



# COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

**Première - Module 2 - Les énergies, l'électricité et l'électronique**

## Sciences de l'Ingénieur

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**  
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**  
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**  
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**  
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**  
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**  
pour vérifier ses acquis

[www.cours-pi.com](http://www.cours-pi.com)

Paris & Montpellier



# EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

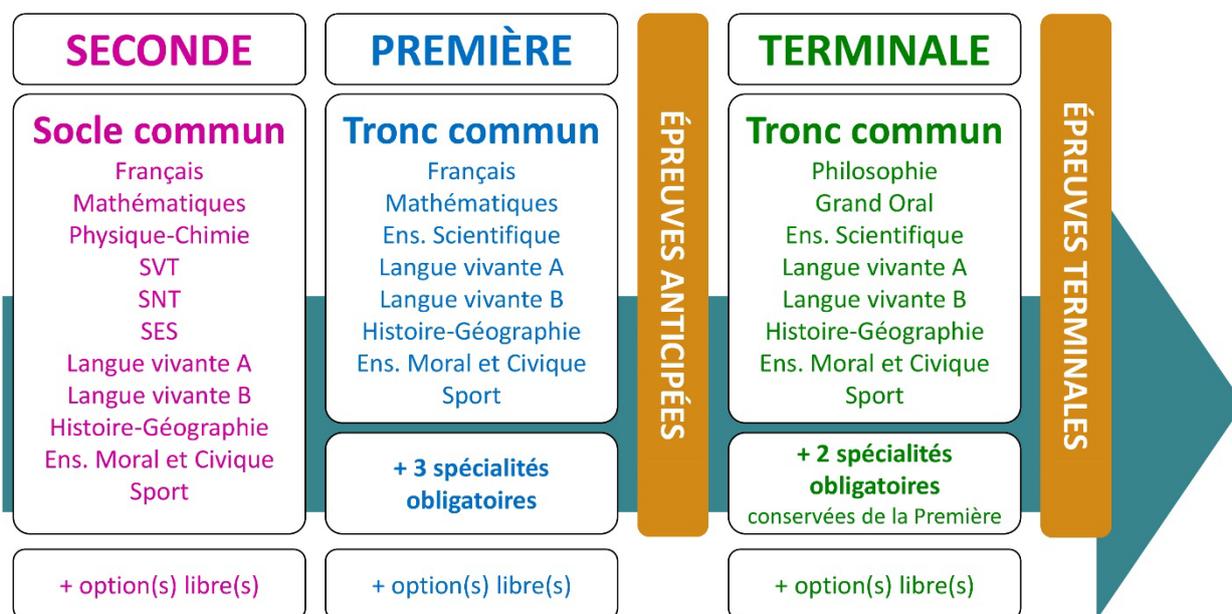
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers **l'excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

## LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



### CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

### CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **A vous de jouer** pour mettre en application
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

## SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

### Module 2 – Les énergies, l'électricité et l'électronique

#### L'AUTEUR



#### Dorian JACQUOT

« C'est l'exigence et la bienveillance qui m'ont toujours animé pour concevoir ce manuel par lequel nous partons ensemble à la découverte de ce qui fait les sciences de l'ingénieur : la connaissance scientifique d'une part, mais aussi la démarche, la réflexion, la conception et la communication ». Ingénieur en systèmes mécaniques et professeur agrégé en sciences industrielles de l'ingénieur, Dorian enseigne cette discipline à la croisée des sciences et de l'innovation. Passionné par les langues, en plus de parler couramment Python, Java, HTML, CSS, PHP, C++... il maîtrise également l'anglais et l'espéranto.

#### PRÉSENTATION

Aujourd'hui, tout scientifique est confronté à la communication. Sa recherche n'est utile pour la société que si elle est communiquée, vulgarisée et expliquée. Savoir commenter des données, argumenter un point de vue scientifique et développer un raisonnement sont des qualités indéniables d'un chercheur ou d'un ingénieur dont les fondamentaux s'apprennent depuis le plus jeune âge.

La discipline « enseignement scientifique » va non seulement permettre aux élèves de constituer leur socle de connaissances culturelles et notionnelles scientifiques, mais aussi de les préparer à analyser, commenter, communiquer et argumenter ses raisonnements, qualités utiles à tout citoyen, à une époque où les grandes questions scientifiques deviennent la responsabilité de chacun.

Ce sont ces compétences qui seront évaluées au baccalauréat et c'est à cela que va vous préparer par étapes, de façon très guidée, ce module d'enseignement scientifique.

#### CONSEILS À L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de l'**assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés.

Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

## LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**,
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

## LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »). Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

**Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation**, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

**Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».**

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

**Donc, dès qu'un devoir est rédigé**, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier  
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur.*

**N.B. :** quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir**.

**N.B. :** si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.

## VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure. En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves. Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL  
EST  
SON  
RÔLE ?

