]** *[Mai 2023 : Prise de mesure sur la maquette avec un projecteur simulant le Soleil et finalisation du diaporama]*

## Énergétique des bâtiments

La transition écologique est l'un des plus gros enjeux des années à venir. Il devient donc nécessaire de trouver des solutions. En tant que futur ingénieur, la production et la consommation d'énergie sont des domaines qui me passionnent.

Afin de limiter le réchauffement de la planète, nos consommations énergétiques doivent diminuer. Le secteur résidentiel étant l'un des domaines les plus consommateur, les gouvernements ont mis en place des réglementations sur l'efficacité énergétique des bâtiments.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Énergétique).*

### Positionnement thématique (ETAPE 2)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Énergétique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Transition écologique</i>	<i>Ecological transition</i>
<i>Efficacité énergétique</i>	<i>Energy efficiency</i>
<i>Bâtiment à énergie positive</i>	<i>Positive energy building</i>
<i>Rayonnement solaire</i>	<i>Solar radiation</i>
<i>Déphasage thermique</i>	<i>Thermal phase difference</i>

### Bibliographie commentée

De nos jours, le changement climatique est l'une des plus grandes préoccupations de la société car il représente une menace pour l'humanité. Grâce à des organisations comme le GIEC (groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat) nous avons des preuves que ce changement est causé par l'activité humaine [1]. Les rapports de ces organisations sont tous les 5 ans de plus en plus alarmant et c'est pourquoi nous devons agir. Le domaine du bâtiment étant un domaine très consommateur et polluant (44 % de l'énergie consommée en France), les gouvernements ont dû prendre des mesures. En France il s'agit de la RE2020 [2]. Elle impose aux nouveaux bâtiments une efficacité énergétique minimale sous peine de sanction.

Pour un bâtiment, la principale source de consommation vient du chauffage puis de l'électricité spécifique [3]. Pour diminuer ces consommations, il faut prendre des mesures telles qu'améliorer l'isolation thermique du bâtiment ou encore utiliser la lumière extérieure pour ne pas utiliser d'ampoules [4]. Par exemple, les bâtiments dit passifs utilisent la chaleur des êtres vivants, des appareils électroménagers et du soleil afin de ne pas utiliser de chauffage. Pour les logements, il faut

rajouter aux consommations celles en eau chaude et celles de la cuisson.

Pour améliorer le bilan énergétique des bâtiments, l'idée de production d'électricité est une bonne solution. Les bâtiments les plus performant sont les bâtiments autonomes. Ce sont des bâtiments qui produisent toute l'énergie qu'ils consomment tout au long de l'année. Ils n'ont donc pas besoin d'être reliés à un réseau extérieur. Plus communément, on parle de bâtiments à énergie positive [5]. Contrairement aux bâtiments autonomes ils sont reliés à un réseau externe car malgré le fait qu'en moyenne annuelle ils ont plus produit qu'ils n'ont consommés, ce n'est pas le cas sur certaines périodes de l'année.

Pour capter de l'énergie, la principale solution utilisée sont les panneaux solaires. Il y a deux types de panneaux : les panneaux photovoltaïques qui convertissent les rayons lumineux en électricité et les panneaux solaires thermiques. (Ils utilisent un fluide caloporteur pour réchauffer l'eau chaude sanitaire.)

Le principal inconvénient de ce genre d'ouvrage est le surcoût initial. Il faut plusieurs années pour rendre l'opération rentable financièrement. Il y a aussi des problèmes environnementaux au niveau des matériaux utilisés et de leur provenance.

Historiquement, l'idée de bâtiments passifs date des années 70 mais les réalisations économiquement viables datent des années 2010. Aujourd'hui les projets sont de plus grande envergure. On parle notamment d'éco quartier.

De nombreuses innovations permettent d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire les consommations.

## **Problématique retenue**

Comment rendre un bâtiment performant énergétiquement ?

## **Objectifs du TIPE**

Réaliser une simulation énergétique d'un bâtiment

Expérimenter le déphasage thermique

Adapter le modèle grâce aux résultats de l'expérience.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] GIEC : Mitigation of Climate Change : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

[2] GOUVERNEMENT : Réglementation environnementale RE2020 :

<https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020>

[3] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE : Chiffres clés du logement :

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-logement-2022/29-consommation-denergie>

[4] ADEME : ÉCONOMIES D'ÉNERGIE :

<https://agirpouurlatransition.ademe.fr/particuliers/maison/economies-denergie/20-solutions-reduire-consommation-delectricite>

[5] ADEME : Bâtiments à énergie positive : <https://expertises.ademe.fr/batiment/quoi-parler/batiments-a-energie-positive>

## **DOT**

[1] *Novembre 2022 - Début de la modélisation des panneaux solaires*

[2] *Janvier 2023 - Mise en relation avec l'ESTP*

[3] *Février 2023 - Moulage du bloc de béton*

[4] *Début Mars 2023 - Expérience sur le bloc*

[5] *Fin Mars 2023 - Etude thermique du bloc*

[6] *Avril 2023 - Modélisation de l'évolution thermique du bloc sur python*

[7] *Mai 2023 - Modélisation d'un système complet*

## L'importance des matériaux dans les îlots de chaleur urbain

Après avoir observé la différence de température au sein et en dehors des villes, j'ai voulu étudier le phénomène des îlots de chaleur dans les villes et savoir si les matériaux de nos bâtiments ont un impact sur la température dans les villes.

