# Fiches Techniques
## *Véhicules Filoguidés*

| | |
|---|---|
| Auteur | Ariane RUDELLE, Planète Sciences Occitanie |
| Date dernière édition | 10/01/2019 |
| Nb pages | 81 |
| Contributeurs et comité de relecture | Planète Sciences Occitanie (PSO) remercie tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce document, qu'il s'agisse de fournir du contenu ou lors de la relecture, par leurs remarques et leur force de proposition.<br><br>Julien ALCARAZ (Lycée Déodat de Séverac), Eric COUFFIN (PSO), David DELBOS (PSO), Laurent DESDOUITS (PSO), Elsa DUVAL-CAMARA (PSO), Luc ESTIENNY (collège Saint-Joseph), René LABORDE (Délires d'encre), Vincent LAVANANT (Délégation académique), Erik LE MENN (PSO), Michel LOUTON (PSO), Philippe MARTORELL (PSO), Antoine RUIZ-SCORLETTI (PSO), Claire SANCHEZ, Eric SAULIERES (Lycée Déodat de Séverac), Mickaël WILMART (A Ciel Ouvert) |

**SOMMAIRE**

**FICHES MODE D'EMPLOI ..... 4**

**FICHE 1 : METHODOLOGIE DU PROJET ..... 5**

1 - QU'EST-CE QUE L'ENERGIE ?..... 7

**FICHE 2A : INTRODUCTION SUR LES ENERGIES : DES FOSSILES AUX RENOUVELABLES ..... 7**

1 –LES SOURCES D'ENERGIES..... 8
2 – LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET D'ELECTRICITE EN FRANCE ..... 10
3 - LA NECESSITE D'UN MIX ENERGETIQUE ET DES ECONOMIES D'ENERGIE..... 11
4- ZOOM SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE ..... 13
5 – L'AIR QUE NOUS RESPIRONS..... 19

**FICHE 2B : INTRODUCTION : POLLUTION DE L'AIR ET TRANSPORTS..... 19**

1 - LIEN ENTRE TRANSPORTS ET POLLUTION DE L'AIR ..... 24
2 – LES DIFFERENTS MODES DE TRANSPORTS ..... 25
3 – LES SOLUTIONS DU QUOTIDIEN ..... 27
4 – FONCTIONNEMENT DE LA CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE ..... 28

**FICHE 3 : ELECTRICITE : LA TRANSFORMATION DE L'ENERGIE DE LA CELLULE SOLAIRE AU MOTEUR ..... 28**

1 – FONCTIONNEMENT DU MOTEUR ELECTRIQUE ..... 30
2 – FONCTIONNEMENT BREF DU CONDENSATEUR..... 32
3 – TRAVAUX PRATIQUES SUR LE PRINCIPE DU MOTEUR ..... 33

**FICHE 4 : ELECTRICITE : LES BASES DU MONTAGE ELECTRIQUE ET MONTAGE DU KIT FOURNI..... 34**

1- THEORIE : LES BASES DU CIRCUIT ELECTRIQUE
*Circuit en série ..... 34*
*Circuit en dérivation (dit aussi « en parallèle ») ..... 35*
*Sécurité : ne pas court-circuiter le montage !..... 36*
2 - PRATIQUE : MONTAGE DU KIT FOURNI ..... 37

**FICHE 5 : MECANIQUE : LES BASES DE LA MECANIQUE, MOUVEMENTS ET ENGRENAGES ..... 41**

1- LES DIFFERENTS TYPES DE MOUVEMENTS ..... 41
2 - TRANSFORMATION DU MOUVEMENT..... 43
3 - TRANSMISSION DU MOUVEMENT..... 45
4 - ZOOM SUR LA TRANSMISSION PAR ENGRENAGES..... 47

**FICHE 6 : MECANIQUE CONCEPTION : CHOIX DES ROUES ..... 49**

1- TAILLE DES ROUES - VITESSE..... 49
2- TAILLE ET MATERIAU DES ROUES – ADHERENCE..... 50
3- TRACTION ET PROPULSION ..... 52
4 – NOMBRE DE ROUES MOTRICES ..... 53
5- TRAVAUX PRATIQUES..... 54

**FICHE 7 : MECANIQUE MONTAGE A 3 ROUES (DIRECT) ..... 55**

**FICHE 8 : MECANIQUE MONTAGE A 4 ROUES (INDIRECT) ..... 57**

**FICHE 9 : CONCEPTION DU CHASSISCHOIX DES MATERIAUX, LIEN ENTRE ELEMENTS ROULANTS ET NON ROULANTS ..... 59**

1- CONCEPTION DU CHASSIS ..... 59
2 - LIEN ENTRE LES ELEMENTS ROULANTS ET LE CHASSIS ..... 60
3 - FABRICATION DE LA CROSSE DE GUIDAGE ..... 63

**FICHE 10 : TEST ET DEBUGGAGE VERIFICATION DU BON FONCTIONNEMENT DU VEHICULE ET TEST EN CONDITIONS DE COURSE ..... 65**

1- TEST DU FONCTIONNEMENT SIMPLE DU VEHICULE ..... 65
2 - TEST DU FONCTIONNEMENT EN CONDITIONS DE COURSE ..... 67

**FICHE 11 : COMMUNICATION TOUT AU LONG DU PROJET (BLOG, POSTER,…) ..... 69**

1- LE BLOG ..... 69
2 – LE POSTER ..... 71

**ANNEXE 1 : POUR ALLER PLUS LOIN ..... 72**

**ANNEXE 2 : TRANSVERSALITE DU PROJET ..... 72**

**ANNEXE 3 : LIENS POUR FOURNITURES ..... 72**

# FICHES MODE D'EMPLOI

Ce livret de fiches s'adresse aux enseignants des classes participant aux Défis Solaires (version véhicules filoguidés) en partenariat avec Planète Science Occitanie. Son objectif est d'**accompagner les enseignants** dans la réalisation de ce projet de A à Z.

Cependant, il n'est nullement nécessaire d'avoir lu toutes les fiches pour réaliser un véhicule qui fonctionne. Les fiches peuvent être utilisées en soutien pour compléter les connaissances, proposer des illustrations ou donner des exemples pratiques.

Les fiches sont agencées par ordre logique, toutefois elles peuvent être lues dans le désordre.

Elles contiennent des **suggestions pour aborder le projet** avec les élèves, des **informations théoriques** sur les thématiques abordées (électricité, mécanique), des **informations techniques** sur la conception et la réalisation du véhicule, des **illustrations**, des pistes d'**exercices pratiques**, des **liens pour aller plus loin** etc. Un **planning** est également proposé en début de document. Libre à chacun d'utiliser **les informations** qui l'intéressent.

# FICHE 1 : METHODOLOGIE DU PROJET

On peut aborder le projet des défis solaires par différents angles et par différentes méthodes. Toutefois certaines étapes sont recommandées pour ne pas laisser de côté des points importants qui viendraient à faire défaut par la suite. Le plan suivant reprend les étapes qui nous paraissent importantes. A noter : l'étape « communication » sera évaluée le jour des rencontres et son classement compte dans le classement final (voir règlement). A ne pas négliger !

**INTRODUCTION**

En fonction du thème choisi : Énergies, transports

Présentation des défis solaires et des objectifs

**ELECTRICITE**

Les bases du circuit électrique

La transformation de l'énergie

**MECANIQUE**

Les bases de la mécanique

La transmission du mouvement : du moteur à la roue

**CONCEPTION DU CHASSIS**

Choix des matériaux

Lien entre éléments roulants et non roulants

**TEST ET DEBUGGAGE**

Vérification du bon fonctionnement du véhicule

Test en conditions de course

**COMMUNICATION**

Tout au long du projet (blog, poster…)

Pour mener à bien le projet des défis solaire, un **minimum de 20h de travail** est souhaitable pour en couvrir les différents aspects. Plus d'heures peuvent bien entendu y être consacrées afin d'approfondir de nombreuses notions en lien avec les programmes de cycle 3, ou pour en faire un projet de classe ou d'établissement.

Un exemple de planning est proposé ci-dessous. Les dates des inscriptions, des formations et des rencontres sont **à vérifier chaque année auprès de Planète Sciences Occitanie**. Ce planning n'est qu'une suggestion, à chacun de l'adapter en fonction de la date de commencement et de la disponibilité !

***Septembre – Décembre***
*Inscriptions*

***Introduction** au choix. Présentation du cahier des charges*

***Janvier***
*Formation enseignants*

*Constitution de **groupes**, définition du rôle de chacun. **Planning**.*

***Février***

*Travail global sur **l'électricité, la mécanique, les matériaux**. Plans. Conception.*

***Mars - Avril***

***Réalisation** des véhicules. Emergence et résolution de problématiques pratiques.*

***Mai***
*Rencontres départementales*

***Test** et débuggage des véhicules. Finalisation du support de **communication.***

*+ Communication tout au long du projet*

Les défis solaires permettent d'aborder des sujets riches et actuels, tels que les différents types d'énergie sur notre planète. Cette introduction est une suggestion pour aborder le projet sous cet angle. D'autres sujets peuvent également introduire le projet.

## 1 - Qu'est-ce que l'énergie ?

L'énergie, c'est ce qui est nécessaire pour créer du mouvement, de la déformation, de la chaleur, du courant électrique, du rayonnement électromagnétique ou différentes réactions chimiques. En sciences physiques, elle se mesure en Joule.

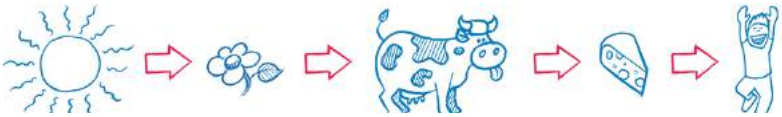
L'énergie peut exister sous plusieurs formes. Parmi les principales :

- **L'énergie thermique**, qui génère de la chaleur ;
- **L'énergie électrique** ou **électricité**, qui fait circuler les particules – électrons - dans les fils électriques ;
- **L'énergie mécanique**, qui permet de déplacer des objets ;
- **L'énergie chimique**, qui lie les atomes dans les molécules ;
- **L'énergie musculaire** qui fait bouger les muscles.
- **L'énergie de rayonnement** ou **énergie lumineuse**, qui génère de la lumière

L'énergie se conserve. **La quantité totale d'énergie dans un système donné ne change pas, on ne peut donc ni la créer, ni la détruire.** L'énergie ne peut qu'être transférée d'un corps à un autre et transformée d'une forme en une autre. Le corps qui en fournit voit son énergie diminuer, la diminution correspondant exactement à de la quantité d'énergie fournie. Et l'énergie du corps qui la reçoit augmente, justement du même montant. L'énergie totale est conservée. « Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme » disait Lavoisier, chimiste au XVIIIème siècle…

Un exemple : en brûlant dans l'air, le bois libère son énergie chimique. Cette énergie se transforme en chaleur, l'énergie thermique, et en lumière, l'énergie de rayonnement. Lors de cette réaction, la quantité d'énergie totale ne change pas, elle change simplement de forme.

On parle aussi de **cycle de l'énergie** : l'énergie du Soleil fait pousser les plantes ; La vache va manger l'herbe et les fleurs ; Son lait va servir à fabriquer du fromage ; Les enfants vont le manger et ensuite jouer, courir, sauter, réfléchir… A chaque étape, l'énergie s'est transformée.



*Source : http://www.explorateurs-energie.com/index.php/l-energie/qu-est-ce-que-l-energie*

## 2 –Les sources d'énergies

Les **énergies fossiles** (pétrole, charbon, gaz naturel) se sont formées au cours de centaines de millions d'années. L'énergie du combustible nucléaire (uranium, …) se trouve même déjà dans la Terre depuis sa formation. A l'heure actuelle, ces énergies sont consommées avec une rapidité incroyable.

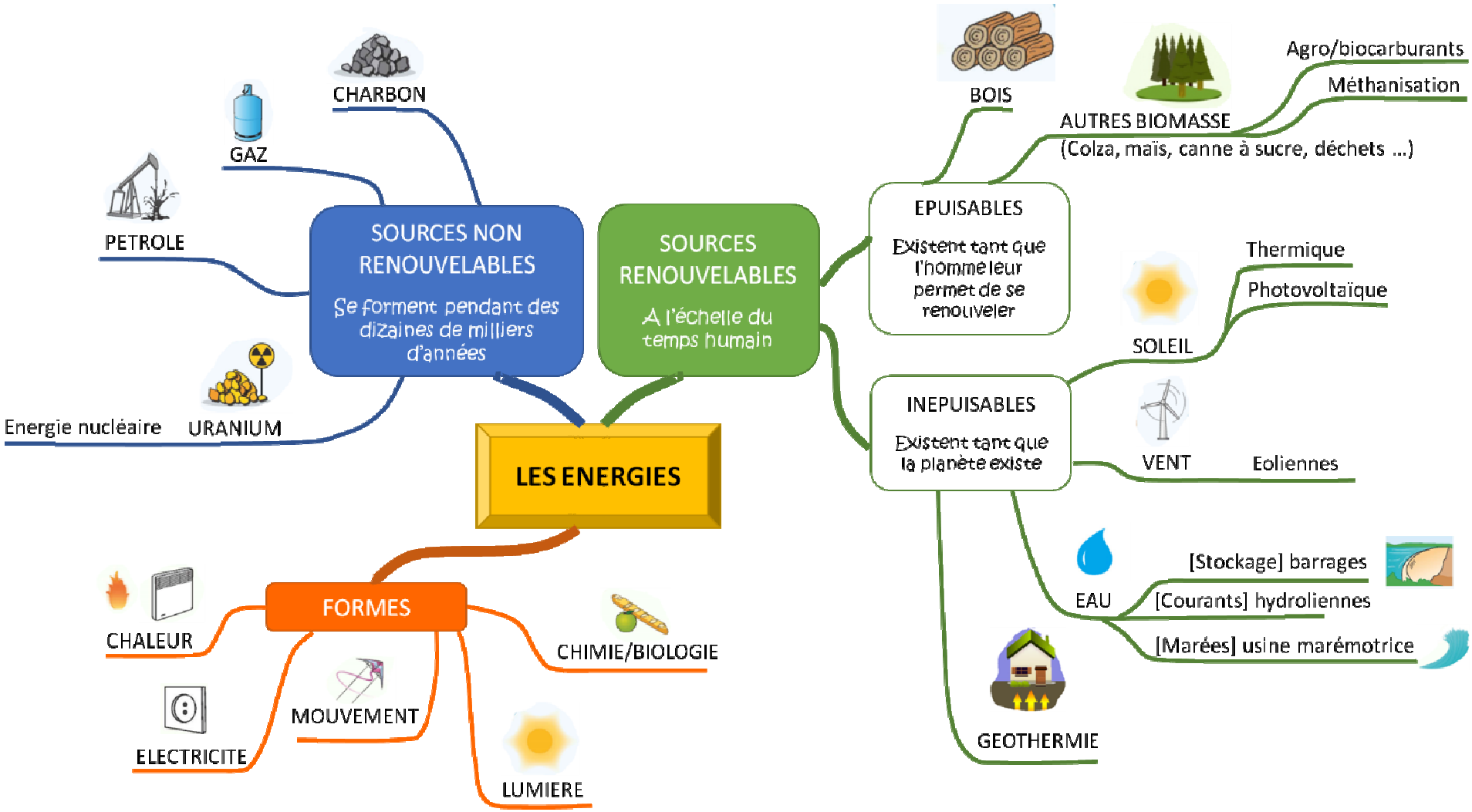
Les **énergies renouvelables**, par contre, se renouvellent perpétuellement, du moins au cours de la durée d'une vie humaine. Comme exemples citons l'énergie hydraulique (énergie cinétique de l'eau), l'énergie éolienne (énergie cinétique de l'air), l'énergie solaire, l'énergie contenue dans la biomasse (plantes, bois ou matières organiques d'origine animale).

L'énergie cinétique de l'eau et de l'air est transformée en énergie électrique, l'énergie solaire en énergie thermique et électrique, l'énergie de la biomasse des plantes et des animaux par la voie de biogaz et d'agrocarburants en énergie thermique et électrique, et celle du bois en énergie thermique par combustion.

**Bien lire les chiffres : Distinguer l'énergie de l'électricité**

L'énergie est le terme global, dont les sources et les formes sont multiples. L'électricité est une forme d'énergie. On dit aussi qu'elle est un vecteur d'énergie, une façon de transporter l'énergie d'une source (éolienne par exemple) à son lieu de consommation (une maison par exemple).

La carte mentale ci-après permet de visualiser les différentes formes d'énergie.

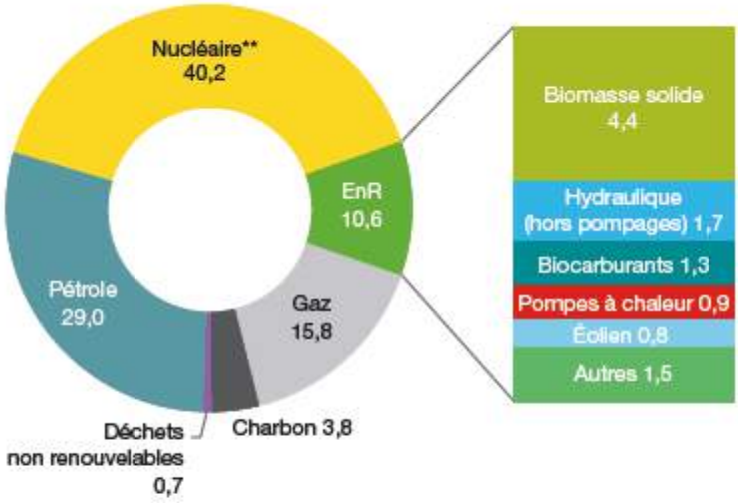

LES ENERGIES
SOURCES NON RENOUVELABLES
Se forment pendant des dizaines de milliers d'années
CHARBON
GAZ
PETROLE
Energie nucléaire
URANIUM
SOURCES RENOUVELABLES
A l'échelle du temps humain
EPUISABLES
Existent tant que l'homme leur permet de se renouveler
BOIS
AUTRES BIOMASSE
(Colza, maïs, canne à sucre, déchets ...)
Agro/biocarburants
Méthanisation
INEPUISABLES
Existent tant que la planète existe
SOLEIL
Thermique
Photovoltaïque
VENT
Eoliennes
EAU
[Stockage] barrages
[Courants] hydroliennes
[Marées] usine marémotrice
GEOTHERMIE
FORMES
CHALEUR
ELECTRICITE
MOUVEMENT
LUMIERE
CHIMIE/BIOLOGIE

# 3 – La consommation d'énergie et d'électricité en France

## *Energie*

Ci-dessous la répartition de la consommation d'énergie primaire en France métropolitaine. On remarque que le **nucléaire et le pétrole représentent plus des 2/3 des sources d'énergie consommées**. Ceci peut être mis en parallèle avec le fait que la France ne dispose ni de pétrole ni d'uranium (du moins très peu) sur ses terres. La matière première est donc exclusivement importée.

**TOTAL : 250 MTEP EN 2017**
En % (données corrigées des variations climatiques)

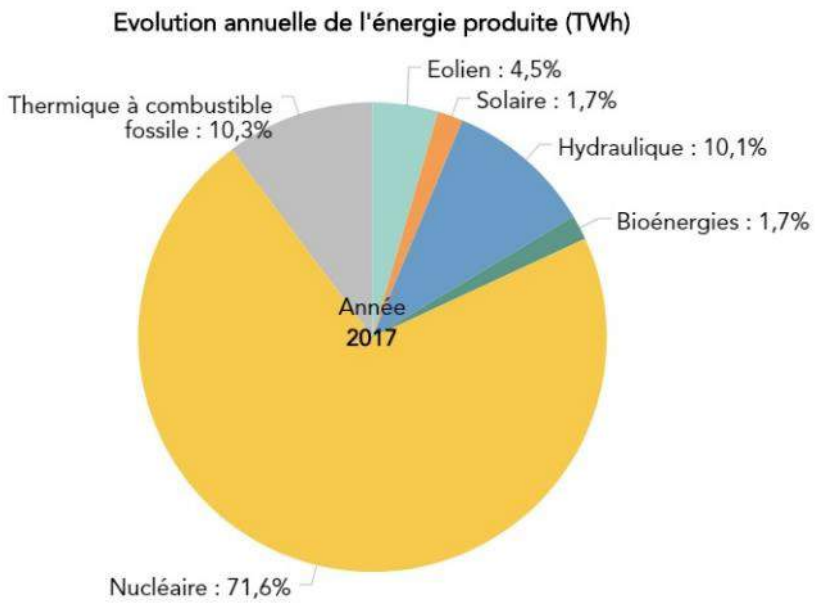



** EnR : énergies renouvelables.*
*** Correspond pour l'essentiel à la production nucléaire, déduction faite du solde exportateur d'électricité. On inclut également la production hydraulique issue des pompages réalisés par l'intermédiaire de stations de transfert d'énergie, mais cette dernière demeure marginale, comparée à la production nucléaire.*
**** Hydraulique hors pompage.*
*Champ : métropole.*
***Source :** calculs SDES, d'après les données disponibles par énergie*

*Source : ministère de l'environnement, les chiffres-clés de l'énergie*
2018 (pour l'année 2017)

## *Electricité*

Parmi toute cette énergie consommée, une partie l'est sous forme d'électricité. Le diagramme ci-dessous montre la répartition de l'électricité produite en France en fonction de la source d'énergie utilisé pour la produire. En France, toute l'électricité produite est raccordée à un réseau quelle qu'en soit la source : on ne peut pas distinguer de différence de proportion entre électricité produite ou consommée. A noter : l'industrie consomme environ ¼ de la consommation totale de notre pays.




*Source : RTE, Bilan électrique 2017*

On remarque que le nucléaire fournit l'essentiel de l'électricité en France. Si les énergies renouvelables peuvent paraître marginales dans cette production (en tout 18%), leur production a pourtant bien augmenté : la part d'électricité d'origine éolienne a par exemple doublé en 10 ans, de même pour le solaire.

La consommation d'électricité est très variable selon la période de l'année : en hiver, le chauffage électrique implique une consommation supérieure à la consommation estivale. La consommation électrique varie également au cours de la journée, les pics se situant le matin et en soirée, correspondant aux heures de réveil et de retour au domicile de la majorité des Français.