**Orienter** les parents et les élèves.

**Proposer** la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

**Faire évoluer** les outils pédagogiques.

**Encadrer** et **coordonner** les différents professeurs.

## VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

## LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.  
04.67.34.03.00  
scolarite@cours-pi.com



# LE SOMMAIRE

Sciences de l'Ingénieur – Module 2 – Les énergies, l'électricité et l'électronique

<b>Introduction générale au module</b> .....	<b>1</b>
<b>Bienvenue dans le monde des métiers de l'ingénierie</b> .....	<b>2</b>

## **CHAPITRE 1. Énergie et puissance d'un produit**..... **5**

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Analyser l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système.
- Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système.
- Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel.
- Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance.
- Electrocinétique. Instruments de mesure.

### **Q PRÉ-REQUIS**

- Notion d'électricité et d'électrons (physique).

<b>Première approche : l'énergie</b> .....	<b>6</b>
<b>1. L'énergie et ses formes</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Énergie et puissance</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Chaîne de puissance</b> .....	<b>13</b>
<b>4. Représentation de la chaîne de puissance</b> .....	<b>18</b>
<b>5. Efficacité énergétique</b> .....	<b>23</b>
<b>Devenir Ingénieur d'études en génie électrique</b> .....	<b>27</b>
<b>6. TP 1 – Laboratoire virtuel et énergie électrique</b> .....	<b>28</b>
<b>7. Focus sur l'énergie électrique</b> .....	<b>36</b>
<b>Devenir Ingénieur d'études en génie électrique</b> .....	<b>41</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>42</b>

## **CHAPITRE 2. De l'énergie électrique à l'électronique** ..... 45

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Traduire le comportement attendu ou observé d'un objet.
- Modéliser sous une forme graphique un circuit.
- Déterminer les grandeurs flux (courant) et effort (tension) dans un circuit électrique.
- Électrocinétique. Instruments de mesure.
- Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure - Identifier les erreurs de mesure.

### **Q PRÉ-REQUIS**

- Notions sur l'énergie électrique et ses grandeurs caractéristiques.

<b>Première approche : électronique ou électrotechnique ?</b> .....	<b>46</b>
<b>1. TP 2 – Circuits électriques et prototypage</b> .....	<b>47</b>
<b>2. Schématisation</b> .....	<b>59</b>
<b>3. Série et dérivation</b> .....	<b>69</b>
<b>4. Lois de Kirchhoff</b> .....	<b>75</b>
<b>5. TP 3 – Mise à l'épreuve de Tinkercad</b> .....	<b>81</b>
<b>Devenir Ingénieur en électronique</b> .....	<b>84</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>85</b>
<b>Les Clés du Bac : les diagrammes</b> .....	<b>87</b>

## **CORRIGÉS** ..... 91



## QUESTIONS D'ORIENTATION PROFESSIONNELLE

- **Spécialité d'ingénieur en génie électrique** - Table-ronde vidéo YouTube de la chaîne *Université de Technologie de Belfort Montbéliard*
- **Spécialité d'ingénieur en énergie** - Table-ronde vidéo YouTube de la chaîne *Université de Technologie de Belfort Montbéliard*

## ESSAIS

- **La surprenante histoire de la fée électricité** *David Bodanis*
- **Une brève histoire de l'électronique** *Henri Lilen*
- **Nikola Tesla : l'homme qui a éclairé le monde** *Margaret Cheney*
- **Le nucléaire expliqué par des physiciens** *Paul Bonche*

## BANDES DESSINÉES – LIVRES ILLUSTRÉS

- **La fabuleuse aventure de l'électricité, petites et grandes découvertes de la foudre à l'ordinateur** *Tom Jackson*
- **L'électronique en pratique : 34 expériences ludiques** *Charles Platt*

## DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **L'histoire de l'électricité (3 épisodes)** *Jim Al-Khalili*
- **Imaginez un monde** série documentaire de l'EPFL

## PODCASTS

- **La méthode scientifique** *France Culture*
- **Les podcasts du CEA** [www.cea.fr](http://www.cea.fr)