Les îlots de chaleur reposent sur les interactions de transferts thermique et la météo, ce qui donne lieu à des différences de températures entre les zones rurales et urbaines. L'étude thermique d'un matériau permet de mettre en évidence ce à quoi sont dû les îlots de chaleur.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique), PHYSIQUE (Physique de la Matière).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Îlot de Chaleur</i>	<i>Heat island</i>
<i>Énergie</i>	<i>Energy</i>
<i>Réchauffement Climatique</i>	<i>Global warming</i>
<i>Confort Thermique</i>	<i>Thermal comfort</i>
<i>Rayonnement</i>	<i>Radiation</i>

### Bibliographie commentée

On appelle îlot de chaleur les élévations localisées de température diurnes et nocturnes en milieu urbain par rapport au zone rurale. [1]

L'Îlot de Chaleur est un phénomène physique qui affecte de nombreuses villes et provoque des bulles de chaleur impactant sur le confort thermique. Les conditions qui favorisent l'apparition des îlots de chaleur font l'objet de mesures gouvernementales. [2]

Les matériaux utilisés sont les principales causes des îlots de chaleur. Modéliser le comportement thermique d'un matériau permet de mieux comprendre cet écart de température entre le milieu urbain et le milieu rural. [3]. Le comportement thermique diffère cependant selon l'énergie qu'ils captent, la température moyenne à l'année...

Une approche théorique du phénomène d'îlot de chaleur peut être réalisée car on s'intéressera à une ville, Langres, qui est essentiellement construite en pierre calcaire. Pour rappeler le calcaire provient d'une accumulation de fragments d'organismes morts.

### Problématique retenue

Les îlots de chaleur étant dépendant de plusieurs paramètres, il est nécessaire de déterminer si les matériaux ont un impact.

## Objectifs du TIPE

Identification des îlots de chaleur en ville

Étude de l'effusivité d'un échantillon de matériau constructif

Passage de l'échantillon à l'échelle de la ville

Superposition des résultats avec une base de données météorologiques

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] AGENCE D'URBANISME DE LA RÉGION NANTAISE : Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur ? :

<https://auran.org/content/quest-ce-quun-ilot-de-chaleur>

[2] ENVIRONNEMENT MAGAZINE : Investissement de l'état dans la lutte des îlots de chaleur :

<https://www.environnement-magazine.fr/politiques/article/2022/06/16/140046/500-millions-euros-pour-lutte-contre-les-ilots-chaleur-urbains#:~:text=Dans%20la%20foul%C3%A9e%20de%20cette,%2C%20porte%2Dparole%20du%20gouvernement.>

[3] CEREMA : Ilots de chaleur : Agir dans les territoires pour adapter les villes au changement climatique :

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/ilots-chaleur-agir-territoires-adapter-villes-au-changement#:~:text=Les%20mat%C3%A9riaux%20urbains%20stockent%20la,emp%C3%A4chant%20les%20temp%C3%A9ratures%20de%20redescendre.>

## DOT

[1] *Début septembre, recherche d'un sujet de travail qui s'est suivi par le choix des Îlots de Chaleur comme domaine d'étude. Recherche d'une bibliographie fiable sur le sujet. Décision fin septembre, d'étudier Langres appliqué aux Îlots de Chaleur.*

[2] *Octobre, je décide de collaborer avec Météo France pour étudier les températures moyennes au sein et en dehors de la ville.*

[3] *Réalisation en fin novembre des graphiques démontrant les écarts de températures avec diverse paramètre non-concluant.*

[4] *Décembre, je réalise les graphiques montrant les écarts de températures.*

[5] *Début janvier, diverse expérience sur une pierre en calcaire qui compose la ville de Langres pour étudier la diffusivité thermique.*

[6] *Fin mars, j'ai réalisé des graphiques sur la diffusivité thermique de la pierre.*

## Alimentation énergétique d'un tramway.

Etant quotidiennement utilisateurs du tramway, ce sujet a retenu notre attention car il nous concerne directement. Il est d'autant plus intéressant que le tramway peut permettre de répondre aux enjeux climatiques actuels.