Réduire la production d 'électricité et ne pas la gaspiller, c'est réduire ses besoins globaux mais également mieux répartir sa consommation afin d'éviter ces pics. Eteindre les appareils en veille, éteindre la lumière en sortant d'une pièce, débrancher les chargeurs, baisser le chauffage de 1°, programmer certains appareils la nuit,.... Autant de gestes permettant de réduire sa consommation ou de mieux la répartir sur 24 heures !

## 4 - La nécessité d'un mix énergétique et des économies d'énergie

Il y avait **1,6 milliard de personnes sur Terre en 1900** et **7,5 milliards en 2017**. Dans le même temps, la **consommation d'énergie a été multipliée environ par 25** ! Or, aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Humanité sont couverts en très grande partie par les **énergies fossiles (80%)** qui sont polluantes. En brûlant, les énergies fossiles rejettent des gaz et des poussières dans l'air. L'une

FICHE 2A

des conséquences, c'est l'**effet de serre** (voir pp22-23), qui participe à l'augmentation de la température moyenne sur Terre. Les conséquences négatives se font déjà sentir:

- Les **glaciers et les banquises fondent**, et font monter le niveau des mers;
- Les **déserts et les zones de végétation se déplacent**;
- Les **phénomènes climatiques extrêmes sont toujours plus nombreux**: sécheresses, inondations, cyclones...

Le tableau ci-dessous résume les principaux avantages et inconvénients des sources d'énergie les plus répandues.

| SOURCE | PRINCIPAUX AVANTAGES | PRINCIPAUX INCONVENIENTS |
|---|---|---|
| **NON RENOUVELABLE** | | |
| **Uranium** | Zéro rejet de CO2 (hors extraction et transport) | Importé. Catastrophe potentielle en cas d'accident. Dangerosité des déchets. |
| **Charbon** | Le moins cher | Importé. Le plus polluant (CO2). |
| **Pétrole** | Permet de produire de nombreux dérivés (essence, plastique,…) | Importé. De + en + rare. 2ème plus polluant. Marées noires lors du transport. Conflits géopolitiques. |
| **Gaz** | Energie fossile la moins émettrice de CO2 (40% en moins que le charbon) | Importé. 3 fois plus cher que le charbon. Explosif. |
| **RENOUVELABLE** | | |
| **Agrocarburants** | Alternative au pétrole en termes de dépendance énergétique | Peut concurrencer l'alimentation. Forte demande en eau/pesticides. Déforestation. |
| **Bois** | Relance la production de bois. Local. | Pas inépuisable, déforestation si mal exploité. Rejet de CO2. |
| **Géothermie** | Aucune transformation, rejets nuls | A grande échelle: nécessite de se trouver sur une zone géographique propice (Islande…) |
| **Méthanisation** | Valorisation des déchets agricoles (lisier, fumier), ou autres non traités | possibilité de nuisances olfactives voire acoustique en cas de transports incessants. |
| **Hydroélectrique** | Aucune émission de CO2. Electricité stable et à grande échelle. | Ingérence majeure dans le paysage. Affection des écosystèmes. |
| **Marémotrice** | Aucune émission de CO2 | Cher par rapport à l'électricité produite |
| **Hydroliennes** | Aucune émission de CO2. Non visible, non bruyant, source renouvelable continue et puissante. | Coût (corrosion : maintenance, entretien). Impact sur la faune marine et la pêche à prendre en compte. |
| **Solaire Thermique** | Aucune émission de CO2. Peu d'entretien après investissement. | Différence importante de rendement été/hiver (appoint nécessaire). Investissement élevé. |
| **Solaire photovoltaïque** | Aucune émission de CO2. Peu de maintenance et pas de nuisance. | Intermittent. Investissement de départ élevé. Si au sol, besoin de grandes surfaces. |
| **Eolien Terrestre** | Aucune émission de CO2. Surface au sol négligeable. Production en phase avec la consommation (plus de vent l'hiver). | Intermittent. Selon implantation, impact paysager, parfois sonore. |
| **Eolien Maritime** | Aucune émission de CO2, ni de nuisance sonore. Production + élevée car vent + forts et constants. | Selon implantation, impact paysager. Impact sur la faune maritime à prendre en compte. |

A chacun de hiérarchiser les inconvénients des différentes sources d'énergie…A retenir : aucune solution énergétique n'est neutre sur l'environnement : même si la source d'énergie s'avère abondamment disponible localement et non polluante, elle doit être transformée. Les ressources fossiles se font de plus en plus rares et la Terre se réchauffe bien trop vite, impactant la faune, la flore ainsi que l'humanité toute entière. La Terre pourra-t-elle supporter toutes ces transformations ? Il est donc important de **mixer les sources d'énergie**, en fonction de celles disponibles localement, pour ne plus dépendre de ces énergies fossiles, très polluantes. Pour cela : **développer les énergies renouvelables et économiser l'énergie au maximum**.

En effet, **l'énergie la plus propre reste celle qu'on ne consomme pas**. Ou celle qu'on consomme aux meilleurs moments (lorsqu'elle est abondamment disponible, hors des pics de consommation, la nuit par exemple).

## 5- Zoom sur l'énergie solaire photovoltaïque

### *Historique*

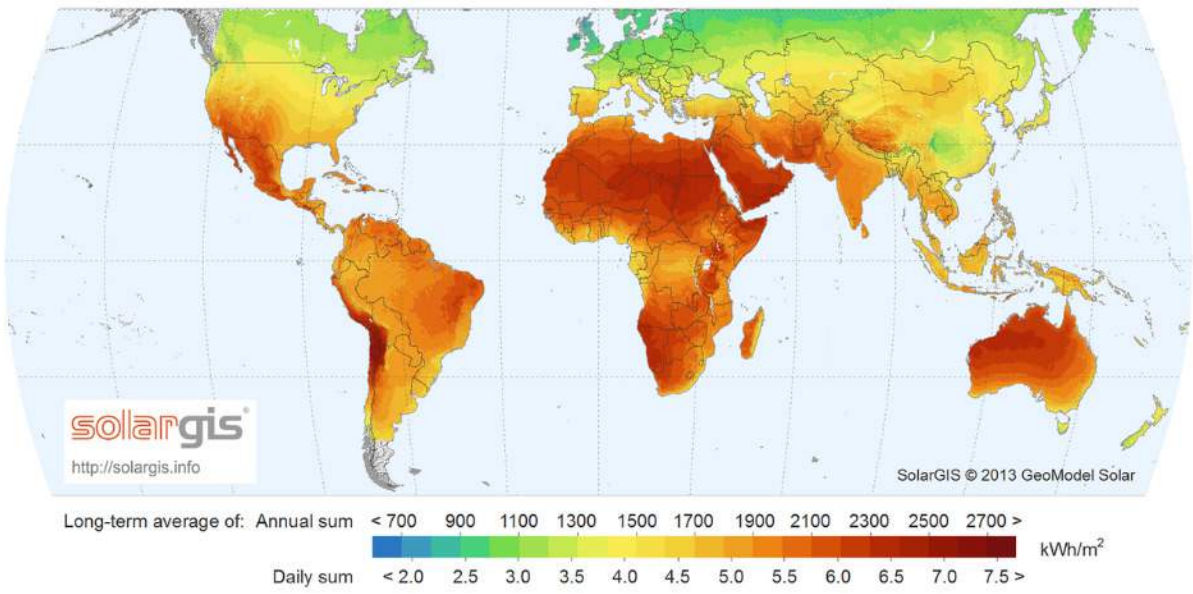
En **1839**, Antoine Becquerel observa que certains matériaux avaient la capacité de produire un courant électrique s'ils étaient exposes a la lumière. Il découvrit ainsi **l'effet photovoltaïque**, qu'il exposa a l'académie des sciences la même année. La première cellule photovoltaïque date de 1883 (Charles Fritts) tandis que les bases théoriques de la technologie PV furent étudiées et posées en 1905 par Albert Einstein.

L'énergie solaire photovoltaïque commença réellement à être exploitée durant la guerre froide, lors de la conquête de l'espace entre l'Union Soviétique et les Etats-Unis. En effet, les scientifiques cherchaient un moyen d'approvisionner en continu leurs satellites en énergie, et ce sans que les dispositifs ne prennent trop de place et ne soient trop lourds dans les engins spatiaux. En 1958, le premier satellite alimenté par des cellules photovoltaïques fut envoyé dans l'espace.

La **crise pétrolière des années 70** fit prendre conscience de l'intérêt à porter aux autres méthodes de production d'énergie. Les énergies propres et renouvelables connurent depuis de grandes avancées et l'énergie solaire photovoltaïque est de nos jours largement répandue dans le monde entier.

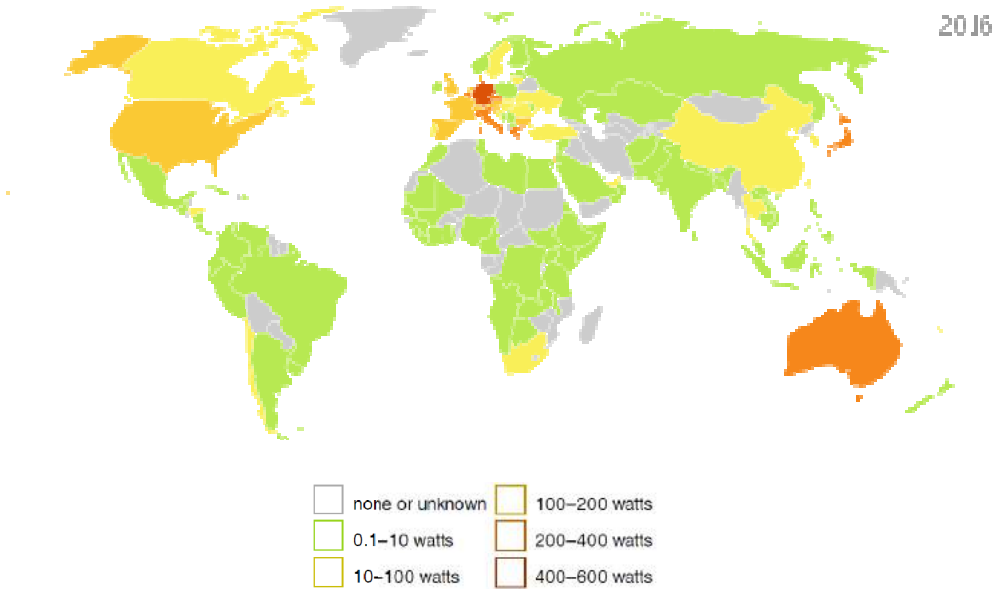
### *Le solaire photovoltaïque dans le monde et en France*

Dans le monde, en fonction de la position géographique de chaque pays, l'ensoleillement diffère (voir carte ci-dessous) : l'ensoleillement est très fort en Afrique et en Australie par exemple, tandis que les pays du nord de l'Europe bénéficient beaucoup moins de la lumière du soleil.




*Carte de l'ensoleillement mondial (puissance de rayonnement par unité de surface)*

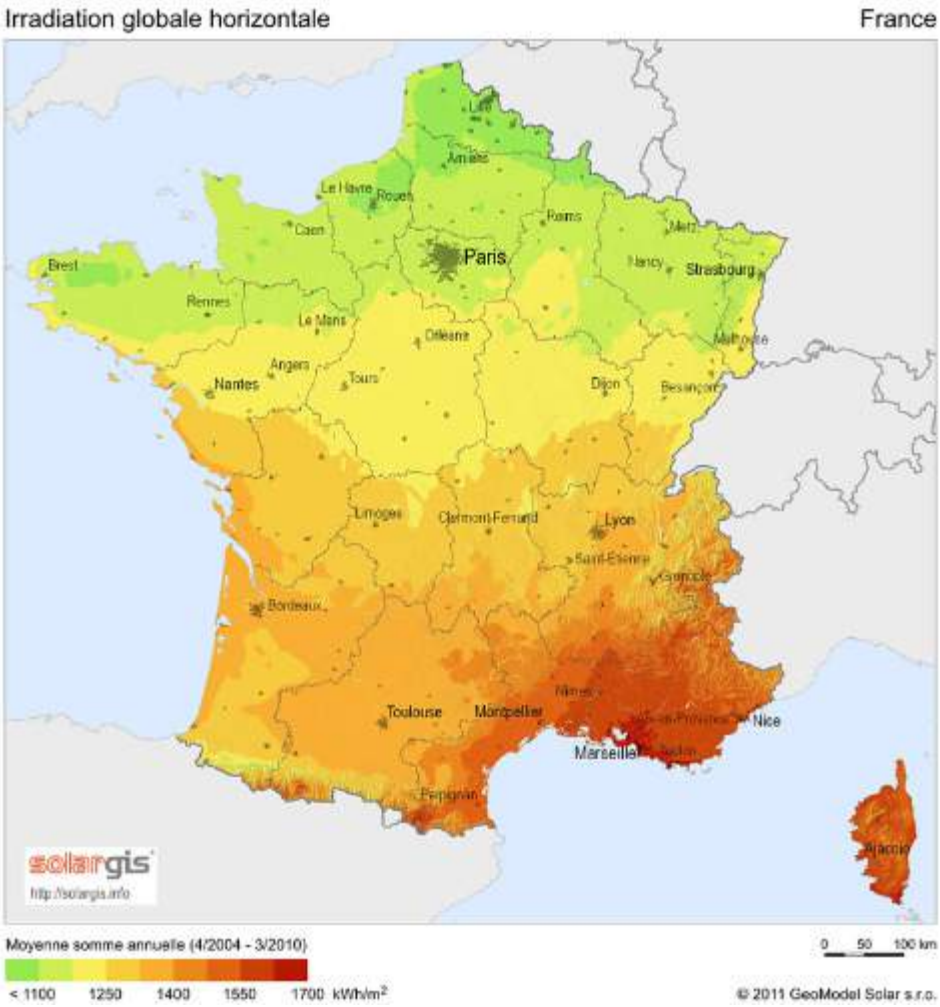
Pourtant, les pays utilisant l'énergie solaire ne sont pas nécessairement ceux qui en reçoivent le plus, comme on le voit sur la carte ci-dessous.




*Carte de la puissance installée en photovoltaïque par habitant*

On remarque que l'Allemagne est en tête des installations solaires (par habitant) alors que son ensoleillement est loin d'être le plus fort au monde : la production d'électricité résulte certes des ressources disponibles, mais également de la **volonté individuelle et collective**. En valeur absolue, la Chine (43 GW installés) devance l'Allemagne (39,6 GW), le Japon (33,3 GW) et les Etats-Unis (27,3 GW), chiffres de 2016. En France, 7,1 GW de solaire PV étaient installés fin 2016.

En France métropolitaine, le potentiel solaire est important, notamment dans le sud du pays (voir carte ci-dessous). Dans les départements d'Outre-Mer, le potentiel est encore plus grand. Des chauffe-eau solaires y sont parfois utilisés (solaire thermique).




*Carte de l'ensoleillement en France (puissance de rayonnement par unité de surface)*

Le photovoltaïque couvrait en 2017 un peu moins de 2% de l'électricité consommée en France, contre 5,5% pour l'éolien et 11,2% pour l'hydroélectricité… La France reste loin de l'Allemagne, qui produit aujourd'hui près de cinq fois plus d'électricité solaire.

## *Les applications du solaire photovoltaïque*

Toujours très utilisés dans le **domaine spatial**, des panneaux solaires photovoltaïques alimentent en électricité les satellites. La station spatiale internationale (dans laquelle vivent les astronautes, où Thomas Pesquet a vécu en 2016) est exclusivement alimentée en électricité solaire. En effet, rien ne vient masquer les rayons du soleil dans l'espace.

L'**usage domestique** ou résidentiel est de plus en plus répandu, dans le but d'auto-consommer sa production. Il s'agit d'alimenter en électricité PV les habitations. Cet usage est particulièrement adapté pour les habitations éloignées des réseaux de transport d'électricité et peu masquées par les ombres d'autres bâtiments (milieu rural), mais il peut également être adapté à de nombreuses habitations. Le surplus produit peut être réinjecté sur le réseau et donc vendu.

Le solaire photovoltaïque peut aussi être installé pour **valoriser de grandes toitures**, comme les bâtiments agricoles, des hangars, etc , comme le montre la photo ci-dessous.

Des panneaux PV peuvent également être installés sur de grands espaces vierges pour produire de grandes quantités d'électricité. On parle alors de **centrale solaire**.

Des **défis innovants** permettent l'avancée de la recherche et l'accroissement de l'intérêt pour la technologie, à l'instar de « Solar Impulse », un avion monoplace à moteurs électriques alimentés uniquement par l'énergie solaire ayant réalisé un tour du monde (avec escales) entre 2015 et 2016.

Certains objets du quotidien peuvent d'alimenter en électricité grâce à des cellules solaires. Exemples :

## *Pourquoi n'y a-t-il pas plus de parcs solaires en France ?*

Diverses raisons peuvent être avancées :

- L'histoire de la production d'électricité en France, favorisant le nucléaire
- Le manque de rentabilité : le prix élevé des panneaux solaires (qui a chuté de 80% en 10 ans), de l'installation, du tarif de rachat font que trop d'installations ne sont pas encore rentables ou rentable sur du très long terme. Cela est amené à changer….
- Des contraintes architecturales : contrairement à l'Allemagne où nombreux bâtiments en ville sont équipés de panneaux solaires, la protection des monuments historiques limite grandement leur installation dans les villes et villages français.
- Le manque d'espace disponible au sol, pour les centrales solaires notamment, nécessitant de grands espaces. La France ne dispose d'aucun désert, les centrales sont donc souvent implantées sur des terres agricoles, parfois au détriment de celles-ci. Par contre les grandes toitures sont nombreuses.

## *A quand la voiture solaire ?*

Encore farfelue il y a quelques années, cette idée devient de plus en plus crédible grâce au développement des panneaux photovoltaïques. Il y a peu, une trop grande surface de panneaux aurait été nécessaire à la propulsion d'un véhicule alors qu'aujourd'hui la miniaturisation des panneaux progresse. Aussi la première voiture grand public verra le jour en 2019.

https://detours.canal.fr/premiere-voiture-solaire-grand-public-sera-hollandaise-demarrera-2019/

# FICHE 2B : INTRODUCTION :
POLLUTION DE L'AIR ET TRANSPORTS

Les défis solaires permettent d'aborder des sujets riches et actuels. Cette introduction sur les modes de transports est une suggestion pour aborder le projet sous l'angle de la pollution de l'air et de ses origines. D'autres sujets peuvent également introduire le projet.

## 1 – L'air que nous respirons

**Respirer, c'est le premier besoin humain**, avant même boire et manger. C'est la première chose que fait le nouveau-né en venant au monde.

Prenons une bouteille de 1 litre. Si je vide ma bouteille d'air,de l'eau qu'elle contient, **il y reste de l'air**. A la place du litre d'eau qu'elle contenait, la bouteille contient maintenant **un litre d'air**.

**Par jour**, nous respirons **15 000 litres d'air**

Je respire donc environ **10 litres d'air par minute**.

En comparaison, on recommande de boire 1,5 litre à 2 litres d'eau par jour pour être en bonne santé!

Une personne respire jusqu'à **7 fois plus d'air quand elle fait du sport.** C'est pour cette raison qu'on recommande d'éviter de faire du sport lors des **pics de pollution.**

Voici de quoi est composé l'air que nous respirons →

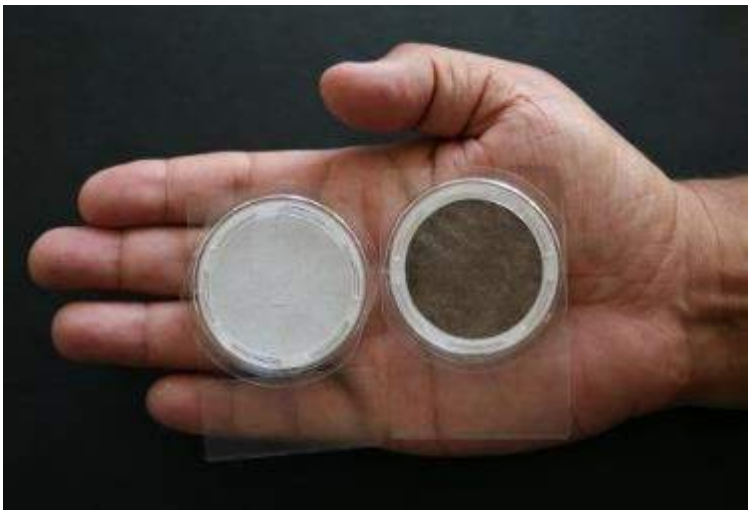
## *Qu'est-ce que la pollution de l'air ?*

La pollution de l'air (ou pollution atmosphérique) est une **altération de la qualité de l'air** pouvant être caractérisée par des mesures de polluants chimiques, biologiques ou physiques présents dans l'air, ayant des conséquences préjudiciables à la santé humaine, aux êtres vivants, au climat, ou aux biens matériels.

Ces polluants peuvent être **d'origine naturelle ou liés à l'activité humaine** (anthropiques) et concerner **l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur des espaces clos** (véhicules, maisons, usines, bureaux). Ils constituent généralement des cocktails de polluants tels que des particules en suspension, ou autres substances dont la concentration et les durées de présence suffisent à produire un effet toxique.

Son coût pour la société est estimé à plusieurs dizaines de milliards d'euros par an. En Europe, la pollution de l'air est à l'origine de plus de 500 000 morts par an. Dans le monde pour la période 1990-2016, c'est le 5ème facteur de risque pour la santé (après la malnutrition, les risques alimentaires, l'hypertension artérielle et le tabagisme).