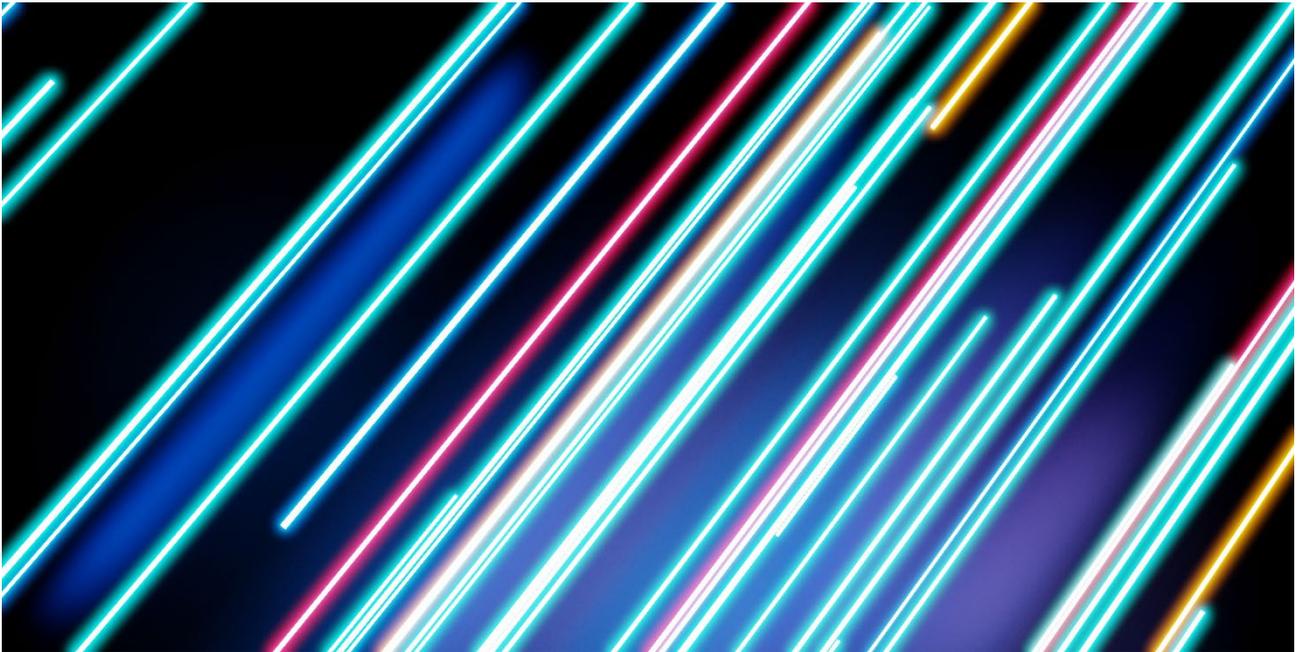






# INTRODUCTION

---



Les **énergies** sont au cœur de nos sociétés technologiques. Leurs transformations et leurs consommations, qui ne font qu'augmenter, s'accompagnent aujourd'hui de fortes contraintes de préservation de l'environnement et des ressources naturelles. Ceci amène de nombreuses problématiques, et ce sont les ingénieurs qui sont les mieux placés pour y répondre.

Les énergies peuvent prendre des formes très variées (lumière, chaleur, électricité, mouvement, etc.). Le produit, en bout de chaîne, va transformer, manipuler et/ou stocker de l'énergie, afin de fonctionner, et finalement de produire une **action**. D'une part, l'ingénieur doit donc connaître les différents moyens dont il dispose pour donner aux produits la capacité de manipuler des flux d'énergie. D'autre part, il doit essayer d'atteindre la plus haute **efficacité énergétique** possible : le produit doit utiliser de manière optimale, avec le moins de pertes, l'énergie dont il dispose. Obtenir le meilleur **rendement** possible est un besoin, tout en étant un important levier d'innovation.

On pensera par exemple aux smartphones, voitures électriques, lanceurs spatiaux, etc. Pour ces produits, l'innovation en vue de l'amélioration de l'efficacité énergétique est un point clef, car il y a des contraintes importantes liées au poids et au volume des batteries : il n'est pas possible d'embarquer plus d'énergie, donc il faut l'utiliser plus efficacement !

Parmi la gamme des énergies disponibles, l'une d'entre elle va nous intéresser plus particulièrement : l'**électricité**. Elle est omniprésente, de par sa facilité à être produite et transportée d'un point à un autre. Pour l'ingénieur, un premier angle d'étude concerne l'électricité en tant que source d'énergie, c'est ce qu'on appelle l'**électrotechnique** ou le génie électrique. L'électricité est alors un moyen de fournir la puissance nécessaire à un produit pour fonctionner et réaliser son action.

L'électricité a aussi donné naissance à ce qu'on appelle l'**électronique**. L'électronique est le domaine des sciences et technologies qui étudie comment l'électricité peut être utilisée pour transporter l'**information**. Par l'intermédiaire de l'électronique, l'électricité se trouve finalement être à la racine de la **révolution numérique** : sa maîtrise a permis l'essor des systèmes embarqués, de l'informatique et des télécommunications. Avant d'en voir une application directe lors des projets de fin de première, nous étudierons dans ce module les bases de l'électronique, afin de se construire un jeu de composants, de maîtriser les lois de base de l'électronique et de savoir schématiser des circuits.



# BIENVENUE DANS LE MONDE DES MÉTIERS DE L'INGÉNIERIE !

Nous vivons actuellement dans un monde technologique et connecté qui a un impact majeur sur nos vies, que ce soit pour améliorer notre quotidien, le sécuriser ou tout simplement permettre l'établissement et le bon fonctionnement des infrastructures humaines que sont par exemple les usines, les réseaux de transport, les hôpitaux et l'ensemble des objets informatiques et connectés qui font notre quotidien. L'ingénierie est également au cœur de la réflexion globale pour la création du monde de demain, notamment en rapport avec les problématiques environnementales et économiques auxquelles font face les sociétés modernes.

Comme vous l'aurez compris, les **métiers de l'ingénierie** sont donc essentiels et omniprésents dans nos vies personnelles et professionnelles. Suivant les appétences de chacun, les domaines d'étude et d'application sont extrêmement variés comme les biotechnologies, la domotique, l'informatique, le génie civil, les systèmes et réseaux, le génie civil...etc.