L'enjeu de l'utilisation des transports en commun devient très important dans nos villes en raison de la crise écologique que nous subissons actuellement. Parmi les solutions de déplacement existantes, le tramway c'est inscrit dans le paysage urbain du fait des divers avantages qu'il présente : moderne, rapide, fiable et surtout écologique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- GERARD Mathis
- POULACHON Thomas

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Développement durable</i>	<i>Sustainable development</i>
<i>Production solaire</i>	<i>Solar Production</i>
<i>Caténaire</i>	<i>Catenary</i>
<i>Résistance des matériaux</i>	<i>Strenght of materials</i>
<i>Distribution</i>	<i>Distribution</i>

### Bibliographie commentée

Les premiers tramways sont apparus aux États-Unis au XIXe siècle. En France, le premier tramway est installé dans le département de la Loire et est mis en service en 1838. Il est utilisé pour le transport de voyageurs et de marchandises.

L'utilisation de rails pour déplacer le tramway permet d'un point de vue énergétique d'assurer un rendement élevé : les roues en acier sur les rails présentent une faible résistance au roulement, et dissipent moins d'énergie que les autres modes de liaison au sol. [1]

La traction hippomobile est d'abord la première méthode de traction utilisé pour déplacer le

tramway, seulement cette méthode engendre des coups d'exploitation élevés. C'est pourquoi la traction mécanique est une solution rapidement adoptée : la vapeur dès 1873, l'air comprimé et l'eau surchauffée à partir de 1878, puis le tramway électrique dès 1881. La traction électrique est la solution qui s'impose pour les avantages qu'elles comportent. C'est une solution technique moderne et ne produit que de faibles nuisances. Le développement de l'alimentation électrique, complexifiée par l'interdiction des lignes aériennes dans certaines grandes villes, ne prend une véritable ampleur qu'à partir de 1895 à Paris et en région parisienne.

Le tramway se développe au début du XXe siècle jusque dans la période de l'entre-deux-guerres. Il devient le moyen de transport urbain le plus utilisé, et établit également des liaisons interurbaines. D'autres méthodes de transport sont en cours de développement à cette même époque mais n'égale pas les prestations offertes par le tramway.

Seulement, la démocratisation du pétrole qui permet le développement de l'automobile vient sérieusement faire de l'ombre au tramway. Aux alentours des années 50, les pouvoirs publics investissent dans le développement des infrastructures routières car l'automobile est perçue comme la marque du progrès. Ainsi, 60% des ménages possèdent une voiture en 1960 ce qui engendre une large baisse d'utilisation du tramway. [2]

Néanmoins, en 1985, Nantes est la première ville française à mettre en place un tramway alimenté par caténaire. S'en est suivis Grenoble, Rouen, Saint-Denis, Bobigny puis Strasbourg. Au cours des dernières décennies, le tramway a connu un regain d'intérêt en tant que moyen de transport durable et efficace dans les villes. De nombreuses villes à travers le monde ont mis en place ou étendu leurs réseaux de tramway, attirées par les avantages environnementaux et économiques offerts par ce mode de transport. En effet, le tramway est alimenté par l'électricité, une source d'énergie propre et renouvelable, et il peut transporter un grand nombre de personnes de manière efficace, ce qui le rend particulièrement adapté aux déplacements en ville. [3]

Le tramway est également apprécié pour son impact positif sur la vie des habitants des villes. Étant un moyen de transport fiable et rapide, le tramway peut contribuer à réduire la densité routière et à améliorer la qualité de l'air. Il peut également être un facteur de développement économique en favorisant l'accès au travail et en attirant de nouvelles entreprises dans les quartiers desservis par le tramway. [4]

Pour résumer, le tramway est un moyen de transport durable et efficace qui peut apporter de nombreux avantages aux villes qui l'adoptent. L'énergie électrique l'alimentant, peut-être produite selon des moyens de production durables, qui est un critère devenu fondamental dans la lutte contre le réchauffement climatique. Cette énergie est ensuite distribuée aux réseaux de tramway de façon fiable. Cette distribution est le plus souvent assurée via un système de caténaire maintenu par des potences placées en suspend au-dessus du tramway [5]

## **Problématique retenue**

Comment produire et distribuer l'énergie du tramway ?

## Objectifs du TIPE

Dimensionner une installation photovoltaïque pour alimenter le tramway.

Réaliser une étude énergétique annuel du tramway.

Analyser l'impact des facteurs météorologiques sur la production solaire.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] RICHARD VERGER, GUY TRÉCOLLE, HERVÉ L'HOST : Histoire des tramways, omnibus, trolleybus et autobus à Bordeaux : *ISBN 2-908816-89-X, 978-2-908816-89-1*

[2] FRANCIS DRÉER : Âge d'or de l'automobile, les voitures françaises des années 1950 : *ISBN-10 : 2491502011 ISBN-13 : 978-2491502010*

[3] TRANSILIEN POUR ÎLE-DE-FRANCE MOBILITÉS : Le calcul des émissions de CO2 :

[https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-](https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2#:~:text=en%20tramway%20%3A%203%2C4%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km)

[co2#:~:text=en%20tramway%20%3A%203%2C4%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km](https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2#:~:text=en%20tramway%20%3A%203%2C4%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km)

[4] ERIC ROUBERT : Arts et Métiers MAG : *N°436 p36-41*

[5] GEORGES MULLER : TRAMWAYS - Alimentation, conception, performances et design : *Réf : C4442 V1*

## Mobilité douce en ville

L'utilisation de structures légères pour réaliser des passerelles piétonnes est répandue en ville. Les mobilités douces sont encouragées dans les villes afin de limiter l'utilisation de la voiture. Les structures légères étant peu chères et assez simple à installer, elles tendent alors à se multiplier.