Polluants de l'air : dioxyde d'azote (NO2), dioxyde de soufre (SO2), ozone (O3), métaux lourds (arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), nickel (Ni), plomb (Pb), zinc (Zn)), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), pesticides…



*Exemple des particules fines : Filtre avant et filtre après, devenu noir à cause de la pollution aux particules fines. On pourrait comparer ce filtre devenu noir à nos poumons ! En effet, dans notre corps, ce sont eux qui filtrent la pollution de l'air. Malheureusement, les particules les plus fines parviennent à rentrer dans notre système sanguin…(photo Atmo)*

- *Les causes naturelles de pollution de l'air*

1 – Les éruptions volcaniques

2 – les pollens

3 – les ruminants

*Les ruminants dégagent naturellement du méthane, mais c'est l'homme qui est à l'origine de leur élevage, notamment à des fins alimentaires.*

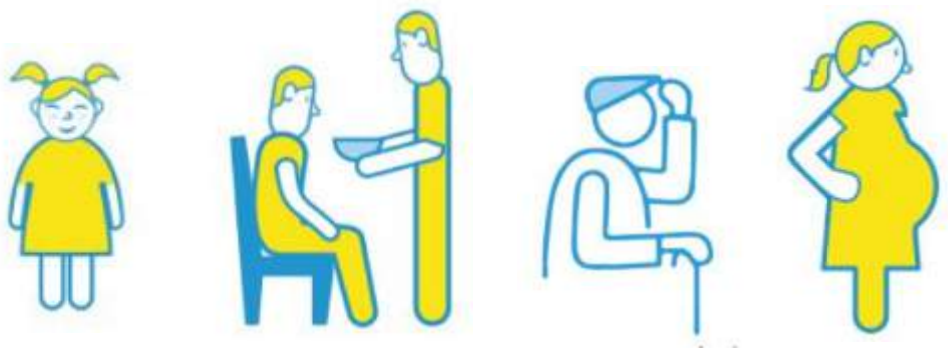
4 – les incendies

(souvent d'origine humaine…)

- *Les causes liées à l'homme*

Voir paragraphe 2 suivant (transports, industrie, chauffage, agriculture)

## *Quelles sont les personnes les plus sensibles à la pollution de l'air ?*



Les **enfants**, les personnes **malades**, les personnes **âgées** et les **femmes enceintes**

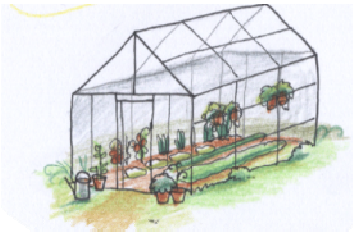
## *Effets de la pollution de l'air sur l'homme*

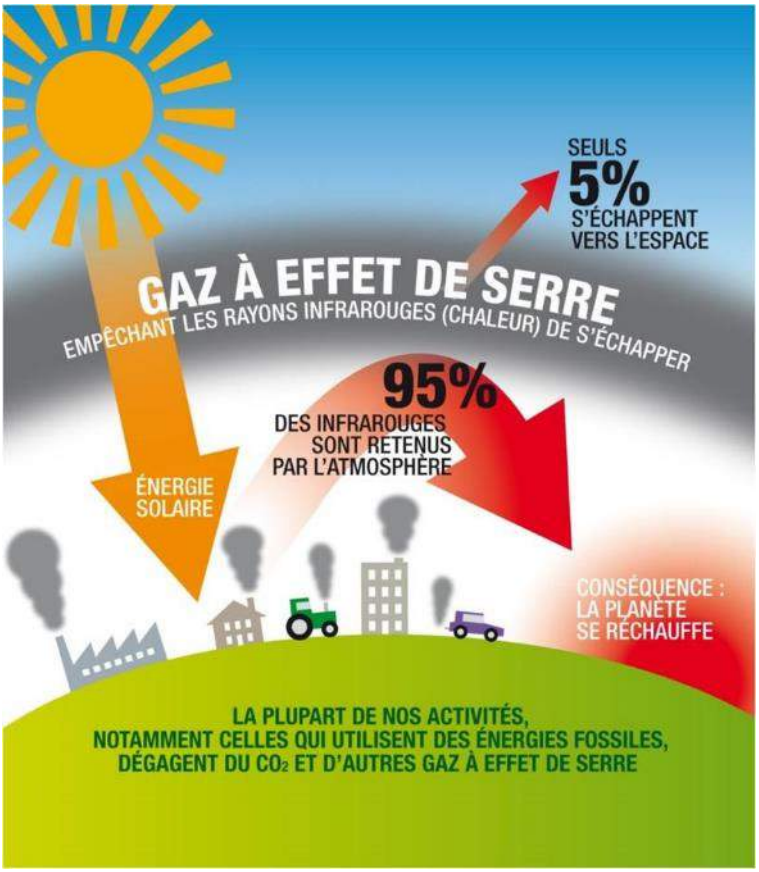
La pollution de l'air provoque des problèmes de santé tels que :

- Picotements de la gorge,
- Picotement des yeux,
- Allergies,
- Toux,
- Asthme,
- Maladies respiratoires,
- Maladies cardiaques,
- Cancers,….

## *Effets de la pollution de l'air sur la planète*

L'illustration ci-dessous résume le mécanisme des gaz à effet de serre : L'énergie solaire qui parvient au sol réchauffe la Terre. En retour, la Terre émet des rayons infrarouges. Les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, vapeur d'eau etc.) créent une **pellicule tout autour de la Terre** qui empêche une partie de ces rayons de s'échapper. La chaleur ainsi retenue crée une augmentation de la température sur notre planète et une modification des écosystèmes (fonte des glaces, acidification des océans, bouleversements des écosystèmes,…). C'est ce qu'on appelle **l'effet de serre**, car cet effet est identique à celui des vitres d'une serre.






A Noter : **L'air intérieur est généralement plus pollué que l'air extérieur !**

En effet : l'air intérieur, c'est de l'air extérieur auquel s'ajoute les pollutions de l'intérieur (cigarettes éventuelles, cuisson, chauffage bois/gaz mal réglé, produits ménagers, produits de bricolages,…)!

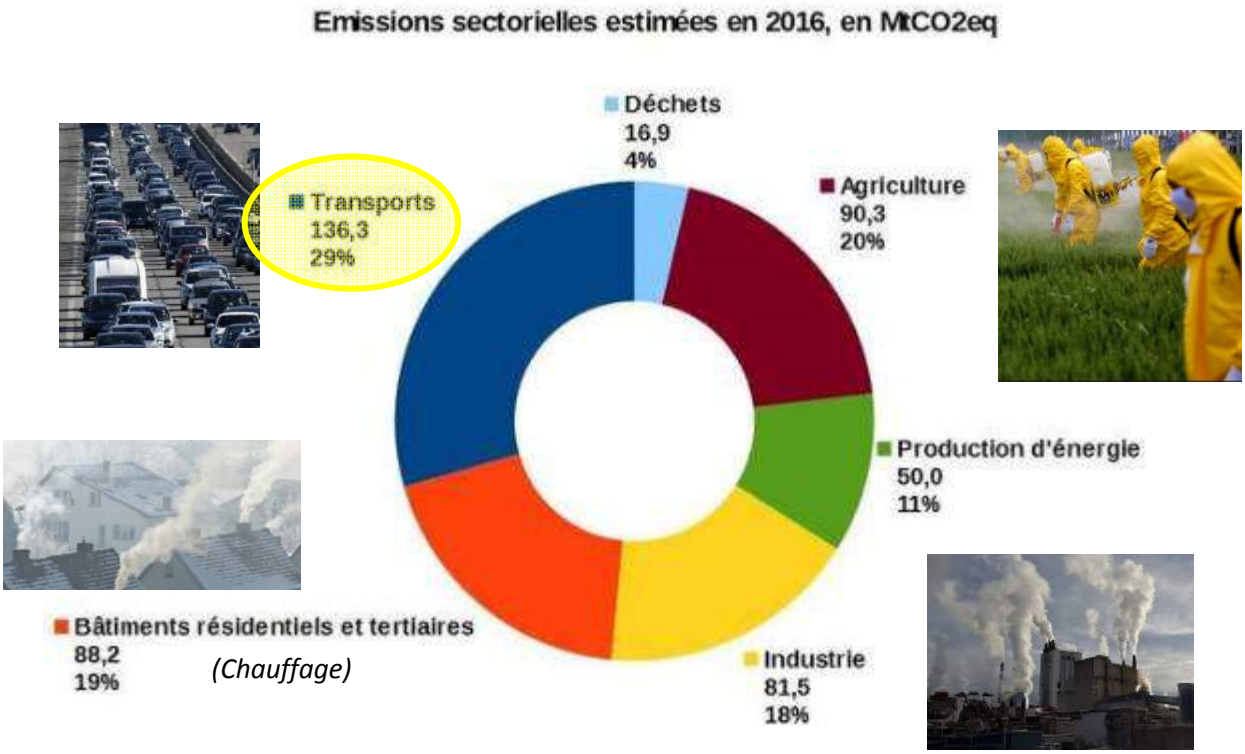
Or nous passons entre 70 et 90% de notre temps dans des lieux fermés…

➔ Il est donc essentiel d'**aérer les bâtiments** au moins 10 minutes le matin et 10 minutes le soir

## 2 - Lien entre transports et pollution de l'air

En 1996, la loi LAURE reconnaissait à chaque Français un droit « à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ». Vingt ans plus tard, la qualité de l'air demeure un sujet de préoccupation environnemental majeur pour les Français. Si la qualité de l'air s'est globalement améliorée depuis quelques années grâce aux efforts réalisés dans l'industrie et le bâtiment, il s'avère que la France dépasse encore certaines normes européennes, en partie en raison de la difficulté à juguler la pollution **liée au transport dans les zones urbaines**.

Comme on peut le voir sur le diagramme ci-dessous, le **secteur du transport** émet le plus de gaz à effet de serre, **près d'un tiers des polluants** en France en 2016.




*Emissions de gaz à effet de serre, en France, par secteur, en 2016, en « millions de tonnes équivalent C02 » - MtCO2eq. Ministère de la transition écologique et solidaire*

A Noter : **non, l'air n'est pas toujours plus pur à la campagne !**

*l'Ademe a mesuré* la pollution, entre mars 2010 et février 2011, dans neuf communes rurales de moins de 7 000 habitants, sans industries polluantes ni grands axes routiers. Elle a ensuite comparé les résultats avec ceux d'un site urbain proche. Conclusion : la situation est *"hétérogène"* et le niveau moyen de particules observé en zone rurale *"peut être similaire à celui mesuré sur un centre urbain"*.Agnès Hulin, ingénieure d'études à Atmo Poitou-Charentes, qui a collaboré à l'étude, explique : *"La pollution aux particules est un phénomène de grande ampleur, amplifié par les sources locales, comme le chauffage au bois en zone rurale, ou le trafic en zone urbaine."*

# 3 – Les différents modes de transports

## *Les transports doux*

Le terme de *transports doux* désigne spécifiquement les modes de déplacements dont la propulsion ne nécessite pas de moteur et n'émettent donc **ni polluant** ni **gaz à effet de serre**. On parle également de **mobilité douce** ou encore de **mobilité active** pour désigner ces **modes de déplacements doux** que sont par exemple la **marche à pied, le vélo, la trottinette, ou les rollers. Certaines villes développent ces modes de transports : à Copenhague par exemple, au Danemark** près de 40% des trajets quotidiens s'effectuent à bicyclette. En France, la ville la plus en avance sur le sujet est Strasbourg, avec 16% des déplacements entre domicile et travail à vélo (7% à Toulouse).

http://transports.blog.lemonde.fr/2017/01/18/trois-capitales-du-velo/

## *Les transports électriques*

Demandant moins -ou pas du tout- d'effort physique, les transports électriques permettent de parcourir de plus longues distances et sont accessibles aux personnes dont l'état de santé ne permet pas d'utiliser un mode de transport doux. Ils n'émettent pas de polluants à l'endroit où ils sont utilisés. Toutefois, leur fonctionnement n'est pas neutre sur l'environnement puisqu'ils utilisent l'électricité. Selon la source d'énergie employée (nucléaire, charbon,… ou éolien, photovoltaïque etc.), la pollution a lieu au niveau de la centrale de production et/ou au lieu d'extraction. La question des matériaux présents dans les batteries (lithium par exemple) fait débat (conditions d'extraction, géopolitique,…).

## *Les transports polluants*

Utilisant des moteurs à combustion (essence, gazole, kérosène, ou autres produits pétroliers …), ces transports rejettent dans l'atmosphère des gaz polluants à effet de serre ainsi que des particules fines. La pollution aux particules fines se crée également par le freinage, plus précisément par l'abrasion des plaquettes (ceci étant également valable pour métro, train,…).

## *Transports collectifs*

Ils peuvent être propulsés par un moteur électrique ou thermique, donc polluant plus ou moins. Il est toujours moins polluant de partager sa voiture que d'utiliser 2 véhicules séparés. Cependant, remplacer le train par le bus ou le covoiturage ne représente pas une alternative moins polluante. A noter : les alternatives électriques sont généralement réservées aux aires urbaines (métro, tram,…). Les options s'avèrent plus rares en milieu rural.

# LES MODES DE TRANSPORTS

## DOUX

Propulsion sans moteur:

Pas de gaz à effet de serre ou polluant

- MARCHE A PIED
- VELO
- TROTINETTE
- SKATE BOARD
- ROLLERS
- VOILIER (sans moteur)

## ELECTRIQUES

Localement pas polluants
Dépend de la source d'énergie servant à produire l'électricité

- GYROPODE
- TROTINETTE ELECTRIQUE
- VOITURE ELECTRIQUE

## POLLUANTS

Dont le moteur utilise des produits pétroliers:

émet particules fines et gaz à effet de serre

- VOITURE
- CAMION
- SCOOTER/MOTO
- AVION
- HELICOPTERE
- FUSEE
- BATEAU A MOTEUR (marchandises)

## COLLECTIFS

Sources de pollution moindre que si chacun voyageait individuellement

- CO- VOITURAGE
- BUS
- FERRY
- TRAIN (en France)
- TRAMWAY
- TROLLEYBUS
- METRO

## 4 – Les solutions du quotidien

Au quotidien, nous nous déplaçons quasiment tous, pour aller à l'école, au travail, à diverses activités, en vacances. Nous pouvons **agir individuellement et collectivement** pour minimiser notre impact au niveau des transports, en fonction de notre état de santé et du lieu où nous habitons.

*Marcher (pour les petits trajets)*

*Faire du vélo*

*Prendre les transports en commun (bus, tramway, métro, train…)*

*Faire du covoiturage*

*Privilégier les véhicules les moins polluants (électriques, GPL, avec filtres,…)*

*Et aussi tous les modes de transports doux tels que rollers, trottinette etc.*

Par nos modes de consommation, nous pouvons également agir sur la pollution liée aux transports : **consommer local**, favoriser un produit de proximité plutôt qu'un produit importé, c'est toujours moins de transport !

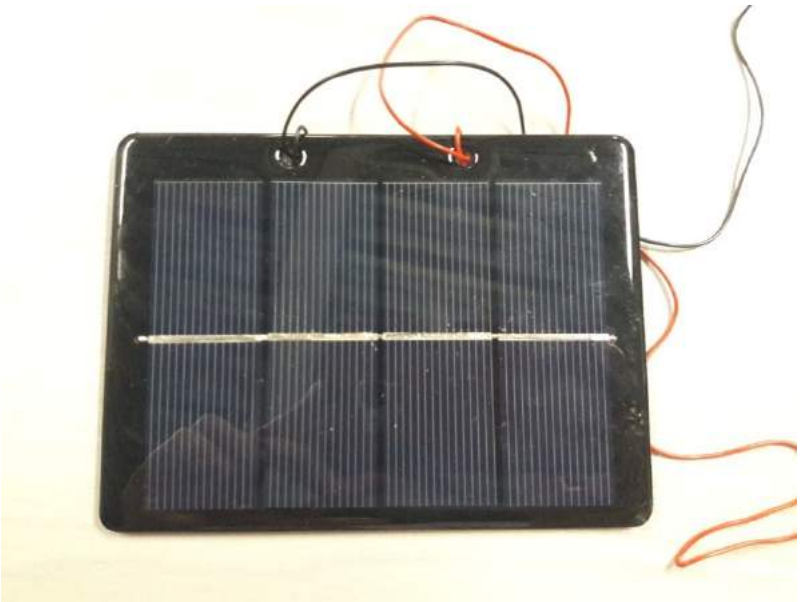
Les voitures des Défis Solaires sont un exemple de mode de déplacement non polluant lors de leur utilisation, même si ce ne sont que des jouets/maquettes. Elles permettent de s'interroger sur nos modes de déplacement et sur les solutions aux problèmes globaux que sont la pollution atmosphérique et le réchauffement climatique.

*Vocabulaire : photovoltaïque (noté PV), électro, photon, silicium, matériau semi-conducteur, condensateur, moteur*

Le kit solaire fourni dans le cadre des Défis Solaires se compose d'une cellule solaire, d'un condensateur et d'un moteur électrique. Comment fonctionnent ces éléments pour transformer l'énergie lumineuse du soleil en un mouvement rotatif du moteur ?

## 1 – Fonctionnement de la cellule photovoltaïque

On peut considérer que la lumière se compose d'une multitude de petits grains ou de petites billes appelées « photons » et contenant de l'énergie.



La cellule PV se compose de 2 couches de silicium: l'une enrichie en électrons, leur charge est négative (-) ; l'autre appauvrie en électron, chargée positivement (+). Cet appauvrissement en électron crée des « trous ». Un champ électrique existe en permanence entre ces deux couches, du + vers le – (voir schéma ci-après).

Lorsque les photons entrent en contact avec la cellule solaire, ou encore lorsque les « billes tombent dessus », les électrons sont « poussés ». Naturellement attirés pas les charges +, ils sont d'autre part repoussés par le champ électrique pré-existant entre les 2 couches. Ainsi sont-ils obligés de faire le tour par le fil électrique pour rejoindre les charges + (chaque électron rejoint un « trou »),. Ce déplacement constitue un courant électrique.

La cellule photovoltaïque agit comme une pile ne stockant pas l'énergie (voir fiche 4 pour montage pile), chaque couche représentant un pôle de la pile.

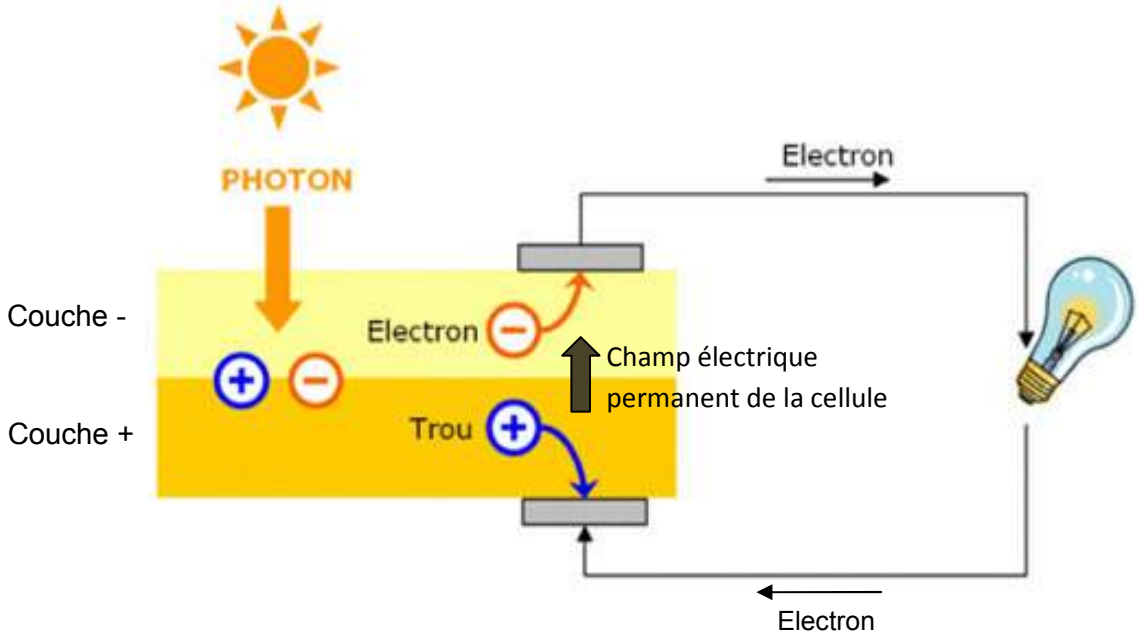



*Schéma dune cellule photovoltaïque vue de coupe*

La quantité d'électricité produite dépend de l'**ensoleillement** et de l'**inclinaison** de la cellule. Elle peut produire par temps gris mais en moindre intensité qu'en plein soleil. Idéalement, pour produire un maximum de ses capacités, un panneau photovoltaïque doit avoir le **plan du capteur perpendiculaire aux rayons solaires**. Sur le véhicule solaire, le mieux est d'installer la cellule à plat.

## *Qu'est-ce-que le silicium et pourquoi est-il utilisé ?*

Il s'agit d'un matériau **semi-conducteur**, c'est-à-dire qui a les caractéristiques électriques d'un isolant, mais pour lequel la probabilité qu'un électron puisse contribuer à un courant électrique, quoique faible, est suffisamment importante. En d'autres termes, la conductivité électrique d'un semi-conducteur est intermédiaire entre celle des métaux et celle des isolants. Un matériau pleinement conducteur ne peut pas être utilisé dans une cellule solaire pour des raisons qui ne seront pas détaillées ici (connaissances sur la structure des atomes).

Le silicium est l'élément **le plus abondant** sur Terre après l'oxygène, il se trouve donc très facilement. Il n'est pas directement exploitable puisqu'il n'est pas présent à l'état pur. Il doit donc être extrait de différents minéraux, comme la silice (ou dioxyde de silicium $SiO_2$), avant d'être exploité.

### *Quel impact sur l'environnement ?*

L'extraction du silicium, ainsi que le reste de la fabrication des cellules solaires a un coût environnemental : on considère qu'il faut en moyenne 1 à 5 ans, en fonction de l'ensoleillement, à un système photovoltaïque pour produire autant d'énergie qu'il en a fallu pour le fabriquer.

On considère la durée de vie d'un panneau solaire supérieure à 20 ans : sa dette énergétique due à sa fabrication est donc largement compensée par sa production d'électricité sans plus d'impact après ce délai de 1 à 5 ans.