Deux grands types de profils se trouvent impliqués dans ces grands défis. D'un côté les **techniciens**, qui seront au cœur des réalisations avec des tâches précises qui pourront prendre par exemple la forme d'application de protocoles, de la gestion et la maintenance des appareils ou bien de la réalisation de test et d'essais. A leurs côtés, les **ingénieurs** auront eux un rôle plus large et décisionnel, que ce soit pour créer, piloter ou bien assurer la gestion humaine des différents projets. Les ingénieurs pourront également évoluer au cours de leur carrière vers des fonctions de direction et de développement.

## COMMENT ACCÉDER À CES MÉTIERS ?

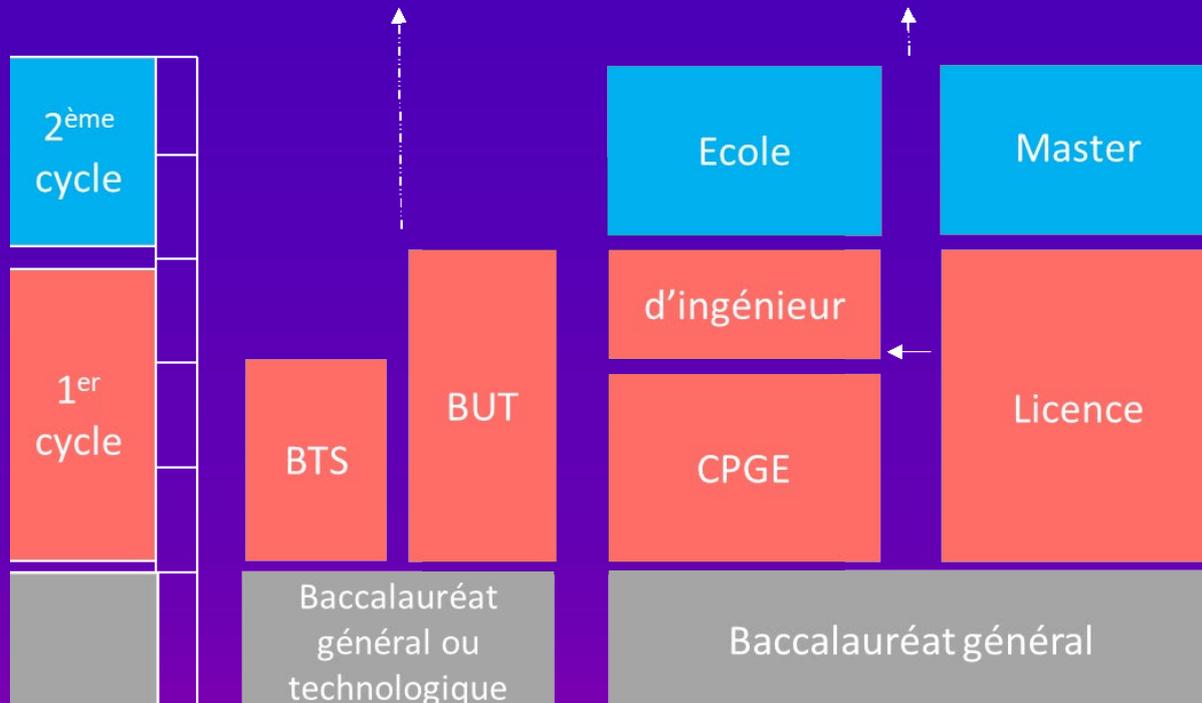
Pour devenir **technicien**, il vous faudra tout d'abord obtenir un baccalauréat général à tonalité scientifique (enseignements de spécialité à choisir suivant les domaines d'études visés) ou bien un baccalauréat technologique. Une fois le diplôme obtenu, différentes formations préparent au métier de technicien. Le Brevet de Technicien Supérieur (BTS) mène à un diplôme de niveau Bac +2 et il vous faudra choisir votre formation en fonction du domaine d'étude visé. Vous pourrez également accéder au titre de technicien par un Bachelor Universitaire de Technologie (BUT, de niveau Bac +3) en choisissant tout comme pour le BTS une formation correspondant au domaine d'activité qui vous passionne.

Pour devenir **ingénieur**, nous vous conseillons un baccalauréat à tonalité scientifique en privilégiant, au choix et suivant votre projet professionnel, les enseignements de spécialités en science fondamentale que sont la Physique-Chimie et les Mathématiques, et bien sur les Sciences de l'Ingénieur. Les enseignements de Mathématiques Experte et d'Informatique seront également importants pour posséder les connaissances et compétences transverses nécessaires à la bonne réalisation de ce métier. Suite à l'obtention de votre diplôme, la voie royale pour devenir ingénieur passera par les Ecoles d'ingénieurs généralistes ou spécialisés dans le domaine souhaité. Ces formations sont accessibles par concours après deux années de classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE, formation sélective à privilégier pour accéder aux meilleurs établissements). De plus en plus d'écoles proposent également des classes préparatoires intégrées pour une admission postbac, souvent moins sélectives que la CPGE mais il est à noter que ces formations sont de plus en plus reconnues professionnellement et constitue une voie d'avenir pour accéder aux métiers de l'ingénierie. Il est également possible d'accéder à ce métier par la filière universitaire, en suivant un Master en ingénierie. Ces deux formations vous amèneront à des diplômes de niveau Bac + 5.