Après observation, j'ai été surpris par la souplesse et la légèreté de ces structures. De plus la mise en pratique des connaissances acquises durant ces années de classe préparatoire sur un modèle concret m'encourage à en approfondir la maîtrise afin de comprendre les systèmes qui m'entourent au quotidien.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Génie civil</i>	<i>Civil engineering</i>
<i>Passerelle piétonne</i>	<i>Pedestrian bridge</i>
<i>Etude harmonique</i>	<i>Harmonic study</i>
<i>Résonance</i>	<i>Resonance</i>

### Bibliographie commentée

La mobilité douce au sein d'une ville entraîne une plus grande utilisation de structures permettant le franchissement d'obstacles géographiques. Le développement de nouvelles mobilités plus écologiques est en pleine expansion, la réalisation d'itinéraires dédiés et protégés est donc un enjeu majeur pour la sécurité routière. En effet, la mixité des moyens de déplacement entraîne de nombreux accidents entre piétons et véhicules motorisés, ce qui représente 16% des accidents [1].

Pour inciter la population à développer une mobilité plus responsable de l'environnement, de nouvelles lois sur l'utilisation des véhicules les plus polluants s'appliquent dans les grandes métropoles. Les citoyens sont alors incités à passer à une mobilité douce, comme la marche à pied. Les moyens de franchissement doivent alors être multipliés afin de réduire et d'optimiser au maximum les trajets qui ne font appel qu'à la seule énergie humaine et ceci tout en limitant l'utilisation de matériaux [2].

Les structures des passerelles piétonnes étant plus souples et plus légères, on constate qu'elles possèdent des fréquences propres proches de celles des activités humaines [3].

Il existe cinq principaux types de structures pour les passerelles. Les structures suspendues ou à haubans, les structures en arc, les structures de poutre simple, et les structures en treillis [4].

Dans ce TIPE, la passerelle étudiée se situe à Dole, sa structure correspond à un pont suspendu à câble inférieur au tablier. Nommée « la passerelle des poètes », elle a été construite en 2004 et permet de franchir le Doubs, elle favorise ainsi une liaison directe entre le centre-ville et la salle de spectacle « la commanderie » [5].

## Problématique retenue

Comment prévoir le comportement dynamique d'une passerelle ?

## Objectifs du TIPE

1. Etude théorique
2. Simulation informatique
3. Expérimentation sur maquette
4. Mesure sur la passerelle

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] MANUELLE SALATHÉ : La sécurité routière en France Bilan de l'accidentalité de l'année 2021 : *Editeur : Observatoire national interministériel de la sécurité routière ; ISBN : 978 211 077549-8 ; Septembre 2022 ; Page : 79*
- [2] Décret n° 2020-1138 du 16 septembre 2020 relatif au non-respect de manière régulière des normes de la qualité de l'air donnant lieu à une obligation d'instauration d'une zone à faibles émissions mobilité
- [3] ISMAËL LÔ : Modélisation des vibrations latérales des passerelles sous l'effet des piétons : *Année académique : 2019-2020 ; université de Liège : faculté des sciences appliquées ; Page : 6*
- [4] BCRET PHILIPPE, CAPRON ALEXANDRE, DE PRELLE ARNAUD, DE WAEGHE BRUNO, KICQ JEAN-CHRISTOPHE, LENOM THIERRY : *Projet Procédés : Construction d'une passerelle : Editeur : Université Libre de Bruxelles (U.L.B.) Faculté des Sciences Appliquées/ École Polytechnique ; Année Académique 2002-2003 ; Pages : 6-7*
- [5] NICOLAS JANBERG : Passerelle des Poètes : *<https://structurae.net/fr/ouvrages/passerelle-des-poetes>*

## DOT

- [1] *[Février 2022 : Observation d'oscillations d'une passerelle à Chamrousse, due au vent]*
- [2] *[Avril 2022 : Découverte de la passerelle des poètes à Dole et sensation d'oscillation verticale sous l'effet de la marche]*
- [3] *[Septembre : Lecture de l'introduction générale d'une thèse sur les phénomènes de synchronisation entre piéton et structure. Découverte de l'oscillation de la passerelle du Millennium à Londres]*