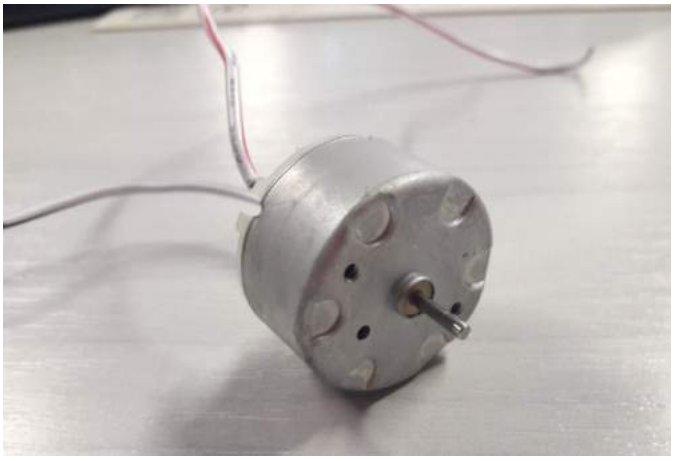
### *Où sont fabriqués les panneaux solaires ?*

Au premier janvier 2018, le top 10 des fabricants mondiaux de modules photovoltaïques comprend **neuf industriels chinois**. Seul le sud-coréen Hanwha Q-Cells parvient à se faire une place (5ème) dans ce palmarès.Deux raisons essentielles à cette domination. Tout d'abord, le marché chinois représente à lui seul **plus de 50% des installations mondiales** avec près de 60 GW implantés. Ensuite, la plupart de ces majors du solaire disposent de capacités de production dans le Sud-Est asiatique (Malaisie, Thaïlande et Vietnam) qui leur permettent de contourner les restrictions à l'importation en Europe et aux USA et d'avoir ainsi accès à ces marchés.

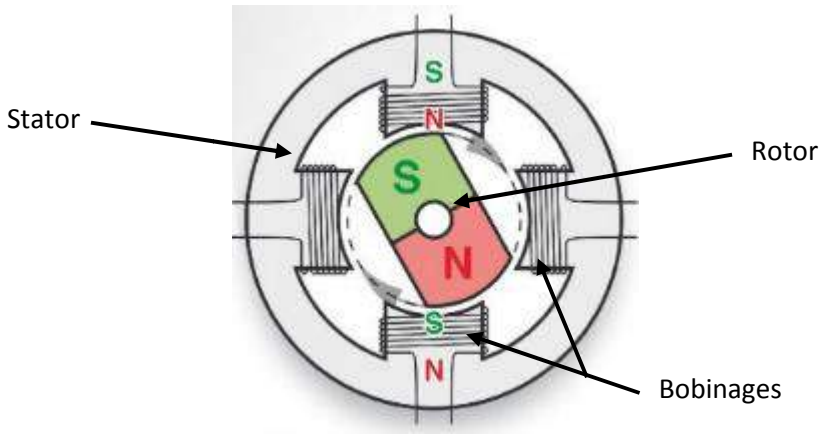
En Europe, lire https://www.la-croix.com/Economie/Monde/LEurope-ouvre-grand-portes-panneaux-solaires-chinois-2018-09-03-1200965921. En résumé, depuis 2013 des restrictions antidumping visaient à protéger l'industrie solaire européenne. Jugées contre-productive par les installateurs de panneaux solaires qu'elles privaient de produits meilleur marché, ces restrictions ont été levées en 2018, dans l'objectif également de tenir les engagements de développement des EnR en Europe.

## 2 – Fonctionnement du moteur électrique

La cellule solaire n'emmagasine pas d'électricité mais la produit en temps réel. C'est pourquoi elle est associée à un condensateur qui emmagasine l'électricité comme une petite batterie. **L'association cellule-condensateur peut s'assimiler à une pile** (voir fiche XX). Reste alors à relier ce générateur à un moteur électrique pour mettre en mouvement un véhicule solaire.



*Moteur électrique fourni ; le stator et les bobines se trouvent dans le boitier gris, seul l'axe (« arbre ») de rotation est visible pour être connecté à d'autres éléments (roue, …)*




Un moteur électrique est constitué d'un stator, la partie fixe (en gris sur le schéma ci-dessus). Celle-ci comporte un bobinage qui, alimenté par un courant électrique, induit un champ magnétique. Les pôles du rotor (aimant), pouvant tourner librement, s'alignent avec ceux du stator : les pôles positifs attirent les négatifs, et inversement.

Ainsi, le rotor continue de tourner entrainant avec lui l'axe du moteur. Si on inverse le sens du courant, le moteur tourne en sens inverse.

A noter : Le principe aimant-bobines fonctionne dans les deux sens (moteur ou générateur)

- Soit on injecte un courant électrique et on obtient la rotation du rotor, c'est le cas du moteur du kit solaire fourni
- Soit on part d'une rotation mécanique (éolienne, hydrolienne, turbine d'un barrage, pédalier vélo,…) et on obtient de l'électricité. On ne parle plus de moteur mais de générateur. Le principe est exactement le même !

# 3 – Fonctionnement bref du condensateur

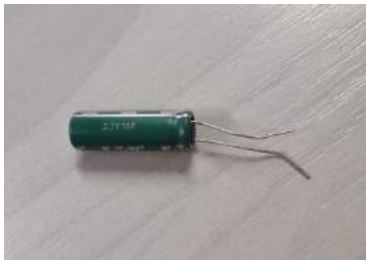
## *Rôle du condensateur*

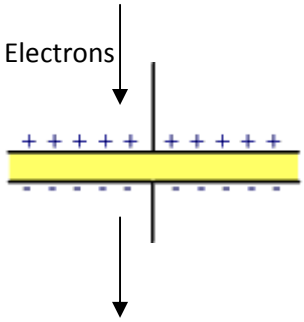
La cellule solaire n'emmagasine pas d'électricité mais produit en temps réel, de façon pas toujours continue, et de façon dépendante de l'intensité de l'ensoleillement. C'est pourquoi elle est associée à un condensateur qui emmagasine l'électricité comme une petite batterie. **L'association cellule-condensateur peut s'assimiler à une pile.** Plus le condensateur est chargé, plus le moteur tournera longtemps.

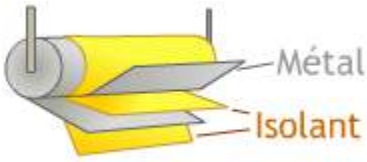
Le condensateur est caractérisé par sa « Capacité », soit le coefficient de proportionnalité entre charge et tension, exprimée en farads (F). A titre informatif, la capacité du condensateur fourni pour les Défis Solaires est de 10 Farads.

## *De quoi est-il composé ?*

Les condensateurs, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours construits suivant le même principe : un isolant mis en sandwich entre deux surfaces conductrices appelées armatures. L'isolant, aussi appelé diélectrique, est aussi mince que possible. Il empêche le passage du courant mais les charges électriques de signes différents sur chaque armature exercent une attraction au travers de l'isolant et s'accumulent, se pressent, se "condensent" de part et d'autre.





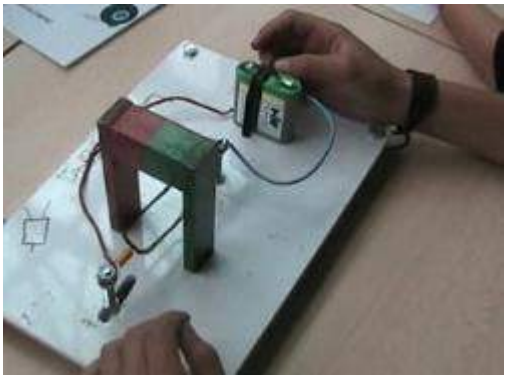

Lorsqu'on applique une tension continue aux deux armatures, l'une se charge d'électrons et l'autre de charges positives (absence d'électrons). Ces charges subsistent quand le condensateur est déconnecté. Il a emmagasiné de l'électricité.

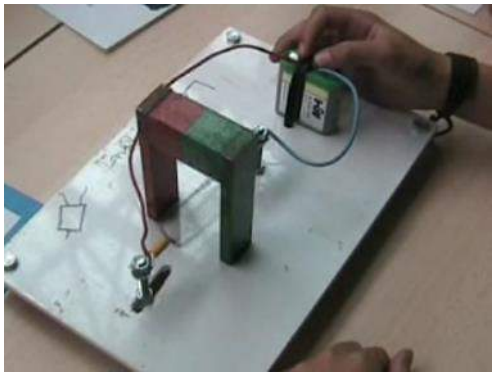
Dans le cas d'un condensateur électrochimique comme celui fourni, les armatures sont séparées par une solution chimique. Ce liquide, soumis à une tension continue, crée par électrolyse –une réaction chimique- une fine couche isolante à la surface des armatures.

> Attention : Une **erreur de branchement** du condensateur ou une inversion accidentelle de la tension conduit généralement à sa **détérioration**, qui peut être brutale. Lors du montage, veiller à respecter la polarité/le sens de branchement du composant.

## 4 – Travaux pratiques sur le principe du moteur

- Avec du matériel de technologie de collège :





- Ou encore avec un pile 4.5V, du fil de cuivre et du scotch, fabriquer son propre moteur en 1 minute (note : il est nécessaire de lancer la rotation à la main):

https://www.youtube.com/watch?v=Ft3q_l9l23A

- Animation en ligne sur http://physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/laplace_lorentz_force_electric_motor_principle_brushes_split_ring.htm (faire les branchements, allumer l'interrupteur et augmenter le voltage)

*Vocabulaire : générateur, interrupteur, circuit ouvert ou fermé, série ou dérivation, court-circuit, condensateur, moteur, cellules solaires*

Tension : différence de niveau électrique entre les deux bornes d'un dipôle. C'est en quelque sorte la force qui permet aux "grains d'électricité" (électrons) de bouger. Elle se mesure en **volt** (V) et s'écrit **U** dans les formules. Cette tension se mesure obligatoirement **entre deux points** du circuit, avec un **voltmètre** branché en **dérivation**.

## 1 - Théorie : les bases du circuit électrique

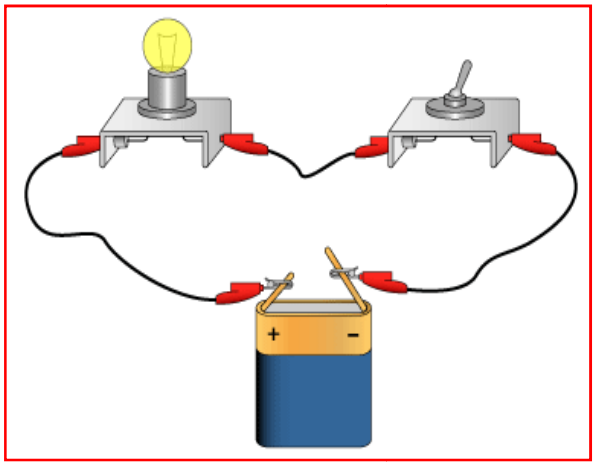
Un **circuit électrique** est un circuit constitué d'éléments conducteurs reliés entre eux.

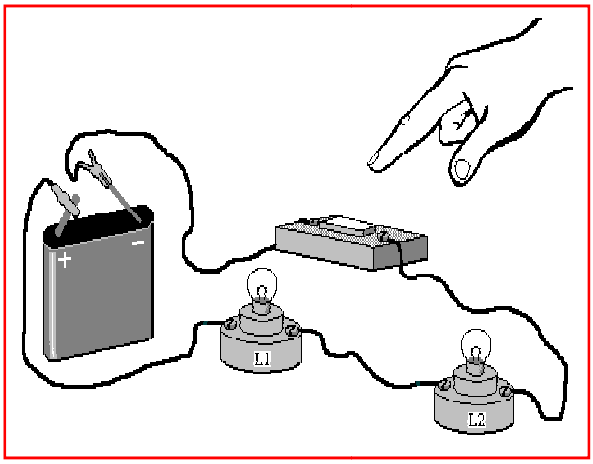
Le circuit est composé :

- d'un générateur d'électricité (pile, secteur, cellule solaire…) avec un pôle + et un pôle -,
- de fils conducteurs de l'électricité reliés aux deux pôles du générateur,
- d'un ou plusieurs récepteurs (par exemple des lampes ou des moteurs) reliés aux fils conducteurs.

Par convention, le courant circule du + vers le -.

### Circuit en série




*Schémas source JC Saura*

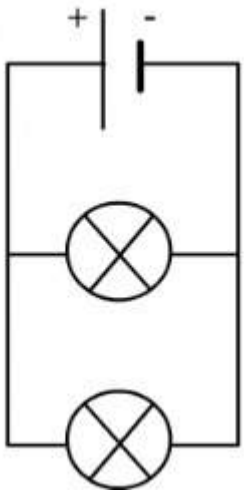
Lorsque les éléments d'un circuit sont montés les uns à la suite des autres, on dit qu'ils sont montés en série *(image de la ronde).* L'interrupteur ouvre ou ferme le circuit. Dans un circuit sans

interrupteur, le simple fait de fermer le circuit (ou de « boucler la boucle ») enclenche son fonctionnement.

Dans un circuit en série :

- l'ordre des dipôles n'a aucune influence, c'est pourquoi il est possible de les inverser. La boucle sera toujours présente et le parcours du courant restera le même.
- le nombre de composants électriques a une influence : Pour une même tension d'alimentation, plus le circuit électrique comporte de récepteurs, plus le courant qui les traverse est faible (tension partagée entre les récepteurs) : les lampes brillent moins, les moteurs tournent au ralenti.
- quand un appareil tombe en panne, le courant électrique ne peut plus circuler dans la boucle et les autres ne fonctionnent plus : les composants sont dépendants les uns des autres.

## Circuit en dérivation (dit aussi « en parallèle »)



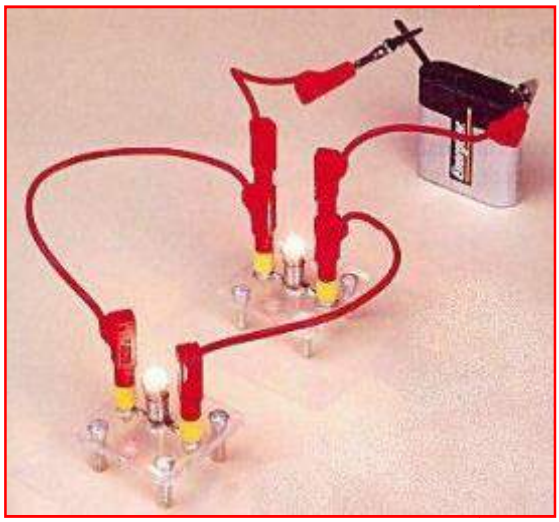



*Photo source JC Saura*

Lorsqu'un circuit électrique contient plusieurs boucles reliées au même générateur, on parle de circuit en dérivation ou de circuit parallèle *(image de la queue leu-leu)*. Dans un circuit en dérivation, la tension aux bornes des différents composés est la même partout. C'est comme cela que sont branchés tous les appareils que l'on utilise dans une maison. Ils sont tous en parallèle ou en dérivation avec le compteur. Ils ont tous la même tension à leurs bornes.

Dans un circuit en dérivation :

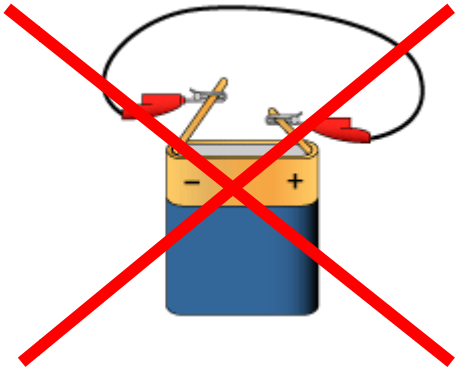
- quand un appareil tombe en panne, les autres continuent à fonctionner : les composants sont indépendants les uns des autres.

- le nombre de composants électriques n'a quasiment aucune influence sur la tension. Si deux dipôles sont branchés en dérivation, ils fonctionnent exactement de la même manière. Cependant l'ensemble appelle plus de courant.

➔ *Ces deux montages peuvent être proposés en travaux pratiques*

**Sécurité : ne pas court-circuiter le montage !**

Il y a court-circuit quand on **relie les deux bornes** d'un dipôle par un **fil conducteur**.




*Exemple de court-circuit d'une pile*

Le courant qui circule dans le fil de court-circuit est très intense, car aucun récepteur ne l'utilise, ce qui provoque l'échauffement de la pile. La pile risque de se décharger rapidement, et si l'échauffement devient trop important, elle peut être détruite.

Note : les manipulations ci-dessus peuvent se retrouver en ligne, notamment sur ce site http://physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_interactive.htm

## 2 - Pratique : montage du kit fourni

*Au préalable : il est intéressant, dans la mesure du possible, de réaliser avec les élèves les montages montrés dans le premier paragraphe pour mieux comprendre la suite….*

Le kit solaire fourni se compose :

- D'une **cellule solaire**, pour transformer l'énergie solaire photovoltaïque en électricité
- D'un **condensateur**, pour stocker cette électricité. Joue le rôle d'une batterie, se charge et se décharge.
- D'un **moteur**, pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

La cellule solaire n'emmagasine pas d'électricité mais la produit en temps réel. C'est pourquoi elle est associée à un condensateur qui emmagasine l'électricité comme une petite batterie. **L'association cellule-condensateur peut s'assimiler à une pile** comme vue dans les circuits proposés ci-dessus.

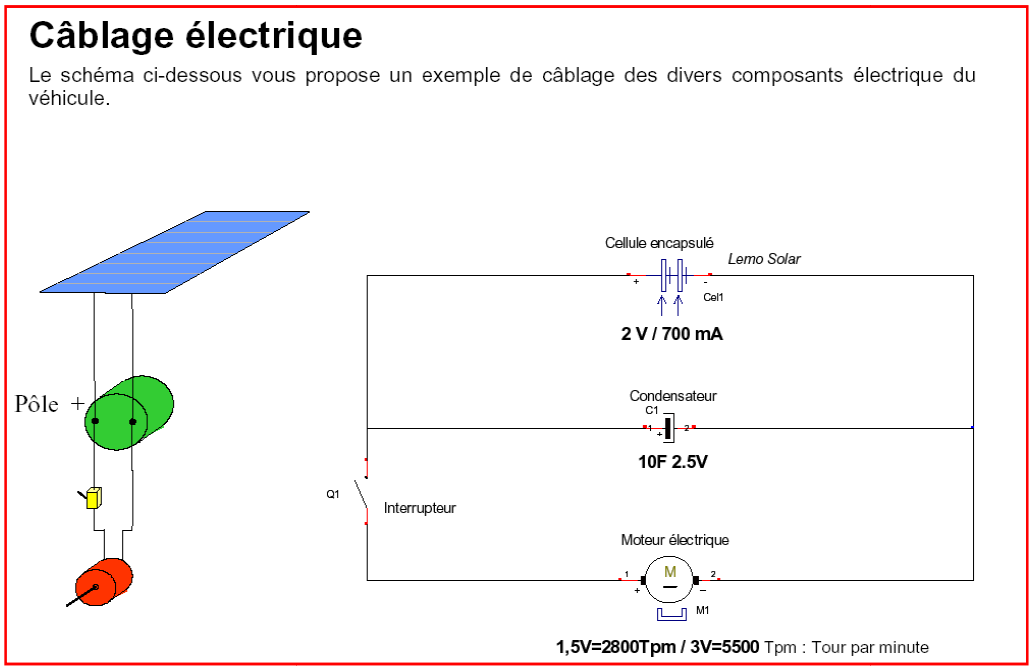
Le **condensateur** accumulant l'énergie de la cellule doit être **monté en dérivation** avec celle-ci. Il est polarisé. L'usage d'un voltmètre permettra de connaître sa charge (max 2.5V). Plus il est chargé, plus le moteur tournera longtemps. Pour tester le rôle du condensateur, il suffit de **tester le montage sans puis avec condensateur**.

Le sens de rotation du **moteur** dépend du sens de branchement des fils.

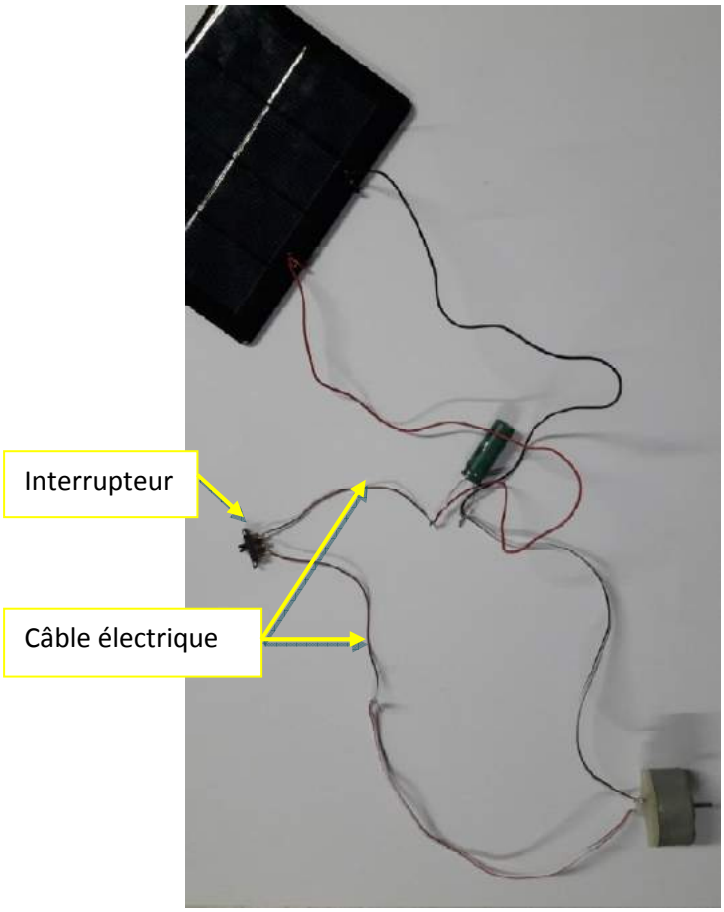
Pour plus d'information sur chaque élément du kit, se référer à la fiche 3 de ce livret.

## *Schéma électrique du véhicule solaire*

Ci-dessous le schéma extrait du cahier des charges.