## Technicien



## Ingénieur



Dans chacun des modules de notre discipline, nous vous présenterons différentes spécialités d'ingénierie, en lien avec le domaine étudié, au travers de la présentation de différents métiers d'ingénieur. Nous vous donnerons des pistes pour vous y plonger au travers de recommandations de visites, de vidéos, d'interviews, voire même de MOOC accessibles et gratuits.

Ainsi dans ce module vous découvrirez les métiers suivants

- Ingénieur IoT
- Ingénieur IA
- Ingénieur satellite
- Ingénieur réseau



## ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT



En SI, sciences de l'ingénieur, on étudie des **produits**. Un produit est un objet dont la création a été rendue possible par la technologie humaine. La plupart des objets du quotidien sont des produits, que nous pouvons étudier en SI : une voiture, un avion, un smartphone, un ordinateur, un drone, une éolienne, etc. sont des produits.

Dans ce premier chapitre, nous allons nous concentrer sur un aspect particulier des produits : leur capacité à se servir de **l'énergie**, et à la transformer, pour finalement produire une **action**.

Nous verrons que l'énergie peut prendre de nombreuses formes, certaines étant plus faciles à manipuler que d'autres, comme par exemple l'énergie électrique. Nous apprendrons ensuite à différencier la notion d'énergie, de celle de **puissance**. Nous aborderons aussi la manière dont les produits transforment, contrôlent et transmettent les **flux d'énergie**, jusqu'à produire l'action attendue. Nous verrons que les produits n'utilisent pas tous, aussi efficacement, l'énergie, ce qui occasionne des pertes, qu'on essaie de limiter au maximum. Enfin, nous terminerons avec un focus sur l'énergie électrique, qui est très utilisée au sein de nos produits modernes.

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Analyser l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système.
- Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système.
- Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel.
- Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance.
- Electrocinétique. Instruments de mesure.

### Q PRÉ-REQUIS

- Notion d'électricité et d'électrons (physique).



## Première approche L'énergie



Jasmine se rend, depuis son domicile, jusqu'à celui de son amie Louise. Juste avant de partir, Jasmine prévient Louise en lui envoyant un message par SMS. Jasmine prend ensuite sa voiture, à essence, et parcourt les 12km qui la séparent de la maison de Louise. En chemin, Jasmine voit des champs d'éoliennes sur le bord de la route. Une fois arrivée dans le village de Louise, Jasmine remarque que plusieurs habitants ont fait installer des panneaux solaires sur les toits de leurs maisons.

1. Quelle énergie est utilisée par le smartphone de Jasmine pour envoyer le SMS ?

.....

2. Dans quel composant l'énergie du smartphone est stockée ?

.....

3. Quel énergie a été utilisée par la voiture de Jasmine pour se rendre chez Louise ?

.....

4. Dans quelle partie de la voiture l'énergie de la voiture est stockée ?

.....

5. Quelle partie de la voiture permet de transformer l'essence pour faire se déplacer la voiture ?

.....

6. Quels sont les deux autres moyens de récupérer l'énergie que Jasmine a utilisé en allant chez Louise ?

.....

7. De quels types sont les énergies récupérées par ces deux moyens ?

---

---

---

8. De quels types sont les énergies produites par ces deux moyens ?

---

## CORRIGÉ

1. Son smartphone utilise de l'énergie électrique.
2. C'est la batterie du smartphone qui stocke l'énergie.
3. Elle a utilisé de l'essence (énergie chimique).
4. C'est le réservoir de la voiture qui stocke l'énergie.
5. C'est le moteur qui permet de transformer l'énergie de l'essence afin de faire se déplacer la voiture.
6. Jasmine a rencontré des éoliennes et des panneaux solaires.
7. Les éoliennes récupèrent l'énergie du vent, sous forme de mouvement (énergie mécanique). Les panneaux solaires récupèrent l'énergie du soleil, sous forme de lumière (énergie rayonnante).
8. Les éoliennes, comme les panneaux solaires, produisent de l'énergie électrique.



## ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT

### L'énergie et ses formes

### FORMES DE L'ÉNERGIE



#### L'ESSENTIEL

L'énergie, telle que nous l'utilisons dans les produits, peut se trouver sous 6 formes : rayonnante, électrique, thermique, chimique, mécanique et nucléaire.

Chaque forme de l'énergie est liée à un phénomène physique :

- L'énergie **rayonnante** est liée à la lumière.
- L'énergie **électrique** est liée à l'électricité.
- L'énergie **thermique** est liée à la chaleur.
- L'énergie **chimique** est liée aux forces d'interaction chimiques qui permettent d'assurer la cohésion des molécules et de la matière.
- L'énergie **mécanique** est liée au mouvement.
- L'énergie **nucléaire** est liée aux forces d'interaction nucléaires qui permettent d'assurer la cohésion des atomes.