- [4] *[Octobre : Achat du livre de l'architecte de la passerelle des poètes et première mesures de la structure]*
- [5] *[Novembre : Modélisation de la passerelle sur Inventor et observation de la réaction de la structure sous différentes sollicitations]*
- [6] *[Fin Décembre – Janvier : Détermination de constantes caractéristiques de la structure et premières résolutions analytiques avec différentes approximations]*
- [7] *[Février : Résolution numérique d'un système plus proche de la réalité et tentative d'entrer en contact avec l'architecte]*
- [8] *[Mai : Amélioration de la modélisation Inventor à partir de mesures plus précises de la passerelle et modification de certaines constantes]*

## Surveillance d'une zone privée

Nous avons choisi ce système car il est intéressant. Il nous permet de découvrir l'ensemble des composants et d'examiner les différentes études possibles sur celui-ci. De plus le lien avec la ville est assez évident au vu de la quantité de caméras utilisées en ville pour surveiller les zones sensibles.

Les infrastructures critiques situées dans les villes comme les sites de gaz et traitement d'eau sont nécessaires aux fonctions économiques, sociales, vitales et stratégiques. Le Conseil européen d'octobre 2022 est revenu sur la nécessité de renforcer leur protection. Pour surveiller et protéger ces infrastructures, une solution est d'utiliser des caméras dômes.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *GODIN Nathan*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).*

### Positionnement thématique (ETAPE 2)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>pilotage</i>	<i>control</i>
<i>asservissement</i>	<i>regulation</i>
<i>informatique</i>	<i>algorithm</i>
<i>traitement d'image</i>	<i>image processing</i>
<i>suivre (un mouvement)</i>	<i>tracking</i>

### Bibliographie commentée

La chronophotographie, qui se rapproche des vidéos de caméra de surveillance en moins poussé, fut inventée par le célèbre médecin physiologiste et professeur au Collège de France Étienne-Jules Marey (1830-1904). Cette méthode permettait d'obtenir une séquence d'images photographiques prises à de très courts intervalles de temps, afin d'analyser le mouvement d'un sujet.

Marey s'inspira de l'invention de l'astronome français Jules Janssen, qui avec son revolver photographique, avait obtenu dès 1874 plusieurs séries de quarante-huit images successives de

Vénus passant devant le Soleil. [1]

En 1951, le premier enregistreur vidéo enregistre sur une bande magnétique les images d'une caméra de télévision. Quelques années auparavant, Siemens avait entamé ses premières recherches et réalisé une série de tests. Cependant la première utilisation provisoire de caméras de surveillance a été à Trafalgar Square à Londres pour sécuriser un déplacement de Sa Majesté la Reine.

La surveillance a été pensée en 1949 par Georges Orwell qui a publié le roman fictif "1984" dans lequel le concept de surveillance vidéo est popularisé. De nos jours, les systèmes de vidéo surveillance sont abordables à tous, ils sont devenus Plug & Play pour se connecter à l'internet et être consultés, partout, avec un simple smartphone.[2] Aujourd'hui, la ville la plus vidéosurveillée dans le monde est Chongqing, qui compte un ratio de 16 800 caméras pour 100 000 habitants, c'est-à-dire une pour 6 habitants en moyenne.[3]

Depuis environ deux siècles, différentes infrastructures critiques sont en danger et sont dangereuses pour l'homme si elles se retrouvent entre de mauvaises mains, c'est pour cela que des caméras dômes sont installées pour surveiller des zones particulières comme les propriétés privées ou interdites d'accès.[4] Les mesures de protection de chaque zone exposée aux risques doivent être documentées dans un concept de protection de base de l'entreprise, un regroupement en zones, sections ou unités fonctionnelles pouvant s'avérer adéquat. Les aspects qui doivent être pris en compte pour les zones exposées sont des mesures de surveillance électronique au niveau des portes, fenêtres, pièces mais également le suivi du contrôle d'accès aux zones concernées pendant et après le service pour le personnel et les externes. S'ajoute à cela la protection des éléments individuels de commande contre toute erreur de manipulation ou sabotage, par exemple via une surveillance électronique et pour finir une patrouille de surveillance des matériels, effectuée par le service de surveillance pendant les heures des rondes de surveillance. [5]

En 1969, le capteur CCD des caméras de surveillance modernes est créé. Il présente de nombreux avantages qualitatifs comme une meilleure sensibilité à la lumière que le capteur CMOS. On obtient ainsi une meilleure qualité d'image en cas de sous-exposition. Le capteur CMOS est produit en très grande quantité. Sa miniaturisation permet son intégration dans des caméras de petite taille et très discrètes. A l'inverse, il en existe de «grande taille» qui autorisent des résolutions en mégapixels pour les caméras de surveillance IP. [6]

## **Problématique retenue**

Comment piloter une caméra de sécurité par suivi de mouvement ?