Ci-dessous l'équivalent en photo des éléments à connecter



## *Exemple de montage pratique*

**Matériel** : (des liens commerciaux sont proposés en annexe pour les achats)

- Les éléments du **kit fourni** (cellule solaire, moteur, condensateur)
- Un **interrupteur**, facultatif mais très pratique. Liens d'achat en annexe.

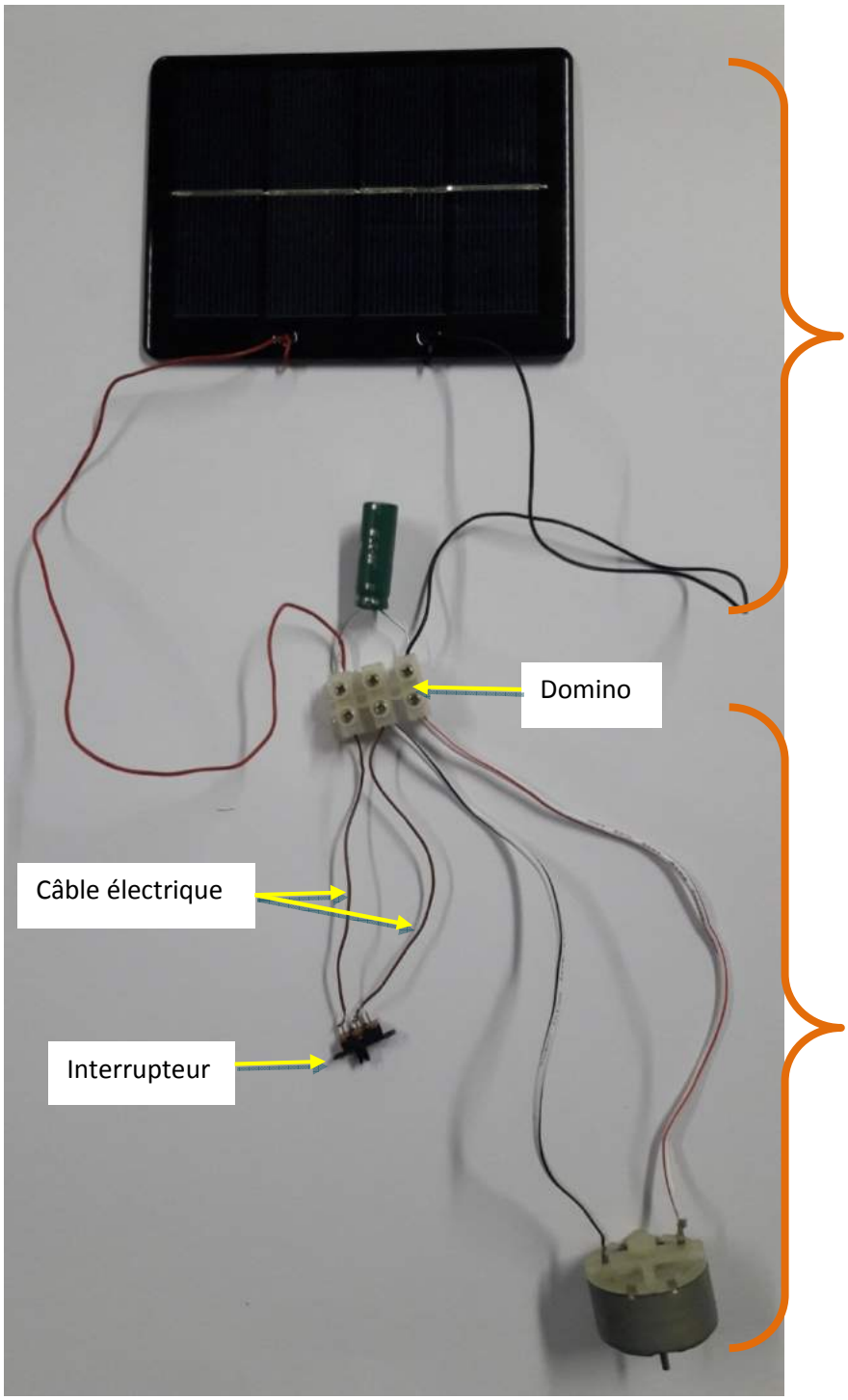
- Du **câble électrique** (environ 10cm, selon l'agencement des composants lors de l'assemblage final)
- Des **ciseaux** ou une pince à dénuder
- Une barrette de raccordement 3 plots (appelée aussi**domino électrique**)
- Un **petit tournevis** adapté au domino

Les composants peuvent être connectés entre eux de plusieurs façons :

- Des pinces crocodiles peuvent être utilisées (mais ne tiennent pas forcément très bien en course…)
- Les connections peuvent être soudées (à condition de disposer du matériel adéquat)
- Une barrette de raccordement ou « domino » peut raccorder simplement les éléments entre eux.

C'est cette dernière solution, simple et peu coûteuse, que nous proposons dans le montage suivant. En effet, il suffit de disposer d'un petit tournevis pour relier les composants entre eux dans le domino. Un montage avec un **domino 3 plots** permet de bien visualiser les différents éléments du circuit : pôle en dérivation (cellule solaire + condensateur), interrupteur et moteur en série. Les 3 plots peuvent être découpés si besoin pour faciliter l'assemblage.

Note : le montage proposé ci-après est un exemple. D'autres solutions peuvent également très bien fonctionner.




Cellule solaire et condensateur montés en dérivation, sur les mêmes plots du domino.

Reste du montage en série

*Exemple de montage électrique avec un domino 3 plots*

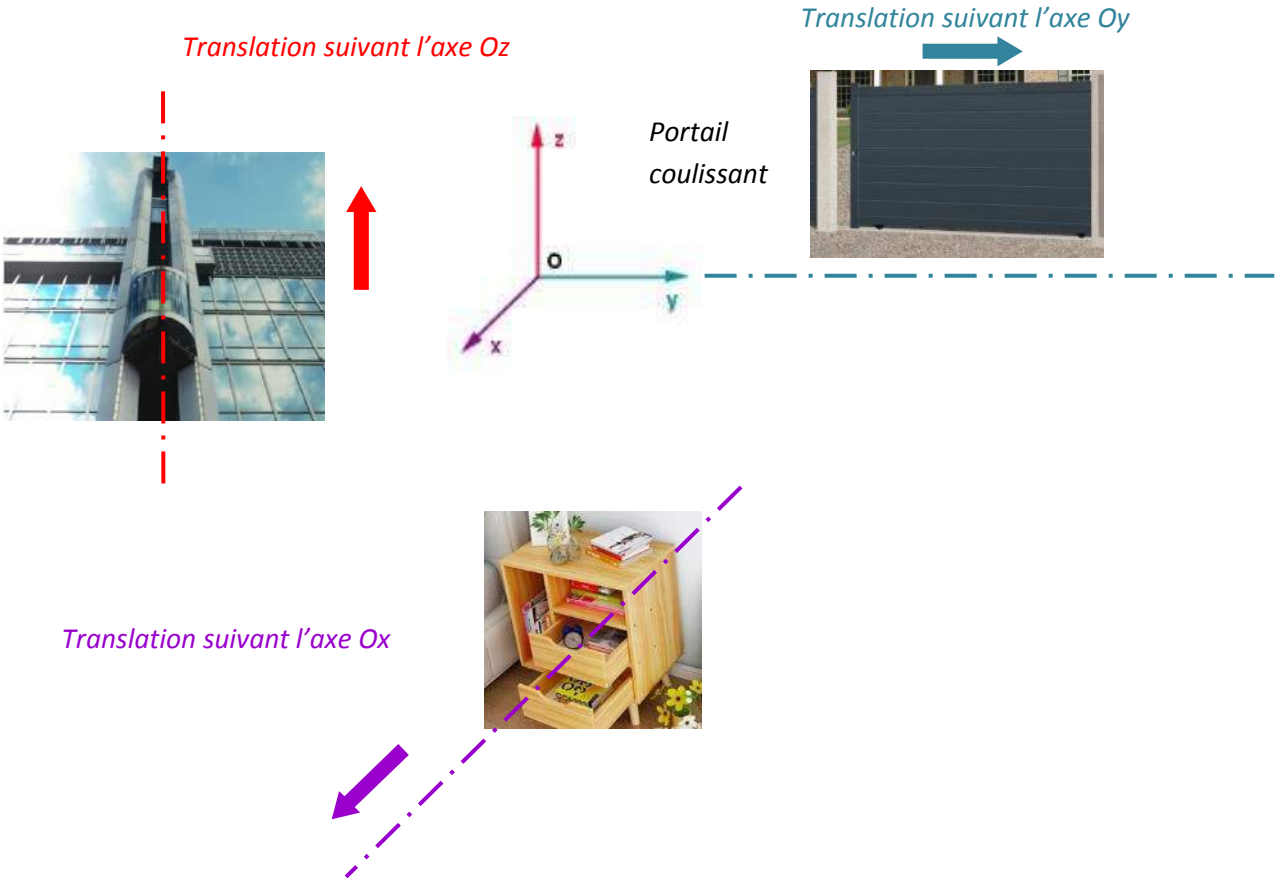
Attention au sens de branchement du condensateur. Une bande de signe « - » indique la patte de polarité négative à relier au câble noir de la cellule solaire.

Les éléments du circuit électrique du véhicule solaire transforment l'énergie solaire en mouvement rotatif du moteur. De là, comment transmettre ce mouvement de rotation aux roues du véhicule? Après un rappel des bases de mécaniques (mouvements, transformation et transmission), nous nous attarderons sur les moyens de transmission de c mouvement de rotation.

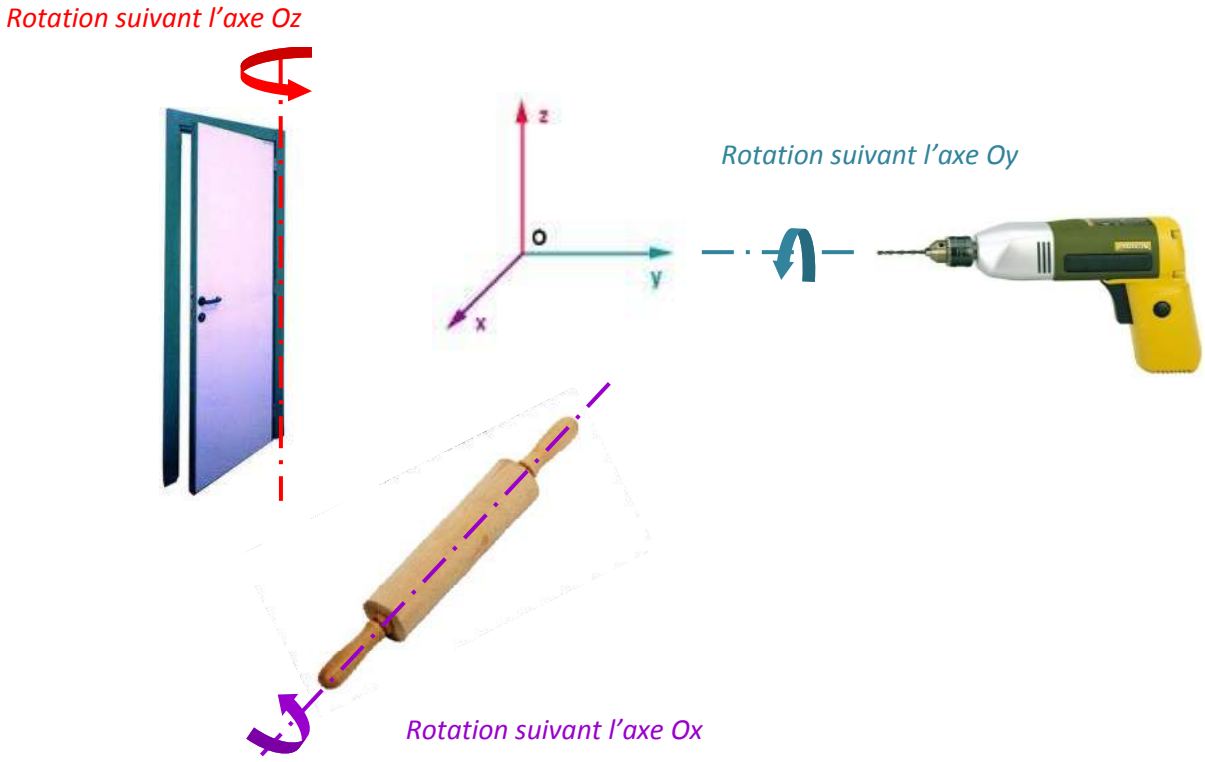
## 1 - Les différents types de mouvement

Il existe deux mouvements de base : **la rotation et la translation**. Les autres mouvements ne sont qu'une combinaison de ces deux (exemple sur un même axe = hélice). La succession de mouvements, ou encore le chemin parcouru, s'appelle une trajectoire.

### *La translation : déplacement d'un objet le long d'un axe*



## *La rotation : déplacement d'un objet qui « tourne » autour d'un axe*

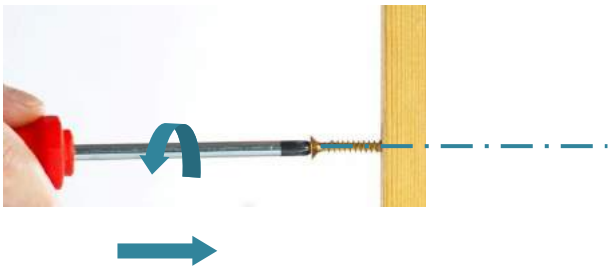



Ces mouvements peuvent s'observer dans la vie courante (rotation du tambour d'une machine à laver, d'un mixeur, d'une roue de voiture, translation d'un ascenseur, d'un télésiège,…) mais aussi en observant le corps humain (on parle alors de *biomécanique*). Par exemple :

- rotation de la main autour de l'axe de l'avant-bras grâce au poignet, du bras tendu grâce à l'épaule, de la tête autour de l'axe du cou, ronde des élèves autour d'un centre….
- translation d'une main posée à plat sur une table, translation de la personne entière qui marche le long d'une ligne droite, d'un groupe d'élèves à la queue leu-leu…

### *Combinaison de mouvements*

Un objet qui décrit une rotation et une translation autour/le long d'un même axe décrit un mouvement hélicoïdal. Ce mouvement se produit par exemple en assemblant deux objets grâce à un tournevis et une vis, ou en faisant tourner son poignet et en se déplaçant un ruban à la main.



## 2 - Transformation du mouvement

La transformation du mouvement est une action mécanique qui change la nature du mouvement (rotation vers translation ou translation vers rotation). On parle alors de mouvement d'entrée (celui qu'on applique) et de mouvement de sortie. Quelques exemples ci-dessous :

### *Système de vis-écrou*

**Rotation → translation**

Lorsqu'on tourne l'assise du tabouret dans un sens ou dans l'autre, celui-ci monte ou descend selon l'axe de la vis.

**Translation →Rotation**

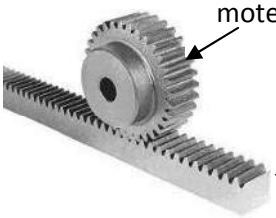
Lorsqu'on appuie sur le poussoir rouge, la toupie mécanique se met à tourner grâce à un mécanisme hélicoïdal.

## *Système pignon crémaillere*

Exemple du petit train de la Rhune

Les rames comportent chacune une motrice et deux voitures voyageurs, la motrice à crémaillère étant toujours placée en aval des voitures. La motrice pousse les voitures dans la montée et les retient dans la descente.

Pignon lié au moteur du train



Crémaillère au centre des rails du train

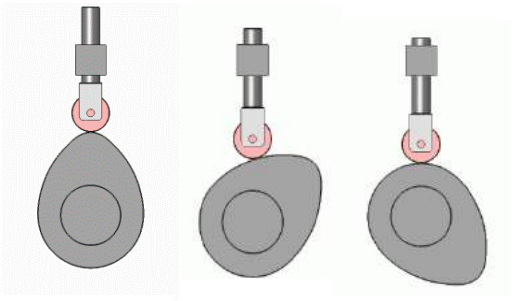
**Rotation → translation**

A noter : la grande majorité des trains fonctionne sans crémaillère. Cette technique est adaptée aux forts dénivelés pour lesquels la motorisation classique est insuffisante pour monter. Le train « Panoramique des Dômes » peut également être cité comme train à crémaillère.

## *Système came et tige-poussoir*

Le **système de came et tige-poussoir** (aussi appelée tige guidée) permet de transformer le mouvement de rotation de la came en un mouvement de translation alternatif (de va-et-vient) de la tige-poussoir.

On appelle «came» une roue qui a la forme d'un œuf, de profil. La came peut aussi être un disque de forme irrégulière. On appelle «tige-poussoir» la tige qui est appuyée sur la came. Lorsque la came tourne, la tige-poussoir effectue un mouvement de **translation alternatif** (mouvement de va-et-vient rectiligne). Ce système est **irréversible, c'est-à-dire que si on bouge la tige –poussoir, cela ne fait pas tourner la came...**.



Came en position haute : la tige est à son point le plus haut

Came en train de descendre : la tige également…

**Rotation → translation (alternative)**

## 3 - Transmission du mouvement

Il y a **transmission de mouvement** lorsque que le même mouvement est communiqué d'un organeà un autre, rotation vers rotation ou translation vers translation, avec variation possible de la vitesse.

La transmission du mouvement peut se faire directement par contact entre les deux pièces mécaniques ou avec l'aide d'un organe intermédiaire comme une chaîne ou une courroie.

Exemples de systèmes de transmission **rotation →rotation** :

### *Pignon/chaine : exemple du vélo*

Pour se déplacer, un véhicule à besoin d'énergie. Dans le cas du vélo, celui-ci est propulsé grâce à la conversion de l'énergie musculaire des jambes en énergie mécanique. Les jambes jouent le rôle du moteur du vélo !

La propulsion du vélo se fait comme suit : les pédales entrainent le pédalier lié au plateau. Ce dernier entraîne la chaîne qui fait tourner le pignon qui entraîne la roue arrière.

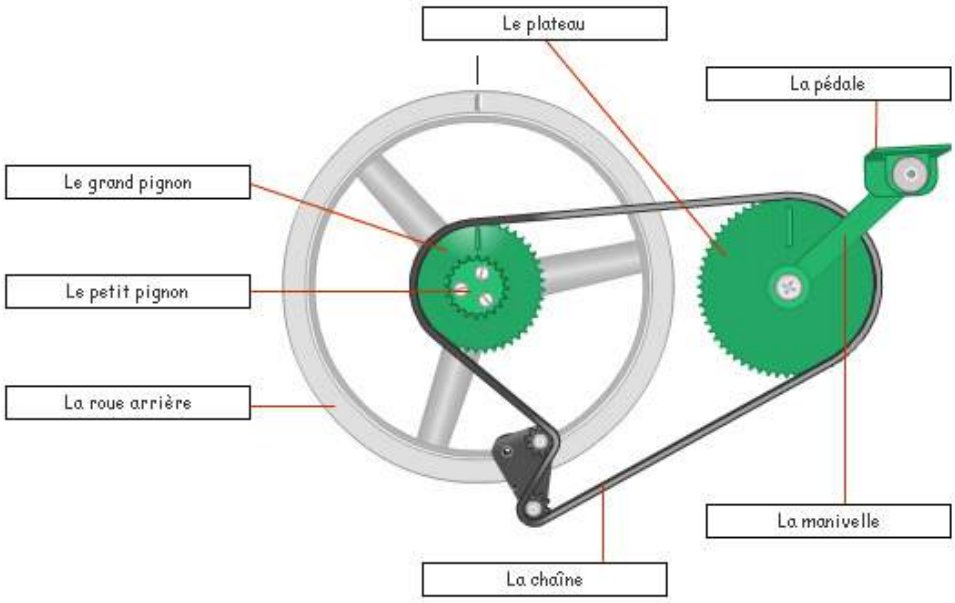
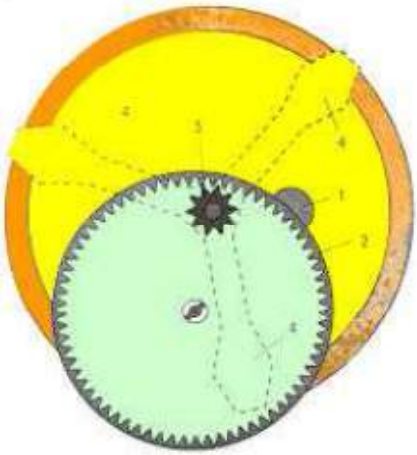



*Schéma des éléments de transmission du vélo*

## *Engrenages : exemple de l'essoreuse à salade*

Un engrenage est un système mécanique composé de deux roues dentées (ou plus) qui se transmettent un mouvement de rotation.



Avec la poignée, on fait tourner la grosse roue (dans ce cas : couronne) dentée. Cette grosse roue entraîne la petite. La petite roue dentée, accrochée aux pales, entraîne leur rotation. Ces pales sont elles-mêmes liées au panier qui tourne alors en même temps et à la même vitesse que la petite roue. Si la grande roue se compose de 80 dents et la petite de 10 dents : quand la grande roue fait un tour complet, la petite roue en fait 8. Elle tourne donc 8 fois plus vite que la grande roue, ce qui permet d'essorer la salade efficacement.

Dans le cadre du projet des défis solaires, la transmission du mouvement de rotation du moteur peut-être transmis aux roues soit **directement** en accrochant la roue au moteur, soit **indirectement grâce à un engrenage**. Voir fiches 7 et 8pour les montages directs et indirects.

## *Système de poulies et de courroies*

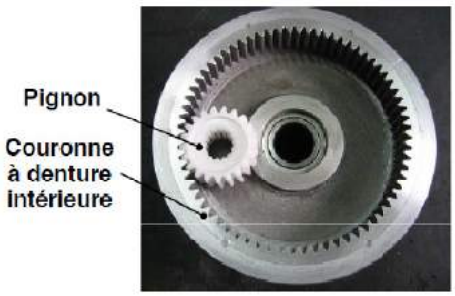
Ce dispositif, qui assure la transmission d'un mouvement de rotation à distance renferme au minimum 2 poulies et une courroie. L'entraînement est réalisé par l'adhérence de la courroie sur les poulies.