Certaines énergies sont dites :

- **Renouvelables**, si du point de vue humain, elles sont en quantité infinie ou bien si elles se renouvellent plus vite qu'elles ne sont utilisées.
- **Non-renouvelables**, si elles sont utilisées plus vite qu'elles ne se renouvellent, voir si elles ne se renouvellent pas. Dans cette catégorie, on distingue notamment les énergies. Les énergies **fossiles** font partie de cette catégorie, car elles sont produites par la lente dégradation (plusieurs millions d'années) de la matière organique.

## EXEMPLES



- Le rayonnement du soleil est une énergie rayonnante renouvelable.
- Le vent est une énergie mécanique renouvelable.
- Le bois de chauffage est une énergie chimique renouvelable, si les arbres sont replantés et que les forêts ne sont pas surexploitées.
- Le pétrole, le gaz et le charbon, qui sont des énergies fossiles, sont des énergies chimiques non-renouvelables.

Certaines formes de l'énergie facilitent le **stockage**, comme les formes chimiques, nucléaires, thermiques et mécaniques. Les énergies électriques et rayonnantes sont, en revanche, difficilement stockables.

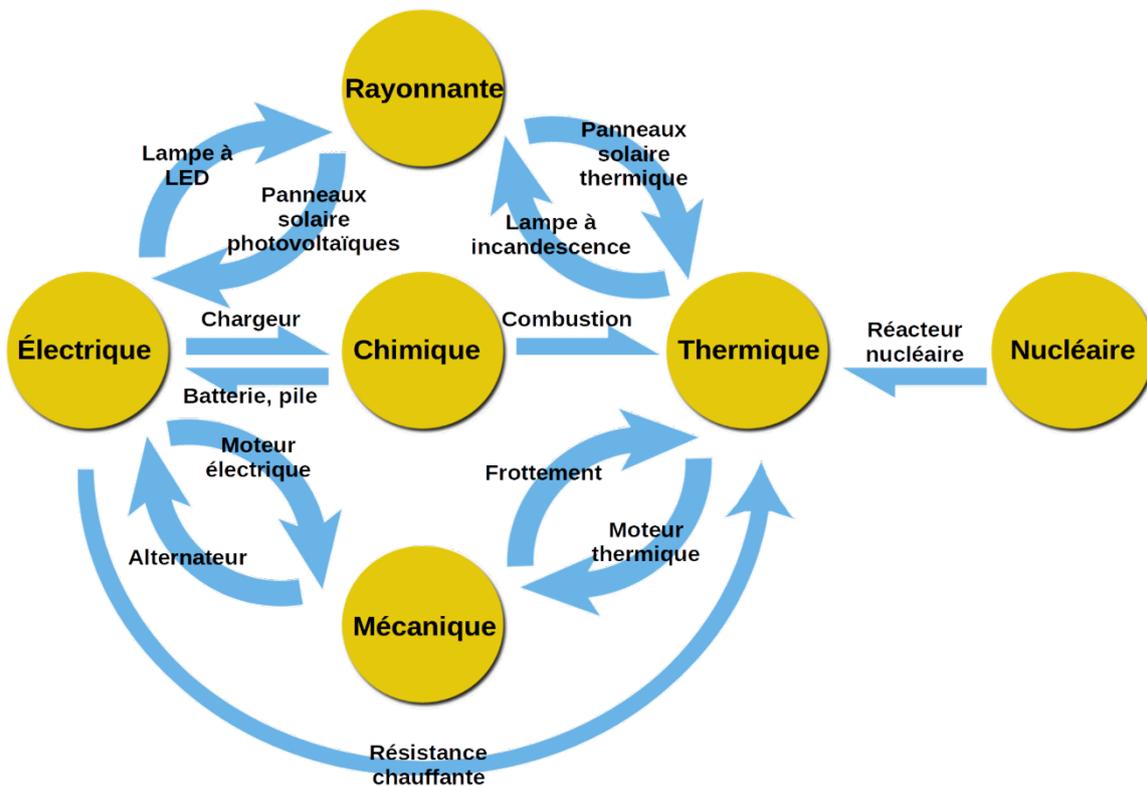
## TRANSFORMATION D'ÉNERGIE



### L'ESSENTIEL

L'énergie peut passer d'une forme à une autre grâce à un système de conversion d'énergie.