## **Objectifs du TIPE**

Piloter un moteur par consigne numérique

Reconnaissance de forme sur une image(traitement d'image)

Sortir l'image de la caméra

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] BOOKS OPENÉDITION : La chronophotographie, ou le mouvement décomposé :  
<https://books.openedition.org/septentrion/46724?lang=fr#:~:text=1La%20chronophotographie%20fut%20invent%C3%A9e,le%20mouvement%20d'un%20sujet>
- [2] VIDÉO SURVEILLANCE DIRECT : Les Grandes étapes : <https://www.video-surveillance-direct.com/content/46-video-surveillance-historique>
- [3] TRISTAN GAUDIAUT : Les villes les plus vidéosurveillées de France :  
<https://fr.statista.com/infographie/19267/villes-france-avec-le-plus-de-cameras-videosurveillance-par-habitant/>
- [4] MIEUX VIVRE VOTRE ARGENT : Vidéosurveillance des propriétés privées :  
<https://www.mieuxvivre-votreargent.fr/vie-pratique/droit/2021/11/23/videosurveillance-des-proprietes-privées-vous-ne-pouvez-pas-faire-nimporte-quoi/>
- [5] BUNDESMINISTERIUM DES INNERN : Protection d'infrastructures critiques – Concept de base de protection :  
[https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritische-infrastrukturen-basischutzkonzept-fr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritische-infrastrukturen-basischutzkonzept-fr.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- [6] MA FORTERESSE : Vidéosurveillance : Histoire de la caméra de surveillance :  
[https://www.maforteresse.com/guide/videosurveillance-histoire-de-la-camera-de-surveillance.html#Les\\_origines\\_de\\_la\\_camera\\_de\\_surveillance](https://www.maforteresse.com/guide/videosurveillance-histoire-de-la-camera-de-surveillance.html#Les_origines_de_la_camera_de_surveillance)

## DOT

- [1] *Février 2022 : Communication avec un ingénieur spécialisé dans le domaine de la fabrication des caméras. Cette discussion nous a amené à choisir notre sujet.*
- [2] *Mars 2022 : Récupération d'une caméra grâce à la municipalité de Sens.*
- [3] *Avril 2022 : Début des expérimentations sur la caméra.*
- [4] *Mai 2022 : Motorisation des moteurs pas à pas de la camera pour la première fois grâce à un programme informatique.*
- [5] *Octobre 2022 : Discussion avec un élève en école d'ingénieur qui a déjà réalisé un code python de reconnaissance faciale.*
- [6] *Novembre 2022 : Programmation d'un code de reconnaissance faciale. Début de réflexion sur la télécommunication avec la caméra grâce à un levier de commande.*
- [7] *Janvier 2023 : Compréhension du fonctionnement d'un flux vidéo.*
- [8] *Mars 2023 : Algorithme et mise en œuvre d'un programme de suivi de mouvement à l'aide du code de reconnaissance faciale. Tests concluants pour la télécommunication par levier de commande.*

## Alimentation énergétique d'un tramway

Etant quotidiennement utilisateurs du tramway, ce sujet a retenu notre attention car il nous concerne directement. Il est d'autant plus intéressant que le tramway peut permettre de répondre aux enjeux climatiques actuels.

L'enjeu de l'utilisation des transports en commun devient très important dans nos villes en raison de la crise écologique que nous subissons actuellement. Parmi les solutions de déplacement existantes, le tramway c'est inscrit dans le paysage urbain du fait des divers avantages qu'il présente : moderne, rapide, fiable et surtout écologique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- GERARD Mathis
- MOUCHOUX Marceau

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Développement durable</i>	<i>Sustainable development</i>
<i>Production solaire</i>	<i>Solar Production</i>
<i>Caténaire</i>	<i>Catenary</i>
<i>Résistance des matériaux</i>	<i>Strenght of materials</i>
<i>Distribution</i>	<i>Distribution</i>

### Bibliographie commentée

Les premiers tramways sont apparus aux États-Unis au XIXe siècle. En France, le premier tramway est installé dans le département de la Loire et est mis en service en 1838. Il est utilisé pour le transport de voyageurs et de marchandises.

L'utilisation de rails pour déplacer le tramway permet d'un point de vue énergétique d'assurer un rendement élevé : les roues en acier sur les rails présentent une faible résistance au roulement, et dissipent moins d'énergie que les autres modes de liaison au sol. [1]

La traction hippomobile est d'abord la première méthode de traction utilisé pour déplacer le

tramway, seulement cette méthode engendre des coups d'exploitation élevés. C'est pourquoi la traction mécanique est une solution rapidement adoptée : la vapeur dès 1873, l'air comprimé et l'eau surchauffée à partir de 1878, puis le tramway électrique dès 1881. La traction électrique est la solution qui s'impose pour les avantages qu'elles comportent. C'est une solution technique moderne et ne produit que de faibles nuisances. Le développement de l'alimentation électrique, complexifiée par l'interdiction des lignes aériennes dans certaines grandes villes, ne prend une véritable ampleur qu'à partir de 1895 à Paris et en région parisienne.