## 4 - Zoom sur la transmission par engrenages

Un engrenage est un système mécanique composé de roues dentées (minimum deux, aussi appelées pignons) qui se transmettent un mouvement de rotation. On dit que ces roues dentées « s'engrènent ». La roue « menante » est la roue sur laquelle on exerce l'effort dit d'entrée. Les autres roues sont les roues « menées ».

Une transmission par engrenage est dite « indirecte », par opposition à un entrainement direct (entrée et sortie sur le même axe et sans intermédiaire). Il existe différents types d'engrenage : quelques exemples sont montrés ci-dessous.

**Engrenage cylindrique droit**
Exemple du ruban correcteur (Voir annexe 1 rubrique méca pour activité en classe)

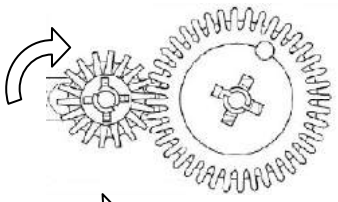



**Roue à denture intérieure**
Exemple de l'essoreuse à salade

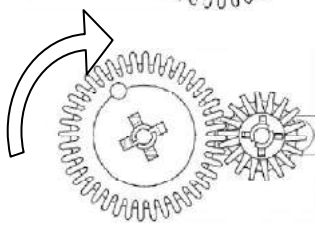
**Engrenage à roues coniques**
Changement de plan et d'axe de rotation
Exemple du batteur manuel à manivelle

## *Vitesse de rotation*

Les roues d'entrée et de sortie ont des **vitesses de rotation différentes** si elles ont des tailles différentes.



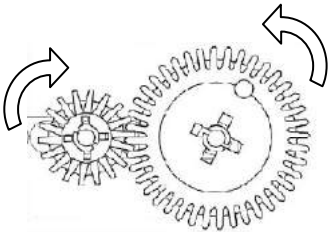
**Démultiplication** : diminution de la vitesse.
La roue menante est plus petite que la menée: lorsqu'elle fait un tour complet, la grande roue ne fait qu'une portion de tour.



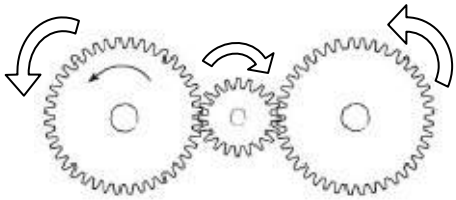
**Surmultiplication**: augmentation de la vitesse.
La roue menante est plus grande que la menée : lorsqu'elle fait un tour, le petite roue réalise plusieurs tours.

## *Sens de rotation*

Nombre de roues **pair** : la roue d'entrée et la roue de sortie tournent en **sens inverse**.



Nombre de roues **impair** : la roue d'entrée et la roue de sortie tournent dans le **même sens**.



Dans le cadre du projet des défis solaires, un engrenage peut être utilisé entre l'arbre de sortie du moteur et un essieu sur lequel seront fixées des roues.

Notions abordées

- Nombre et taille de roues
- Notions de traction et de propulsion
- Nombre de roues motrices

Vocabulaire : roue, traction, propulsion, roue motrice, adhérence

Rien n'est imposé par le cahier des charges concernant le choix des roues. N'importe quel objet peut donc être utilisé (vraie roue avec pneu, bouchon de récup', CD, …). Toutefois une réflexion peut être lancée sur le sujet pour se poser les bonnes questions et expérimenter.

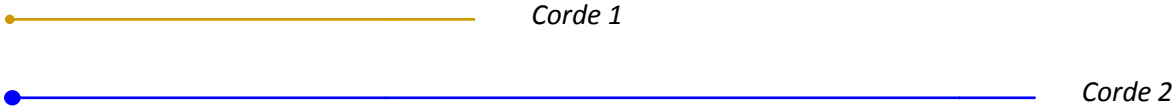
## 1 - Taille des roues – Vitesse

La ou les roues motrices effectuent, en une durée donnée, un certain nombre de tours (soit le même nombre de tours que le moteur, soit un nombre de tours proportionnel à celui du moteur si un engrenage est utilisé).

*Roue 1*

*Roue 2*

Si on mesure le périmètre de chacune des roues, ou si ce n'est pas au programme, si on en fait le tour avec une corde, on constate que pour un tour de l'axe moteur, la roue parcourt une distance plus grande si elle est plus grande.



En un temps t donné, en effectuant un tour de roue, la roue 1 parcourt donc la distance de la longueur de la Corde 1 tandis que la roue 2 parcourt la distance de la corde 2. La roue 2, la plus grande, parcourt donc une plus grande distance.

Notion de vitesse : la vitesse correspond à une distance parcourue en un temps donné. On peut la noter également V =d/t.

➔ **On peut alors en déduire que plus la roue est grande (plus exactement plus son rayon est grand), plus le véhicule avance vite.**

Toutefois, la puissance du moteur et le poids du véhicule viennent contrebalancer ce postulat. Quelle que soit la taille de la roue, si le moteur n'est pas assez puissant pour déplacer le poids du véhicule, sa vitesse de rotation en sera ralentie.

Dans le cas des véhicules solaires des Défis, le moteur est identique pour tous. A chacun de jouer sur la **taille des roues**, le **poids du véhicule**, la **vitesse de rotation** entre le moteur et les roues (engrenage éventuel) pour optimiser le système selon le temps disponible.

## 2- Taille et matériau des roues – Adhérence

Définition : L'adhérence est la résistance mécanique au glissement relatif entre 2 solides en contact.

Dans le cadre des roues sur une route ou une piste, il s'agit de la réaction du sol qui permet à la roue de tourner en avançant, et non en glissant. Le **caoutchouc,** par exemple présente un « coefficient de frottement » élevé par rapport à d'autres matériaux (acier, bois,…). C'est pourquoi les pneus sont fabriqués en caoutchouc, mais aussi les semelles de nombreuses chaussures ! (Chacun pourra remarquer avoir eu des chaussures plus ou moins glissantes selon ses semelles).

*Des matériaux caoutchouteux pour les pneus et les semelles de chaussure pour éviter les glissades…*

Plus la roue est large, plus la surface en contact avec le sol est grande, plus l'adhérence est élevée.

L'adhérence dépend des deux matériaux en contact l'un contre l'autre. Dans le cas du sol, si celui-ci est glissant (neige, verglas, savon nettoyant, huile,…) le pneu ou la chaussure peuvent ne pas suffire : on glisse et on peut chuter ou avoir un accident!

*Exemples de situations glissantes…*

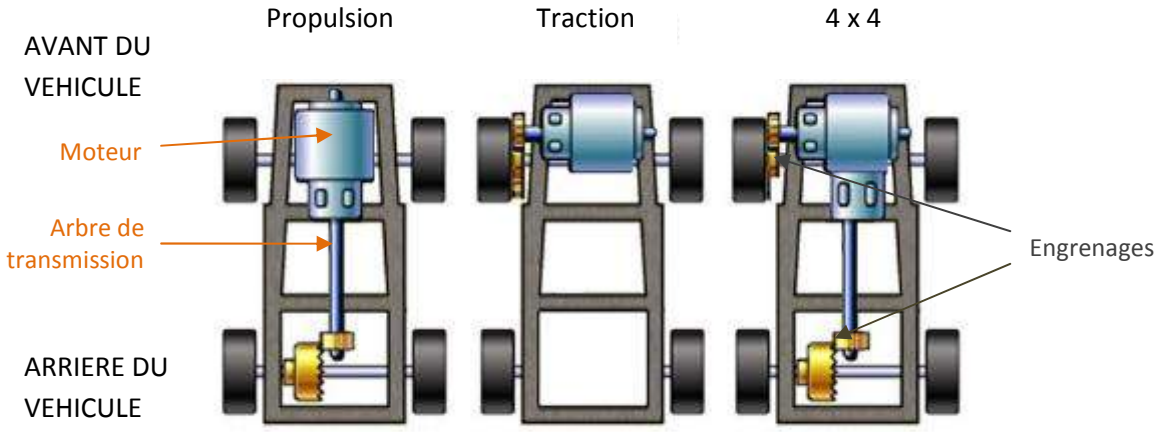
Lorsque le terrain est accidenté ou incliné, il est important d'avoir une bonne adhérence (exemple des tracteurs avec de larges pneus ou des véhicules 4x4). Comme pour un réel véhicule, l'important est d'avoir le bon revêtement de roue pour le bon usage. [Observer la taille des pneus par rapport à celles des hommes]

Dans le cadre des véhicules filoguidés des **défis solaires**, la piste est plate et rectiligne. Un revêtement de roue simple suffit : le pneu convient mais d'autres matériaux courants suffisent. Si le matériau choisi adhère peu (plastique d'un bouchon de bouteille de lait par exemple), un ou deux **élastiques en caoutchouc** peuvent entourer la roue pour qu'elle adhère mieux. Eviter les roues trop étroites.

## 3- Traction et propulsion

Une voiture se déplace grâce à son moteur, ce qui va produire une force sur l'axe des roues pour les faire tourner (ou directement sur une roue si l'une d'elles est directement relié au moteur).

- On parle de « propulsion » lorsque la puissance du moteur est transmise aux roues arrière. Les roues avant ne font alors que suivre le mouvement.
- On parle de « traction » lorsque la puissance du moteur est transmise aux roues avant. Les roues arrière ne font alors que suivre le mouvement.
- On parle de 4×4(ou 4 roues motrices) lorsque toute la puissance du moteur est transmise à toutes les roues.




Plus de 90% des voitures en circulation sont des « tractions ». Tout le poids du moteur se situe à l'avant et la voiture ne risque pas de se soulever. Si la route est glissante (pluie, neige), il est préférable d'avoir les roues motrices là où la voiture est la plus lourde. En effet, même sur les voitures propulsées à l'arrière, le moteur –encombrant- se situe généralement à l'avant pour des raisons d'habitabilité du véhicule.

Les véhicules à 4 roues motrices sont particulièrement adaptés aux personnes fréquentant des terrains accidentés ou routes difficiles : chaque roue est en fonction, la voiture patine moins et elle a plus de « couple ». S'il y a une côte ou des virages avec des cailloux elle aura plus de facilité àavancer sans embûches.

Ici encore, dans le cadre des défis solaires et des véhicules filoguidés, la piste est plate et rectiligne : les deux solutions fonctionnent, traction et propulsion.

## 4 – Nombre de roues motrices

Définition : roue motrice : roue à laquelle la puissance du moteur est transmise

On peut imaginer 3 possibilités :

- 4 roues motrices →inutiles pour un parcours sur piste lisse et plate.
- 2 roues motrices
- 1 roue motrice.

Etudions les 2 derniers cas.

### *1 roue motrice*

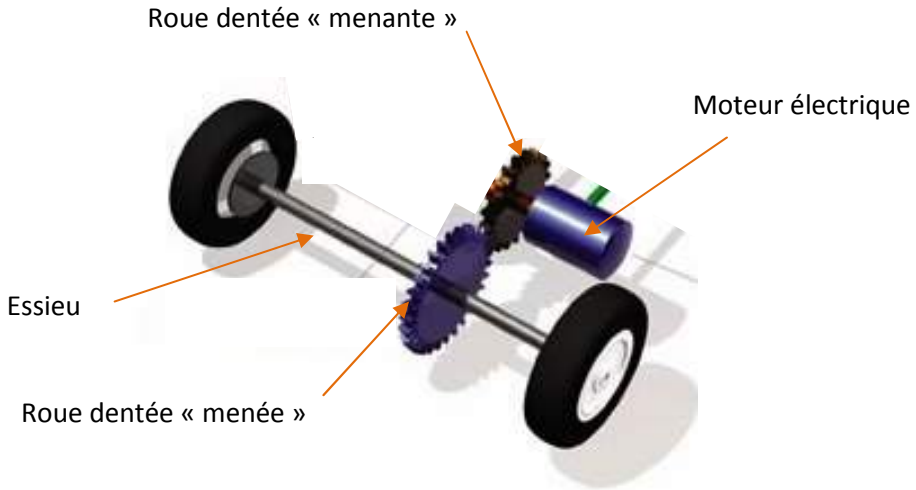
La roue peut alors être directement montée sur l'axe du moteur ce qui simplifie le montage. Pour des soucis d'équilibre du véhicule, l'assemblage roue-moteur est alors centré, ce qui fait que le véhicule ne comporte que **3 roues**. La stabilité d'un véhicule à 3 roues est loin d'être la meilleure, mais dans le cadre précis des défis proposés, ce montage fonctionne.

Il s'agit du montage **le plus simple,** à retrouver en fiche 7.

### *2 roues motrices*

Le moteur transmet sa puissance à 2 roues, montées sur un axe appelé « essieu ». Pour transmettre cette puissance, il faut utiliser un système de transmission du mouvement vu dans la fiche 05 comme les **engrenages** (un système de courroie peut également être utilisé, il ne sera pas développé ici).

Le montage est un peu plus complexe que le précédent mais pédagogiquement **plus intéressant**.




Le véhicule peut alors comporter 3 ou 4 roues (ou plus mais sans intérêt sur la performance). Les 2 roues motrices peuvent être montées à l'avant (traction) ou à l'arrière (propulsion).

Un exemple de montage indirect est détaillé en fiche 8.

## 5- Travaux pratiques

- Réfléchir au type de propulsion de véhicule connus : où se situe la partie motrice et à l'inverse quelles sont les roues qui se contentent de suivre le mouvement ? (vélo, train, véhicule téléguidé qu'ils peuvent apporter de la maison,…)

- Visualiser le périmètre de différentes roues en les recouvrant d'encre ou de peinture par exemple, et leur faisant parcourir un tour sur du papier. Voir les différentes longueurs parcourues.

- Sur l'adhérence : pour mieux comprendre, l'adhérence est une forme de frottement. Moins il y a de frottement, plus on glisse ! La neige, et encore plus la glace, est glissante : ski, luge, patin à glace. On glisse sur un toboggan si on s'assoit mais pas debout avec ses chaussures. Chez l'animal, le pingouin glisse tandis que la chenille adhère, même sur un mur vertical (observer otarie, gecko,…). Le savon, l'huile, rendent une surface glissante. Montrer des situations de la vie courante ou du monde sportif ou animal où l'on observe de l'adhérence ou des glissements.

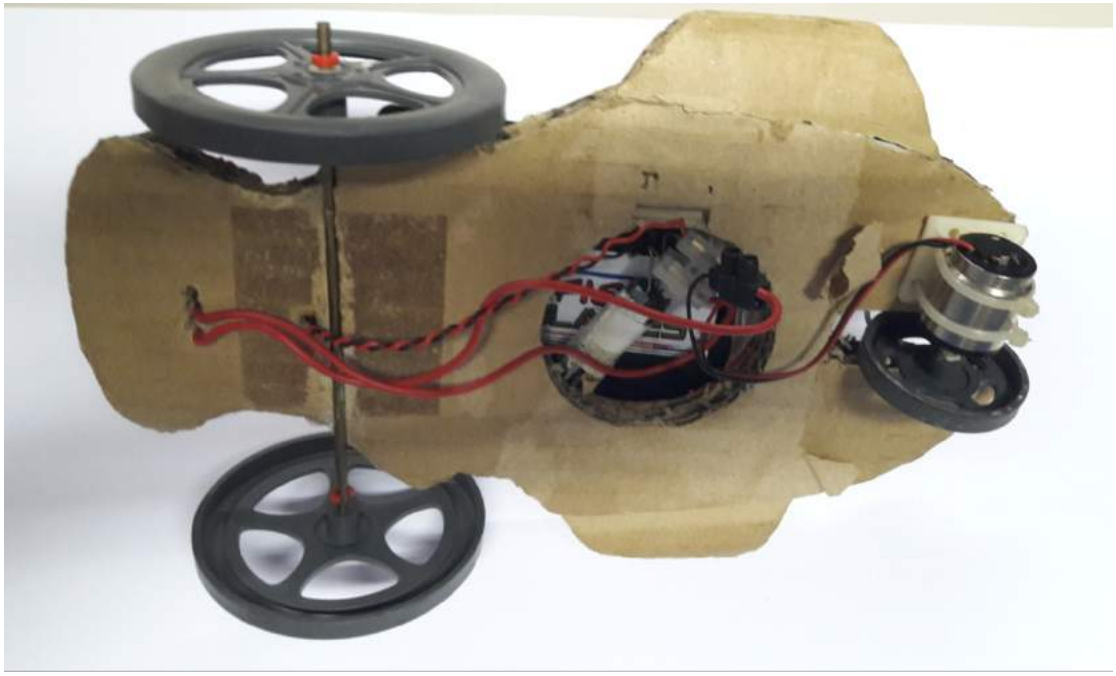
- teste d'adhérence des matériaux exemple http://colleges.ac-rouen.fr/raimbourg/blog/CenC_26/index.php?post/2015/02/02/Les-tests-d-adh%C3%A9rence

- faire des choix techniques avec les élèves : dessiner le véhicule idéal, observer les différences.

- Sur un même type de véhicule construit pour les défis solaires, tester différents diamètres de roues et comparer les vitesses sur une longueur de piste (10m)

*Exemple  d'un montage à 3 roues, vu de dessus*

Remarque : Si l'on souhaite que le poisson clown avance dans la direction de sa tête, il vaut mieux fixer la crosse de guidage à l'arrière, contrairement à ce qui est montré ici.

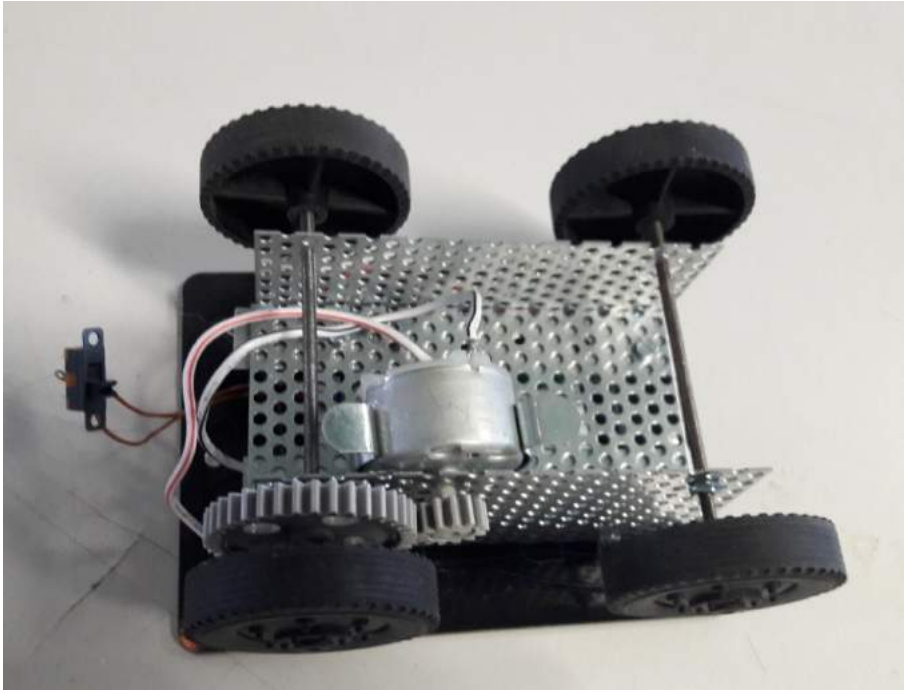


*Exemple d'un montage à 3 roues, vu de dessous*

On voit bien le moteur dont l'axe rentre directement dans le moyeu de la roue. L'essieu est fixe, le diamètre du moyeu des roues est légèrement supérieur à celui de l'essieu, si bien que les roues peuvent tourner librement lorsque le roue motrice fonctionne.

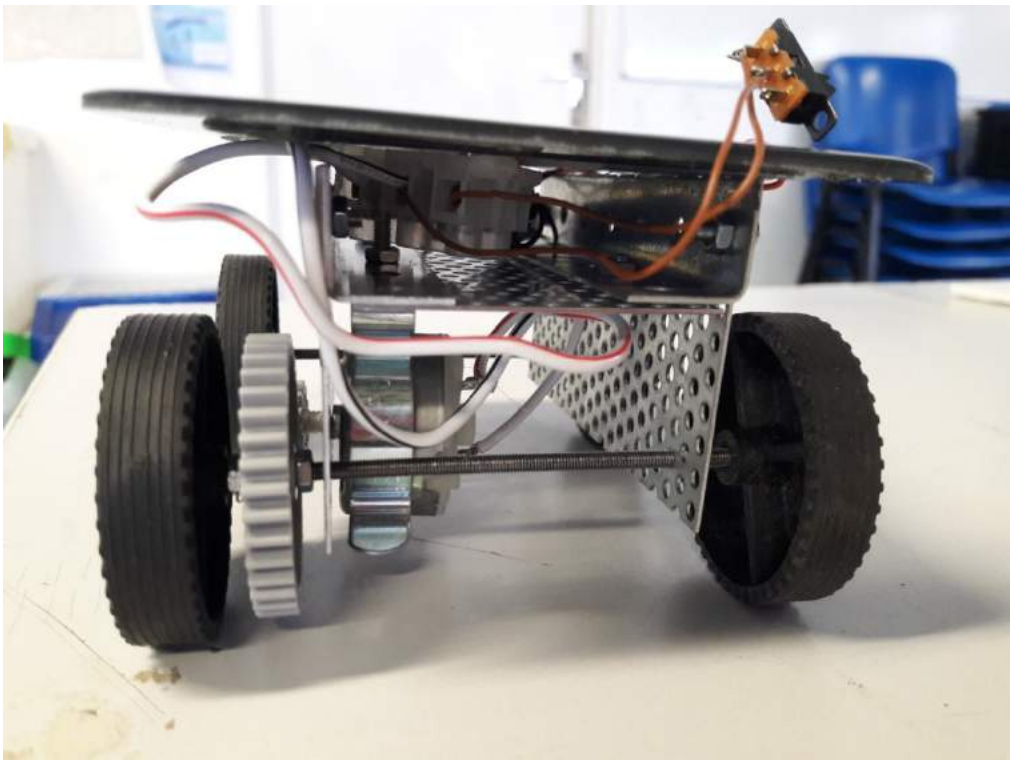
# FICHE 8 : MECANIQUE
## MONTAGE A 4 ROUES (INDIRECT)

La photo ci-dessous montre un montage mécanique à 4 roues, avec un système d'engrenage simple à 2 roues dentées. Un support du commerce est utilisé (sur la photo, programme d'engrenage de chez Opitec, voir liens fournitures en annexe) pour pouvoir fixer les axes sur lesquels sont montées les roues dentées.