Les systèmes de conversions sont très nombreux : ils permettent de passer d'une forme de l'énergie à une autre. Voici un diagramme illustrant ces transformations, avec quelques exemples de systèmes ou techniques de conversion :



Pour mieux comprendre ce diagramme :

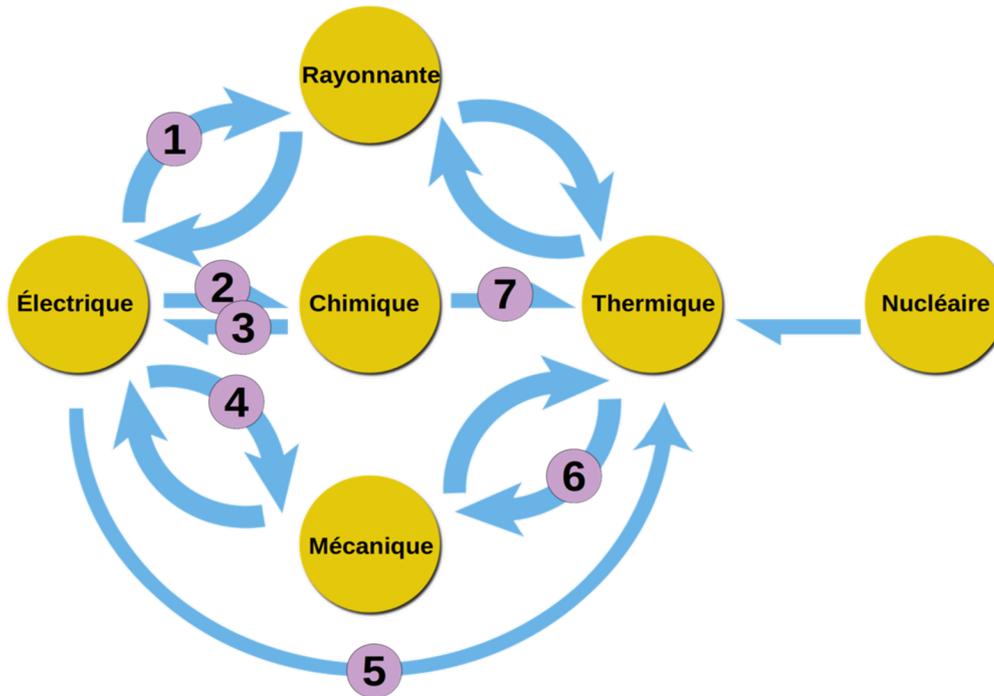
- Un alternateur est un composant qui produit de l'électricité si on le fait tourner. On en trouve par exemple dans les barrages hydroélectriques, où ils sont reliés aux turbines que l'eau fait tourner.
- Il existe deux types de panneaux solaires :
  - les panneaux solaires photovoltaïques, qui sont les plus courants et qui transforment l'énergie rayonnante du soleil en électricité
  - les panneaux solaires thermiques, qui sont des tubes foncés contenant un fluide. Le fluide est chauffé par l'énergie rayonnante du soleil
- Une résistance chauffante est un composant électrique qui chauffe lorsqu'il est traversé par un courant électrique.

D'autres transformations sont possibles dans la nature, par exemple les plantes vertes sont capables de transformer l'énergie rayonnante en énergie chimique grâce à la photosynthèse. Les ingénieurs essaient parfois de s'inspirer du vivant pour innover, cela s'appelle le biomimétisme.



## À VOUS DE JOUER 1

Sur le diagramme ci-dessous, déterminez à quel numéro correspond chacun des 7 systèmes de conversion d'énergie suivants : batterie de smartphone ; poêle à bois ; chargeur de smartphone ; lampe à LED ; moteur thermique ; radiateur électrique ; ventilateur d'ordinateur.



1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....



## ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT

### Énergie et puissance

#### ÉNERGIE

L'énergie est un stock, une quantité. Elle peut être mise en réserve ou dépensée pour réaliser une action. L'énergie **E** s'exprime en **Joule**, et se note **J**, dans le système international. En ingénierie, on se sert très souvent d'une autre unité, le **kilowatt-heure**, qui se note **kWh**.



## L'ESSENTIEL

L'énergie  $E$  s'exprime en joule ou en kilowatt-heure.  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$ .



## EXEMPLES

- Soit une batterie de smartphone, chargée à fond, qui stocke 20 kWh d'énergie sous forme électrique. On peut aussi exprimer la quantité d'énergie stockée en joule, en faisant  $20 \times 3\,600\,000 = 72\,000\,000 \text{ J}$ .
- L'énergie massique contenue dans une bûche de bois est de 41 400 000 J. On peut aussi exprimer la quantité d'énergie stockée en kilowatt-heure, en faisant  $41\,400\,000 \times 3\,600\,000 = 11,5 \text{ kWh}$ .



## À VOUS DE JOUER ②

1. Convertissez 2 750 000 J en kWh et en Wh.

2. Convertissez 0,45 kWh en J.

## PUISSANCE

Quand l'énergie est dépensée pour réaliser une action, elle peut être dépensée plus ou moins rapidement. Par exemple, une quantité d'énergie de 400 J peut être dépensée très rapidement, en seulement 8 s, ou bien plus lentement, en 40 s. La vitesse à laquelle l'énergie est dépensée représente la **puissance** avec laquelle l'énergie est utilisée. La **puissance  $P$**  s'exprime en **watt**, qui se note **W**. La puissance s'obtient en divisant une quantité d'énergie par le temps durant lequel elle est dépensée.