Le tramway se développe au début du XXe siècle jusque dans la période de l'entre-deux-guerres. Il devient le moyen de transport urbain le plus utilisé, et établit également des liaisons interurbaines. D'autres méthodes de transport sont en cours de développement à cette même époque mais n'égale pas les prestations offertes par le tramway.

Seulement, la démocratisation du pétrole qui permet le développement de l'automobile vient sérieusement faire de l'ombre au tramway. Aux alentours des années 50, les pouvoirs publics investissent dans le développement des infrastructures routières car l'automobile est perçue comme la marque du progrès. Ainsi, 60% des ménages possèdent une voiture en 1960 ce qui engendre une large baisse d'utilisation du tramway. [2]

Néanmoins, en 1985, Nantes est la première ville française à mettre en place un tramway alimenté par caténaire. S'en est suivis Grenoble, Rouen, Saint-Denis, Bobigny puis Strasbourg. Au cours des dernières décennies, le tramway a connu un regain d'intérêt en tant que moyen de transport durable et efficace dans les villes. De nombreuses villes à travers le monde ont mis en place ou étendu leurs réseaux de tramway, attirées par les avantages environnementaux et économiques offerts par ce mode de transport. En effet, le tramway est alimenté par l'électricité, une source d'énergie propre et renouvelable, et il peut transporter un grand nombre de personnes de manière efficace, ce qui le rend particulièrement adapté aux déplacements en ville. [3]

Le tramway est également apprécié pour son impact positif sur la vie des habitants des villes. Étant un moyen de transport fiable et rapide, le tramway peut contribuer à réduire la densité routière et à améliorer la qualité de l'air. Il peut également être un facteur de développement économique en favorisant l'accès au travail et en attirant de nouvelles entreprises dans les quartiers desservis par le tramway. [4]

Pour résumer, le tramway est un moyen de transport durable et efficace qui peut apporter de nombreux avantages aux villes qui l'adoptent. L'énergie électrique l'alimentant, peut-être produite selon des moyens de production durables, qui est un critère devenu fondamental dans la lutte contre le réchauffement climatique. Cette énergie est ensuite distribuée aux réseaux de tramway de façon fiable. Cette distribution est le plus souvent assurée via un système de caténaire maintenu par des potences placées en suspend au-dessus du tramway [5]

## **Problématique retenue**

Comment produire et distribuer l'énergie du tramway ?

## Objectifs du TIPE

- Maintien à l'horizontal de la caténaire
- Etude de dilatation de la caténaire selon différentes températures

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] RICHARD VERGER, GUY TRÉCOLLE, HERVÉ L'HOST : Histoire des tramways, omnibus, trolleybus et autobus à Bordeaux : *ISBN 2-908816-89-X, 978-2-908816-89-1*
- [2] FRANCIS DRÉER : Âge d'or de l'automobile, les voitures françaises des années 1950 : *ISBN-10 : 2491502011 ISBN-13 : 978-2491502010*
- [3] TRANSILIEN POUR ÎLE-DE-FRANCE MOBILITÉS : Le calcul des émissions de CO2 :  
<https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2#:~:text=en%20tramway%20%3A%203%2C4%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km>
- [4] ERIC ROUBERT : Arts et Métiers MAG : *N°436 p36-41*
- [5] GEORGES MULLER : TRAMWAYS - Alimentation, conception, performances et design : *Réf : C4442 V1*

## Générateur Piézoélectrique

Le générateur piézoélectrique permet d'appliquer les enseignements reçus en classe préparatoire et de compléter nos connaissances dans le cadre de nos projets personnels. Dans le cadre d'un avenir sain, il est ainsi intéressant d'étudier au plutôt des solutions de développement durable.

L'étude porte sur les générateurs piézoélectriques, des systèmes permettant de convertir de l'énergie, de la stocker et de pouvoir la distribuer afin d'alimenter une lampe. On peut les utiliser afin d'éclairer une rue en marchant sur des plaques composées de générateurs piézoélectriques qui viendront convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- *HANNICHE Bruno-Massinissa*

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Electrique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Piézoélectricité.</i>	<i>Piezoelectricity</i>
<i>Générateur.</i>	<i>Generator</i>
<i>Énergie.</i>	<i>Energy</i>
<i>Conversion mécano électrique.</i>	<i>mechanical electric conversion.</i>
<i>Stocker</i>	<i>Store</i>

### Bibliographie commentée

Découvert en 1880 par Jacques & Pierre Curie, l'effet piézoélectrique ou piézoélectricité est la propriété de certains matériaux à générer un champ électrique sous l'action d'une contrainte mécanique appelée effet direct. L'inverse est également possible, c'est-à-dire obtenir une déformation suite à la circulation d'un courant électrique on parlera d'effet indirect découvert par Gabriel Lippman en 1881. Une étude est publiée en 1910 par Woldemar Voigt ; elle prêche sur des classes de cristaux asymétriques et de leurs propriétés piézoélectriques [1].