Pour utiliser ce type de support, le mieux est de disposer également d'une « lyre » pour y fixer directement le moteur (voir photo ci-dessous).

A noter : d'autres solutions techniques, du commerce ou bricolées, peuvent aboutir au même résultat, sans utiliser nécessairement ce type de support qui permet juste de simplifier le montage.



Sur ces photos, aucun châssis n'est présent é afin de mieux montrer le mécanisme. Le véhicule final comportera un châssis autre que le support type Opitec en plus.

Des engrenages plus complexes peuvent être utilisés selon le niveau de démultiplication souhaité ou l'objectif pédagogique recherché. Attention au montage de certaines configurations: des roues dentées peuvent être serrées sur leur axe tandis que d'autres doivent être « libres ».

*Châssis : assemblage destiné à supporter le mécanisme, les roues, la suspension et la carrosserie d'un véhicule. Dans le cadre des défis solaires on appellera châssis le support aux systèmes électriques et mécaniques, sur lequel viendra également se fixer la crosse de guidage.*

Après avoir réalisé le montage électrique et affiné le montage mécanique, le véhicule peut être pensé comme un ensemble, comme un assemblage de ces systèmes. Le châssis est un élément essentiel du véhicule puisque tout vient s'y fixer.

## 1 - Conception du châssis

### *Matériau*

Le choix du ou des matériaux est entièrement LIBRE. Ci-dessous sont simplement notées quelques **pistes de réflexion** pour guider les classes.

Tous les participants disposent du même moteur, de puissance identique. Ce moteur peut propulser un véhicule, mais jusqu'à une certaine limite de **poids** : trop lourd, il n'avancerait pas, ou difficilement. Le véhicule solaire ne doit pas non plus être trop léger, pour ne pas s'envoler ( !) : le poids de la cellule solaire et du moteur lui assurent déjà un minimum suffisant.

Le châssis doit également être suffisamment **rigide** pour supporter le poids des éléments indispensables (moteur cellule solaire, condensateur, fils électriques, crosse,…).

Le matériau doit être **facile à trouver et à travailler** en classe.

➔ Carton (ne pas hésiter à rigidifier en collant 2 épaisseurs si besoin), plastique, boites de récupération, bâtonnets de bois,….

### *Pratique*

- Prévoir un emplacement simple d'accès pour l'interrupteur
- Prévoir un emplacement plat et horizontal pour la cellule solaire
- Si des éléments sont cachés (circuit électrique par exemple), prévoir de pouvoir y accéder facilement en cas de dysfonctionnement

### *Impératif*

Ne pas oublier l'impératif de taille du cahier des charges : **L = 30cm l = 20cm H = 30cm.**

## 2 - Lien entre les éléments roulants et le châssis

L'étape d'assemblage entre le circuit électrique, les éléments mécaniques et le support (« châssis ») peut s'avérer plus complexe que prévu. Cette partie peut faire l'objet d'une réflexion en classe car une question s'impose rapidement : comment fixer les éléments qui tournent à ceux qui ne tournent pas ? Pour y répondre, il faut

### *Classer les éléments du véhicule en 2 groupes :*

- Ceux qui tournent (roues, essieux, axe moteur, engrenages s'il y en a)
- Ceux qui ne tournent pas (châssis, circuit élec –sauf arbre moteur-, crosse de guidage, déco…)

L'élément charnière est le moteur puisque c'est de lui que vient le mouvement : une partie fixe et une partie tournante.

### *Puis chercher les points de contacts ou les liaisons :*

- La partie fixe du moteur doit être fixée au châssis tandis son arbre/axe doit être libre de tourner.
- Les roues motrices sont en contact avec le sol et avec un essieu qui leur transmet le mouvement. On ne peut pas les mettre en contact avec autre chose sous peine d'empêcher leur mouvement de rotation imposé par l'essieu.
- Les roues des engrenages doivent pouvoir tourner également l'une dans l'autre. L'intérieur de ces roues dentées étant relié au moteur ou à l'essieu, impossible de lies lier ailleurs.
- Les roues non motrices sont libres de tourner, l'essieu ne leur transmet aucun mouvement
- L'essieu des roues motrices doit pouvoir tourner. Sa longueur lui permet toutefois d'être relié au châssis.

Une liaison doit alors se faire soit entre l'essieu et les roues dans le cas des roues non motrices, ou bien entre l'essieu et le châssis pour tous les types de roues. **Une pièce intermédiaire doit permettre cette liaison.** En mécanique, cette liaison s'appelle une liaison PIVOT : un élément tourne autour d'un seul axe, par rapport à un autre, sans mouvement de translation entre les deux….

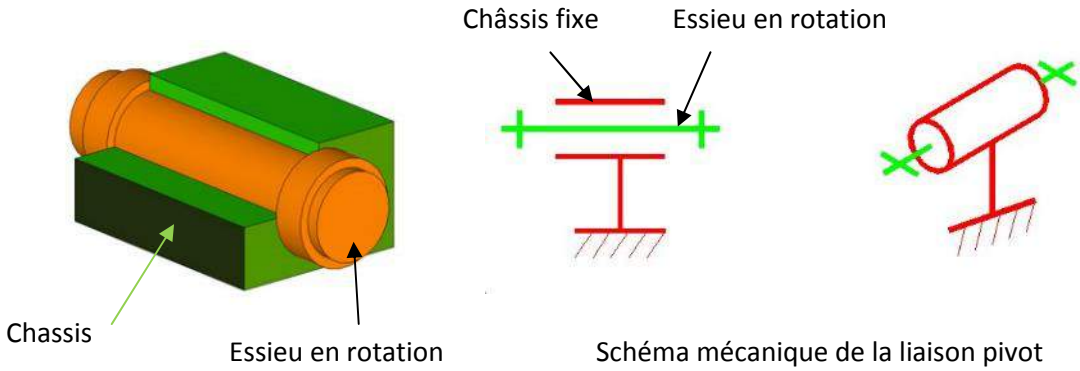
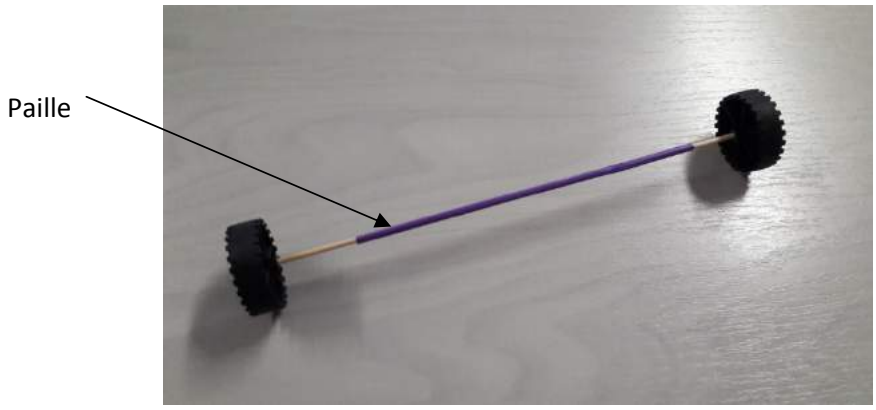



Schéma mécanique de la liaison pivot

## *Trouver une solution technique*

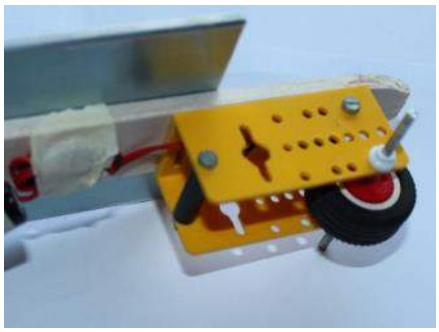
Cylindre : Une solution consiste simplement à envelopper l'axe tournant (l'essieu) d'un cylindre qu'on fixe au châssis. Cela peut se matérialiser par l'utilisation d'une **pique à brochette pour l'essieu, qu'on vient glisser dans une paille** qui peut elle-même est collée au châssis (pistolet à colle, scotch, …), voir photo ci-dessous.




Note : Cette solution simple et peu couteuse fonctionne très bien pour le véhicule solaire des Défis

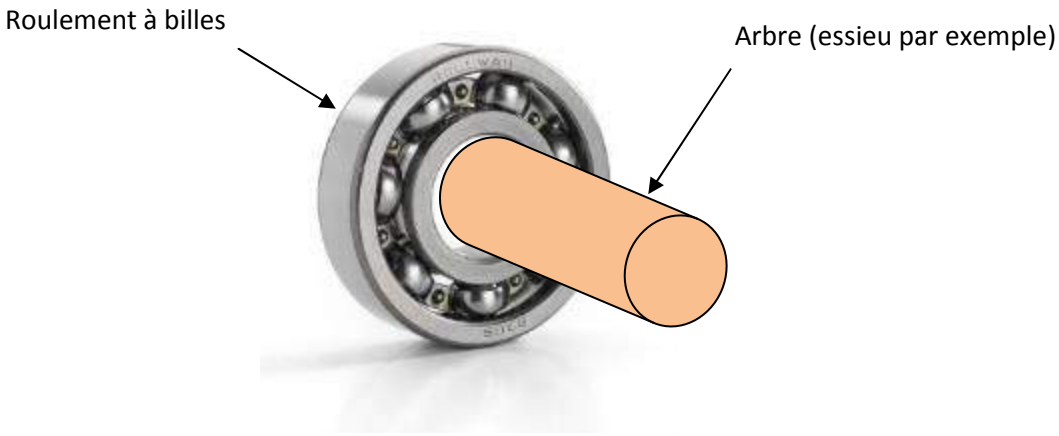
Bagues : Selon la place que prennent les différentes pièces, on peut aussi créer deux ou plusieurs cylindres fixés au châssis, en carton, plastique,….ou utiliser des serflex, bagues, perles,…. De diamètre suffisamment large pour y faire passer un essieu.

Support tout fait : Des pièces toutes faites permettent également d'assurer cette fonction de liaison, comme ici le kit motoréducteur Opitec . Un équivalent peut être bricolé avec du carton rigide percé ou troué à l'emporte-pièce.



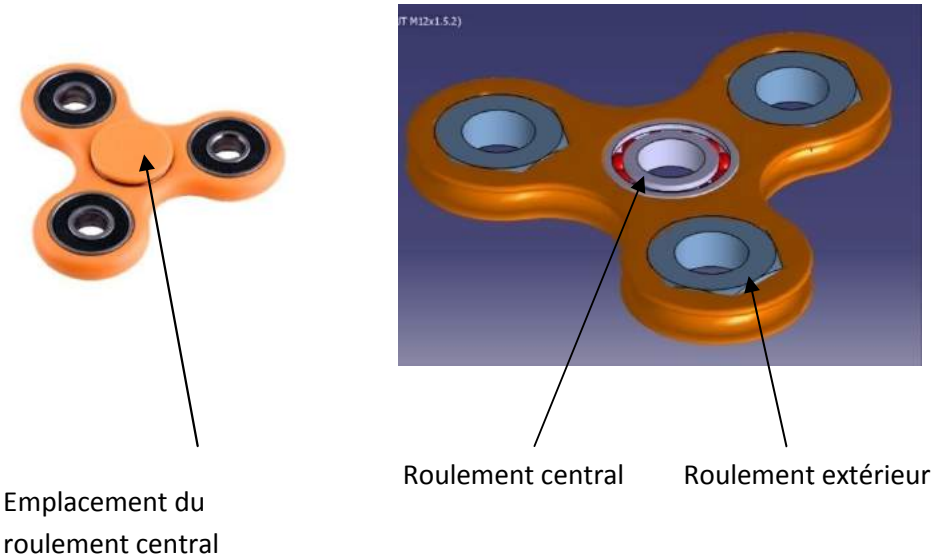
Roulement : En mécanique, la pièce principalement utilisée pour assurer une liaison pivot s'appelle un roulement. Les plus courants sont les roulements à billes. Les 2 bagues, intérieure et extérieure tournent l'une par rapport à l'autre grâce à des billes montées entre les deux, minimisant les frottements. Le cylindre monté dans la bague intérieur s'appelle « arbre » tandis que celui lié à la

bague extérieure s'appelle « moyeu ». Cette bague extérieure peut se monter au centre d'une roue par exemple.



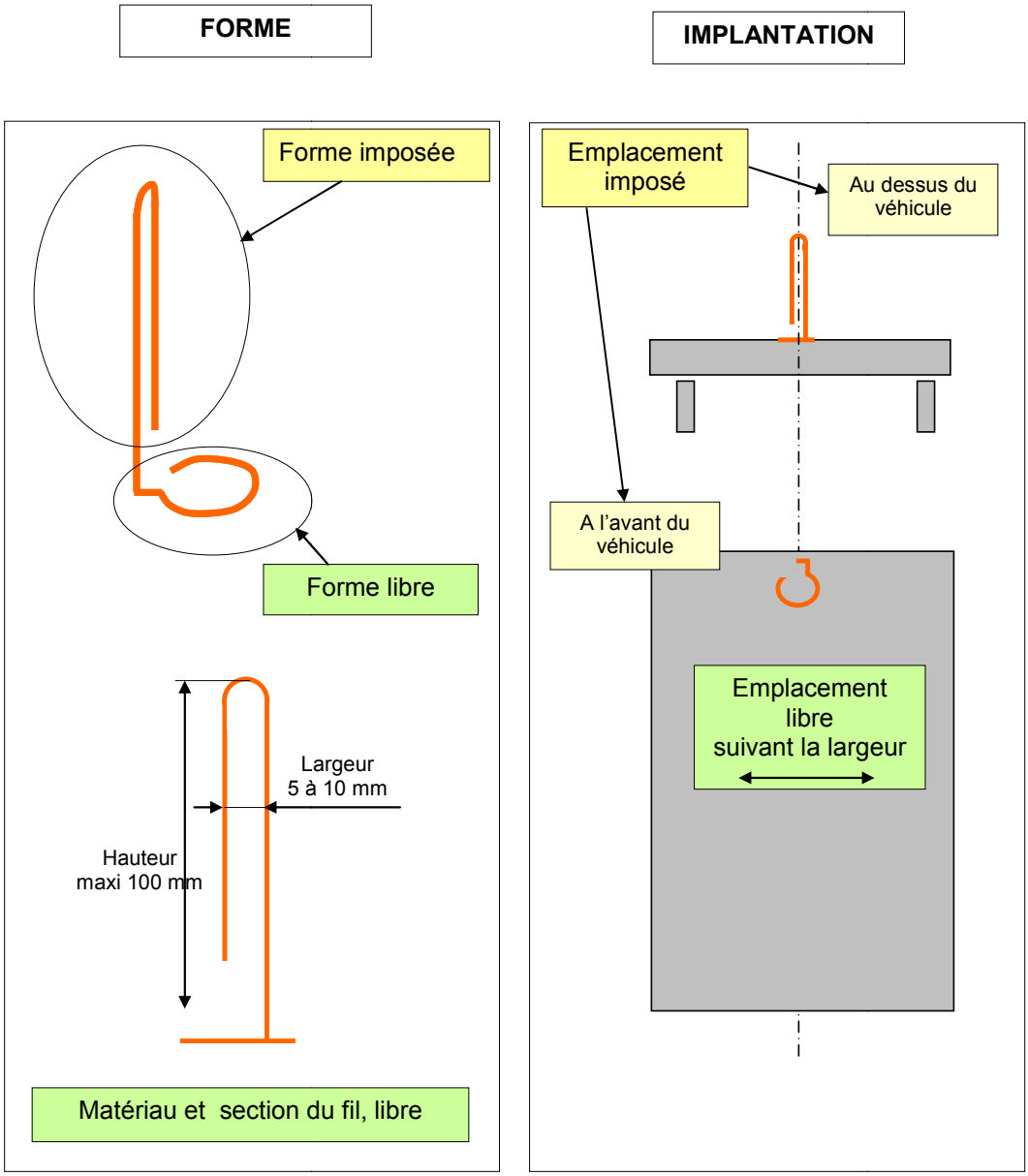

Dans le cas du véhicule des défis solaires, des roulements peuvent être utilisés entre les roues non motrices et l'essieu – le roulement se monte alors dans le diamètre de la roue. . Ou entre les essieux et le châssis.

On trouve des roulements dans d'innombrables équipements, notamment les véhicules y compris les plus légers (vélo, skateboard, rollers, trottinettes…). Cette pièce mécanique est en fait bien connue des enfants, sans qu'ils l'aient formellement identifiée, puisqu'on en trouve dans le hand spinner. Il se compose d'un roulement central (souvent caché par une pièce en plastique coloré) et le plus souvent de 3 roulements extérieurs. Les roulements extérieurs ne servent que de poids, leur fonction de roulement n'est pas utilisée. Il suffit de retirer les caches pour observer les roulements. La qualité du roulement central fait que le hand spinner peut tourner plus ou moins longtemps.



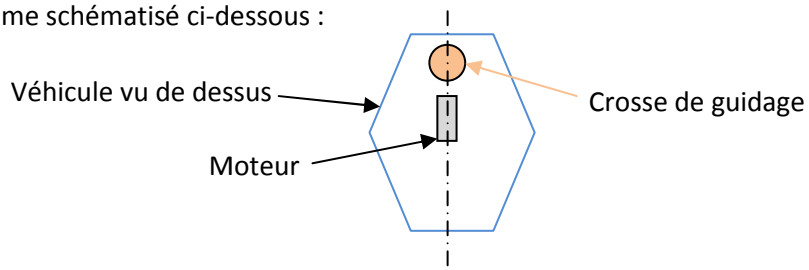
## 3 - Fabrication de la crosse de guidage

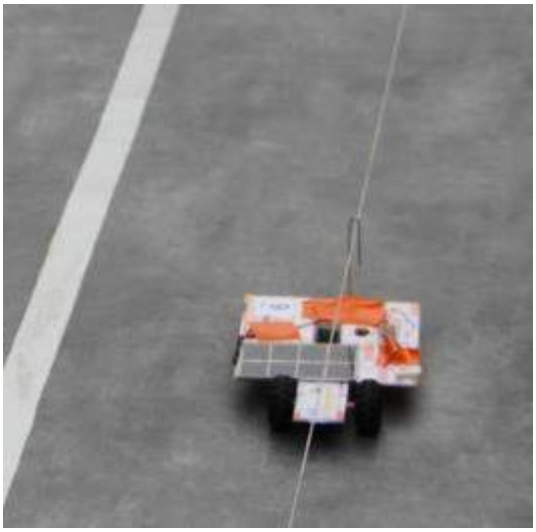
Rappel du cahier des charges : la crosse de guidage répond aux exigences ci-dessous :




Un simple **fil de fer** suffit pour réaliser la crosse de guidage. Il faut que le matériau soit assez rigide au cas où le véhicule n'avance pas de façon parfaitement rectiligne. La crosse tirera alors sur le fil qui reste tendu et ramène ainsi le véhicule –à peu près- dans le droit chemin.

La crosse peut être simplement collée ou scotchée au châssis. Le mieux est de la placer dans l'axe du moteur, comme schématisé ci-dessous :



# FICHE 10 : TEST ET DEBUGGAGE

Vérification du bon fonctionnement du véhicule et test en conditions de course

Dernière étape avant la rencontre des Défis Solaires : il est important de **prévoir une séance pour tester le véhicule** et y apporter le cas échéant les modifications nécessaire à son bon fonctionnement. Si possible (optionnel), un test dans les conditions des courses sera réalisé en matérialisant au sol la piste et en tendant un fil entre deux supports tenus par des élèves.

Dans le cas où cette partie n'est pas réalisée avant les rencontres, quelques tests et réparations pourront être réalisés sur place.

## 1 – Test du fonctionnement simple du véhicule

Le test le plus indispensable consiste à **vérifier que le véhicule avance**, de la façon la plus rectiligne possible pour éviter les pertes de temps liées au placement du véhicule (voir règlement course).

En cas de dysfonctionnement, le visuel ci-dessous permet de réfléchir aux solutions possibles :

## Le véhicule n'avance pas

### Le moteur ne tourne pas

- ➔ Y a-t-il suffisamment de soleil ou de luminosité? Tester avec halogène.
- ➔ Contrôler le système électrique :
  - Vérifier tous les contacts câbles. Privilégier les dominos aux pinces crocos.
  - Vérifier la polarité du condensateur (+ et – dans le bon sens)
  - Vérifier le montage (cellules solaires et condensateur en dérivation, reliés en série à l'interrupteur et au moteur)
  - Tester séparément les composants du circuit pour identifier une éventuelle panne :
    - Tester le bloc pile [cellule solaire / condensateur] avec une LED voir si elle s'allume (en veillant à la polarité…)
    - Tester le moteur avec une pile chargée 1,5V
    - Supprimer l'interrupteur du circuit complet (mais fermer le circuit…)

### Le moteur tourne

- ➔ Contrôler le système mécanique :
  - les roues dentées sont-elles bien engrenées ?
  - Les éléments tournants sont-ils libres de tourner?
- ➔ Si on soulève le véhicule du sol, les roues tournent-elles ?
  - Si oui, le poids du véhicule est peut-être bien supérieur à ce que le moteur peut mettre en mouvement
  - Si non, un problème de liaison se situe entre l'essieu et l'axe moteur (engrenage, pièce de liaison, axes,…)

## Le véhicule n'avance pas droit

- ➔ Contrôler le parallélisme des roues, la perpendicularité des essieux à l'axe d'avancement
- ➔ Vérifier la répartition du poids sur le véhicule (à répartir le plus symétriquement possible par rapport à l'axe d'avancement)
- ➔ En conditions de course : vérifier le montage de la crosse de guidage – frottements

## Le véhicule recule

- ➔ Inverser le sens de branchement du moteur (en inversant simplement les câbles)

## Les roues du véhicule se détachent

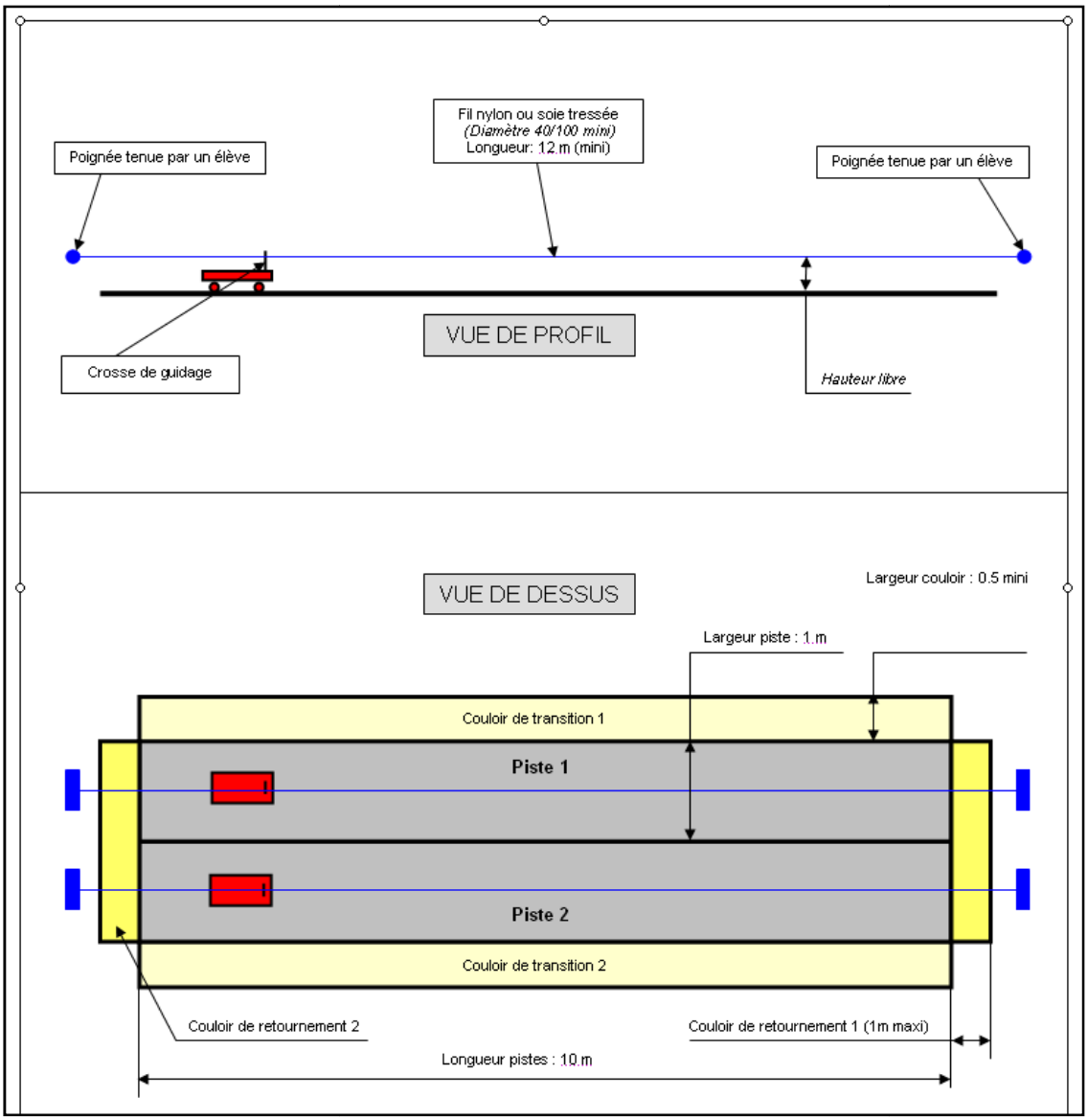
- ➔ Prévoir un système de blocage en translation des roues sur les essieux

## Le véhicule avance péniblement

- ➔ Contrôler les frottements entre les éléments roulants et non roulants. Egalement au niveau de la crosse de guidage.
- ➔ Vérifier la rigidité du système complet qui peut s'affaisser lors de l'assemblage.
- ➔ Poids du véhicule : est-il trop lourd ? Essayer de l'alléger.

## 2 - Test du fonctionnement en conditions de course

Rappel du cahier des charges sur la piste :




L'idéal pour le test est de matérialiser au sol la taille de la piste et de disposer d'un fil de 12m de long que deux élèves peuvent tendre au milieu de la piste. Ce test représente l'occasion de tester les «retourneurs » et le « redresseur » (voir règlement).

Il permet aussi d'aborder les notions de vitesse et d'endurance.

## *Vitesse*

Défi : parcourir une longueur de piste dans le temps le plus faible. Il est facile d'observer que le véhicule à la vitesse la plus forte arrive en premier…

Définition : la vitesse est le rapport entre la distance parcouru et le temps de parcours. V= d/t

Pour une voiture, elle est généralement exprimée en km/h (à ramener aux panneaux de signalisation connus). Ici, la piste mesure 10m –constante de distance - et le temps de parcours sera vraisemblablement mesurable en secondes. Calculer la vitesse des véhicules en m/s.

## *Endurance*

Défi : parcourir le plus grand nombre de longueurs de piste possible pendant 3 minutes.

Dans le cadre de ce défi, la constante est le temps, la variable est la distance. Chaque véhicule roule à son rythme sans objectif de vitesse. Mesurer ou calculer la distance parcourue en mètres.

S'il reste du temps à la classe pour expérimenter, elle peut optimiser les performances du véhicule en jouant sur son poids, la taille de ses roues, la minimisation des frottements,

# FICHE 11 : COMMUNICATION tout au long du projet (blog, poster,…)

Le cahier des charges prévoit un volet communication. L'objectif est avant tout pédagogique : bien comprendre pour bien communiquer sur son projet et maîtriser le vocabulaire technique associé.

## 1 – Le blog

Partager son expérience, c'est aussi aller à la rencontre des autres participants, suivre leur avancée, échanger sur les idées, etc.

On ne saurait donc que trop conseiller de ne pas négliger cet aspect du projet. Il permet également aux élèves moins intéressés par la technique de s'approprier le sujet autrement.

Un blog, au nom de votre équipe, sera créé afin que vous puissiez remplir les étapes essentielles à la création de votre véhicule. Ces étapes sont au nombre de 4 :

**Etape #1**

- **Présentation du cahier des charges** :Identifier les représentations des élèves, lecture du cahier des charges, identifier les différentes possibilités de construction du véhicule...

**Etape #2**

- **Définition et validation du protocole de conception du véhicule** : présentation du planning, du prototype, des plans mécanique et électrique, des équipes de travail et du rôle de chacun

**Etape #3**

- **Réalisation du véhicule** : Réaliser les différentes parties du véhicule, enregistrer les difficultés et réponses apportées tout au long du projet

**Etape #4**

- **Test de fonctionnement du véhicule** : vérifier le fonctionnement du véhicule, tester ses performances, finaliser le poster, le dossier technique et le cahier d'expériences...

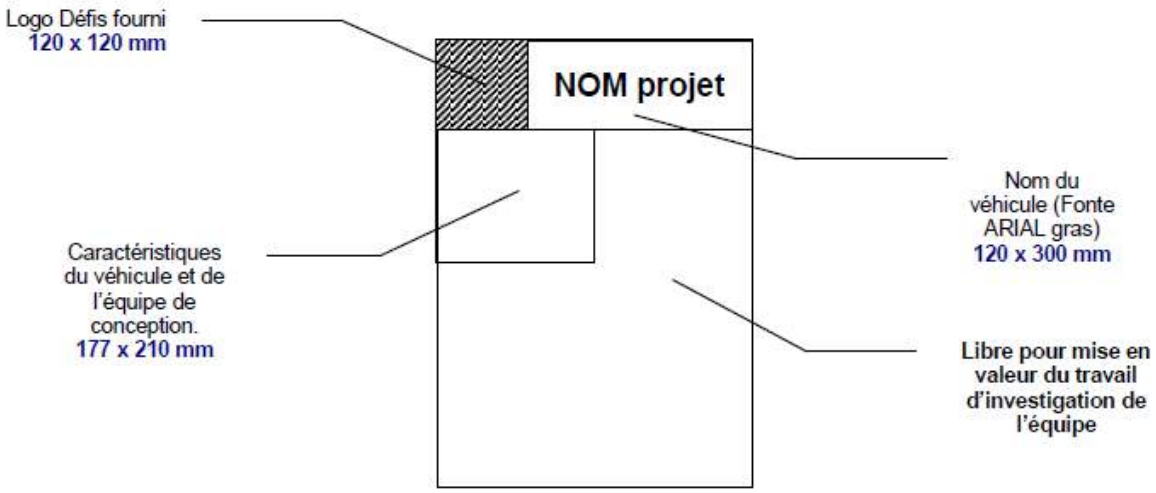
## 2 – Le poster

Un Jury composé de membres partenaires des Défis Solaires Occitanie et des organisateurs passera sur tous les stands pour découvrir les affiches, écouter la présentation du projet par les élèves et poser quelques questions aux jeunes participants.

Il établira un classement en tenant compte des éléments présentés le jour des épreuves mais également de ceux qui figureront sur le blog de chaque équipe.

Ce classement comptera pour moitié dans le classement final. Un prix spécial sera décerné pour la réalisation du blog et du poster.

Il est demandé de réaliser une affiche au format A2 (594 x 420 mm), rigide, orientée verticalement et présentant les caractéristiques ci-dessous :



# ANNEXE 1 :
Pour aller plus loin

## SUR LE THEME DES ENERGIES

Pour pratiquer en classe :

- Une professeur des écoles partage en ligne ses fiches séquences, notamment une sur l'énergie : http://cycle3.orpheecole.com/2013/10/sciences-c-3-les-energies/#lightbox[3305]/6/-http://www.japprends-lenergie.fr/upload/enjeux/ressources/japprendslenergie-energie-definitions-et-principes.pdf

- La Wallonie a édité un cahier de l'énergie très bien fait, à retrouver sur https://energie.wallonie.be/fr/cahier-de-l-energie-cahier-de-l-eleve.html?IDD=13958&IDC=6932. Nécessite de faire abstraction des chiffres spécifiques à la Belgique. Existe en cahier du professeur et en cahier de l'élève.

- http://www.explorateurs-energie.com/ Site s'adressant aux 10-12 ans, proposant des jeux simples en ligne sur le thème des énergies mais aussi des animations et des explications sur l'énergie, les différentes sources etc. Edité par « Romande énergie », un producteur /distributeur d'énergie en Suisse.

- Le site http://www.japprends-lenergie.fr/ressources/les-ressources/par-niveau/primaire est l'équivalent français du précédent, édité par Engie (ex –GDF Suez)

Pour se documenter, et/ou à partager :

- Le site du CEA, le Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives, regorge d'informations globales mais aussi de façon spécifique à destination des enseignants (quizz, vidéos, etc.)http://www.cea.fr/comprendre/enseignants/Pages/ressources-pedagogiques/quiz/quiz-energies-XXIe-siecle.aspx http://www.cea.fr/comprendre/enseignants/Pages/ressources-pedagogiques/energies.aspx

- Sur Solar impulse :https://www.lemonde.fr/planete/article/2016/07/26/l-avion-solaire-solar-impulse-2-boucle-le-premier-tour-du-monde-aerien-sans-carburant_4974605_3244.html

- Le bilan électrique français complet 2017, de RTE (Réseau de Transport d'Electricité) http://bilan-electrique-2017.rte-france.com/

- Le site du commissariat général au développement durable (CGDD, du ministère de la transition écologique et solidaire) : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/accueil.html
- http://www.explorateurs-energie.com/

## SUR LE THEME DE L'AIR ET DES TRANSPORTS

La fiche technique de ce livret s'appuie sur une partie du texte et des illustrations fournies par Atmo, l'observatoire de la qualité de l'air dans de nombreuses régions françaises.

- En Occitanie : https://www.atmo-occitanie.org/
- Documents pédagogiques : https://www.atmosud.org/article/vous-cherchez-des-outils-pedagogiques-sur-lair; A télécharger dans les « liens utiles » en haut à droite de la page, module cycle 3.

Autres liens utiles :

- Le site de La Main à la Pâte, module « je suis écomobile » https://www.fondation-lamap.org/fr/je-suis-ecomobile

## SUR LE THEME DE LA TRANSFORMATION DE L'ENERGIE

- Sur les cellules solaires

http://tpephotovoltaique.e-monsite.com/pages/fonctionnement-et-rendement-de-la-cellule-photovoltaique/principe-de-fonctionnement-physique-de-la-cellule-photovoltaique.html

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque

Animation Java sur le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque : https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric

et leur impact environnemental https://www.actu-environnement.com/ae/pdt/panneaux-solaires-impact-environnement-edf-enr-667.php4

- Sur le condensateur

Animation interactive sur le fonctionnement d'un condensateur : https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_fr.html

- Sur le moteur électrique et les générateurs

Fonctionnement de la dynamo d'un vélo (générateur), même principe que les génératrices d'éoliennes : http://www.clg-daudet-carpentras.ac-aix-marseille.fr/spip/IMG/file/techno/niv6/doc_ress_dynamo.pdf

## SUR LES MONTAGES ELECTRIQUES

- Sur les montages électriques

Simulations d'expériences en ligne :

http://physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/laplace_lorentz_force_electric_motor_principle_brushes_split_ring.htm

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_fr.html

- Cette institutrice partage ses fiches séquences sur l'électricité : https://www.mysticlolly.fr/sequence-sciences-lelectricite

## SUR LA MECANIQUE

- Activité avec les élèves :Essoreuse et vélo : voir fiche séquences orphée-école http://cycle3.orpheecole.com/wp-content/uploads/2013/12/S%C3%A9quence-SCIENCES-blog-Transmissions-de-mouvement.pdf
- Activité autour du mécanisme du ruban correcteur puis du vélo http://sciences21.ac-dijon.fr/IMG/pdf/synthese_defi_eiffel_sept_13.pdf
- Activités autour des engrenages : utiliser une malette Celda : https://docplayer.fr/25464666-La-main-a-la-pate-poulies-et-engrenages-cycle-3-poulies-et-engrenages.html
- Trouver les mécanismes présents dans la salle de classe ! https://www.edumoov.com/fiche-de-preparation-sequence/20446/sciences-et-technologie/cm2/sciences-la-mecanique

Pour concrétiser avec les élèves : à partir de photos ou d'objets existants, réfléchir à quel est le mouvement d'entrée et de sortie (exemple : volet roulant, verrou porte, rouleau de scotch dans dévidoir, …). « je tourne l'assise du tabouret (rotation) dans un sens ou dans l'autre pour le faire monter ou descendre (translation verticale, selon l'axe de rotation de l'assise) »

## SUR LE CHASSIS

- fonctionnement du hand spinner : Vidéo Dr Nozman https://www.youtube.com/watch?v=Z5x0Y1SIGC4
- Vidéo globale sur les défis solaires filoguidés (vidéo Planète Sciences), exemples de véhicules : https://www.youtube.com/watch?v=CmuD8QKr4c8

# ANNEXE 2 :
# Transversalité du projet

Les Défis Solaires constituent un support pour aborder de nombreuses autres thématiques. La liste ci-dessous ne se veut pas exhaustive mais a simplement pour but de proposer des idées pour lier les Défis Solaires aux différentes parties du programme du cycle 3.

## *En parlant d'énergie….*

- Anatomie et alimentation : L'énergie dans le corps humain
- Histoire : l'âge industriel, l'avènement du nucléaire post 2nde guerre mondial/choc pétrolier, les choix énergétiques en France, la transition écologique,….
- L'esprit des pionniers, de l'aventure et de la découverte : en partant de Solar Impulse, ramener au premier vol d'avion, au premier humain dans l'espace, au premier tour du monde en bateau,….
- Géographie : Carte des ressources, de la consommation, comparer la production française à un autre pays aux ressources différentes et aux choix politiques différents, avec niveau de vie équivalent (Allemagne, USA, …) ou non (en Afrique, …). Mieux habiter en ville grâce aux transports moins polluants.
- Maths : calcul production par habitants (division),…
- Citoyenneté : les gestes éco-citoyens : privilégier les modes de transports doux, ne pas gaspiller l'électricité, le chauffage, privilégier les produits locaux …
- Alimentation, transport et mondialisation : exemple du kilo de haricots : http://www.globaleducation.ch/francaisP/Une_journee_en_mondialisation/aliment_1.html
- Sur le soleil en particulier : aborder le système solaire, pourquoi il fait jour/nuit, cycle des saisons et durée d'ensoleillement

## *En parlant d'électricité*

- **Français**

Travail sur le vocabulaire, Etymologie du mot électricité

*« Électricité » est un mot provenant du grecλεκτρον, êlektron, signifiant ambre jaune. Les Grecs anciens avaient découvert qu'en frottant l'ambre jaune, ce matériau produit une attirance sur d'autres objets légers et parfois des étincelles.*

Double sens des mots/expression avec : tension, courant, pile, solaire, câble, générateur, conducteur, électrique,…

https://www.espace-sciences.org/archives/pourquoi-appelle-t-on-une-pile-une-pile

- **Anglais (technique et général)**

Travail sur le vocabulaire (solar vehicle, solar challenge, engine, cables, electricwire, wheel, switch, screw, glue, …) pourquoi pas sur une courte présentation du projet orale et/ou écrite.

- **Art**

Travail sur la fée Electricité : http://www.mam.paris.fr/fr/oeuvre/la-fee-electricite , https://fr.wikipedia.org/wiki/La_F%C3%A9e_%C3%89lectricit%C3%A9

- **Histoire :** découverte de l'électricité. Comment faisait-on avant ?

- **Géographie :**

  - Lumière et urbanisation dans le monde

https://www.futura-sciences.com/planete/photos/environnement-lumiere-formidable-eclairage-notre-planete-650/environnement-carte-monde-revelant-urbanisation-3725/

  - Consommation électrique mondiale (2014) :

https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/eg.use.elec.kh.pc?view=map

  - Production électrique mondiale (2015) :

https://www.planete-energies.com/fr/medias/infographies/la-carte-du-monde-de-l-energie-3

  - Habiter en ville, habiter à la campagne : l'acheminement de l'électricité, le réseau.

https://www.rte-france.com/fr/la-carte-du-reseau

- **Nature**

L'électricité chez les animaux : https://www.happ-e.fr/actualites-electricite/univers-electricite/news-electricite/9-animaux-dotes-de-capacites-electriques

La lumière sans électricité : la bioluminescence https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-luminescence-tous-etats-1498/page/7/

- **Citoyenneté :** Mieux consommer, ne pas gaspiller l'électricité. Au quotidien, qu'est-ce qui consomme de l'électricité ? peut-on s'en passer ?diminuer sa consommation ? Gestes ?

## *En parlant de mécanique*

- Notre corps aussi fait de la mécanique, et cela s'appelle de la biomécanique ! Exemple de fiche séquence sur le mouvement, avec les mouvements corporels

http://cycle3.orpheecole.com/wp-content/uploads/2013/06/S%C3%A9quence-Les-mouvements-corporels.pdf)

- Maths : calculs de rapports d'engrenages, calculs de périmètre de roue

### *En parlant de châssis*

- Le châssis peut faire l'objet d'une démarche artistique (arts plastiques intégrant les fonctions techniques à respecter).

### *En phase de test*

- Calcul de vitesse, de distance
- Utiliser un chronomètre

# ANNEXE 3 : Liens pour fournitures

Des liens sont proposés ci-dessous afin de faciliter l'approvisionnement en matériel divers. Cette liste est non exhaustive et non sponsorisée.

## *Montage électrique*

**Interrupteur : Entre 0.30€ et 4€**

https://www.reichelt.com/fr/fr/commutateur-coulisse-miniature-raccordement-soud-2-x-um-noi-t-217-p19976.html?PROVID=2788&gclid=Cj0KCQiAxZPgBRCmARIsAOrTHSaFfWyLZxg1n9OU-8H3w-HJp8IpAGkRFF4zQIVIVc1q6vm2-LVMtXQaAvC8EALw_wcB&&r=1

https://www.conrad.fr/p/interrupteur-a-glissiere-knitter-switch-mfs-131d-30-vdc-035-a-1-x-onon-1-pcs-705737

**Câble électrique : 2.70€ les 5m ou prix au kilomètre…**

https://www.castorama.fr/cable-electrique-h07vu-1-5-mm2-violet-5-m/3170230003915_CAFR.prd

https://www.pointp.fr/outillage-quincaillerie/cable-electrique-h07v-u-passeo-1x1-5-noir-le-rouleau-100m-ref-A3660319

**Domino électriques ou « barrettes de raccordement » : 0.90€ le lot (a découper avec des ciseaux pour utiliser 3 plots)**

https://www.castorama.fr/barrette-de-connexion-4-mm2-diall-noir/3454978210829_CAFR.prd

## *Montage mécanique*

**Kits pour réaliser des ateliers sur les engrenages**

https://www.celda.fr/sciences-technologie/le-monde-des-objets/technologie/le-materiel-cycle-3-au-detail.html

https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/112187

**Roues**

https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/844099/zz/cID/c3I6cm91ZTM=/p/4

https://www.a4.fr/tout-pour-la-fab/mecatronique-et-modelisme/transmission-de-mouvements/roues-et-accessoires/grappes-de-roues/dragster-grappe-roue-abs-gris.html

https://www.jeulin.fr/catalogsearch/result/?q=roue

**Matériel mécanique pour le montage montré en fiche 8 :**

Kit pour engrenages (support, axes, roues dentées, etc.) https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/112187 à 6,79€

Réducteurs de diamètre entre l'axe du moteur et la roue dentée https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/842022/kmanza/p/2 , 0,95 € les 10

Étrier de fixation moteur https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/225085 0,25€

Roues https://fr.opitec.com/opitec-web/articleNumber/844077/kmanla/p/2 2,69 € les 10

D'autres fournisseurs, en ligne ou en boutique, tels que Radiospare, Technologies services, Bricomarché, Weldom, pointP, MrBricolage, radio etc. peuvent également proposer du matériel adapté.