Il existe deux catégories de matériaux piézoélectriques : ceux utilisés pour leurs propriétés mécaniques à l'état physique et ceux qui ont une capacité à conduire le courant électrique, exprimé dans la forme et matière des réactions chimiques. Ainsi nous avons certains matériaux principaux utilisés qui sont des cristaux naturels : le Quartz, la Topaze, le Berlinite. Mais également des céramiques artificiels tels que : le Lithium Niobate, le Phosphate de Gallium [2]. Sous contrainte,

ces matériaux se polarisent et des charges positives et négatives apparaissent au bord ce qui crée un champ électrique. C'est plus souvent sous forme céramique PZT (Oxyde de plomb, zirconium et titane), que les générateurs et capteurs piézoélectriques sont fabriqués [3].

Les céramiques piézoélectriques sont produites et utilisées en volume. Du point de vue de la fabrication, l'obtention par frittage permet une variété de formes et de tailles bien plus importante que pour les cristaux, pour obtenir un couplage important. Il est donc préférable de maximiser le champ en tout point lors de la polarisation. Pour cela, une épaisseur constante entre les électrodes est préférable. Les éléments piézoélectriques sont donc très souvent des plaquettes droites. Les céramiques présentent des couplages élevés, mais sont fragiles. Presque tous les paramètres piézoélectriques sont sensibles à la température, et peuvent évoluer au cours du temps. Cependant, il est possible de les repolariser périodiquement afin de compenser ce vieillissement. [4]

Les éléments piézoélectriques sont utilisés pour des applications de capteur où l'on utilise l'effet piézoélectrique direct, nous parlons ainsi de conversion mécano électrique permettant de convertir la force exercée sur le générateur en une tension. L'application au milieu urbain de l'effet direct a été popularisée par Pavegen [5], qui est capable de produire de l'électricité à chaque fois qu'une personne marche dessus. Constituées de caoutchouc, les dalles Pavegen sont fabriquées à partir de pneus de camion recyclés et se basent sur le caractère piézoélectrique de certains matériaux pour produire de l'électricité.

Chaque dalle peut produire entre 4 et 7 watts en continu, si elles sont piétinées sans arrêt et selon le poids de l'individu [5]. Une fois produite, l'électricité peut être utilisée directement sur place ou alors stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

Il est possible de redresser la tension afin d'obtenir un signal plus propre qui sera stockée dans un condensateur. La tension en entrée qui est alternative peut devenir continue, on effectue cela via un pont de diode relié à la source piézoélectrique. Il est possible d'utiliser 3 types de ponts redresseur avec des diodes : simple, complet, double courant [4].

## **Problématique retenue**

Comment créer, stocker et distribuer de l'énergie électrique obtenue par un générateur piézo-électrique ?

## **Objectifs du TIPE**

- 1) Modéliser le générateur.
- 2) Étudier expérimentalement le générateur.
- 3) Modélisation et réalisation du schéma électrique et application.
- 4) Réalisation du générateur pour un éclairage.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

[1] INSA LYON : Piézoélectricité : <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2002/malhis/chapitre2.pdf>

[2] TUGDUAL LOYER & ROBERT LEROY : « Etude de l'effet piézoélectrique un matériau intelligent » – Séminaire de recherche – Année 2015-2016 :

<https://seminairematériaux.files.wordpress.com/2016/02/etude-de-leffet-pic3a9zoc3a9lectrique.pdf>

[3] JULIEN DURCANE : Modèle électromagnétique :

[https://perso.crans.org/ducarne/partie1.pdf?fbclid=IwAR2hF2pb1ol4at9I6\\_\\_mMjIvtpTKibMdEA5sfK1VmRjRZTFX6VRsWdh490](https://perso.crans.org/ducarne/partie1.pdf?fbclid=IwAR2hF2pb1ol4at9I6__mMjIvtpTKibMdEA5sfK1VmRjRZTFX6VRsWdh490)

[4] DEJAN VASIC, FRANÇOIS COSTA : Applications des éléments piézoélectriques en électronique de puissance.

[5] PAVEGEN : <https://www.pavegen.com/>

## **DOT**

[1] *[Avril/Mai 2022] Prise de contact avec l'entreprise Pavegen pour comprendre la technologie*

[2] *[Juin/Juillet 2022] Création du générateur piézoélectrique et du support.*

[3] *[Septembre 2022] Étude à grande échelle d'un Générateur piézoélectrique déjà existant.*

[4] *[Octobre 2022] Étude de l'effet piézoélectrique et de la conversion mécano - électrique.*

[5] *[Mars/Avril 2023] Étude théorique et expérimentale des stockages de l'énergie.*