## L'ESSENTIEL

La puissance  $P$  s'exprime en watt (W).

On distingue :

- La **puissance moyenne**, qui représente la moyenne de la puissance mobilisée ou reçue au cours d'une période de temps donnée.
- La **puissance maximale**, qui représente la plus grande puissance qu'un produit peut fournir ou recevoir.
- La **puissance instantanée**, qui représente la puissance qu'un produit fournit ou reçoit à un instant  $t$ .



## L'ESSENTIEL

L'énergie et la puissance sont liées par la relation

$E = P_{\text{moy}} \times t$ , avec  $t$  le temps durant lequel l'énergie est dépensée.

Avec  $P_{\text{moy}}$  et  $t$  en s, on obtient  $E$  en J.

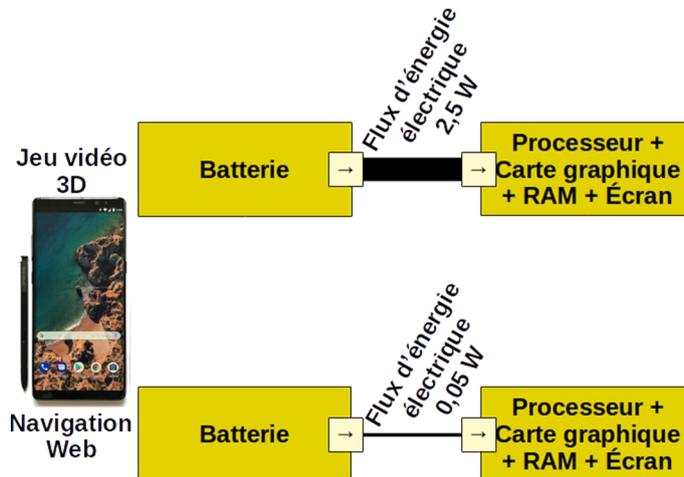
Avec  $P_{\text{moy}}$  en kW et  $t$  en h, on obtient  $E$  en kWh.

Certaines actions ne peuvent être réalisées que si la puissance maximale pouvant être délivrée par le produit est suffisante. Par exemple, une voiture à essence pourra difficilement atteindre 600 km/h, ou bien tracter un wagon de train, même si on l'équipe d'un très gros réservoir contenant une quantité d'essence (et donc d'énergie sous forme chimique) énorme. Pour atteindre 600 km/h ou tracter le wagon, c'est la puissance maximale du moteur de la voiture qu'il faut augmenter. La puissance maximale de son moteur représente la vitesse maximale à laquelle la voiture peut dépenser de l'énergie.

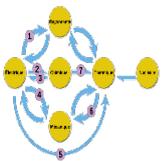
La puissance représente donc un **flux d'énergie**, c'est-à-dire une vitesse à laquelle de l'énergie peut être dépensée, convertie ou transmise.



## EXEMPLES



- Soit Pour jouer à un jeu vidéo en 3D avec un smartphone, il faut dépenser de l'énergie assez rapidement. La puissance moyenne à mobiliser est d'environ  $P_{\text{moy}} = 2,5 \text{ W}$ . Cela nécessite donc une énergie, pour 1 min de jeu, de  $E = P_{\text{moy}} \times t = 2,5 \times 60 = 150 \text{ J}$ .
- Pour lire une page-web, le même smartphone dépensera de l'énergie beaucoup plus lentement. La puissance moyenne à mobiliser est d'environ  $P_{\text{moy}} = 0,050 \text{ W}$ . Cela nécessite donc une énergie, pour 1 min de lecture, de  $E = P_{\text{moy}} \times t = 0,05 \times 60 = 3 \text{ J}$ .
- Si on utilise le smartphone durant 12 min, avec plusieurs applications différentes, et qu'on mesure qu'il a dépensé 162 J durant ces 12 min (= 720 s), alors la puissance moyenne vaut  $P_{\text{moy}} = E / t = 162 / 720 = 0,225 \text{ W}$ .



## À VOUS DE JOUER ③

1. Quelle quantité d'énergie doit dépenser un ordinateur pour maintenir une puissance moyenne de 440 W durant 12s ? Exprimez le résultat en J.

.....

2. Quelle quantité d'énergie doit dépenser un radiateur pour maintenir une puissance moyenne de 1200 W durant 2 h ? Exprimez le résultat en kWh.

.....

3. Quelle est la puissance moyenne mobilisée par une lampe torche qui a utilisé 16 Wh pour éclairer durant 30 min ? Exprimez le résultat en W.

.....

.....

4. Quelle est la puissance moyenne mobilisée par une voiture qui a utilisé 5,35 kWh durant un trajet de 12 min ? Exprimez le résultat en kW.

.....

.....

5. Pour retirer un tronc d'arbre tombé sur la route, les pompiers ont besoin d'un engin de chantier pouvant mobiliser :

- une puissance moyenne  $P_{\text{moy}} = 2\,800$  kW durant 3 min.
- une puissance maximale atteignant  $P_{\text{max}} = 3\,500$  kW pour la partie la plus difficile de l'opération.

Est-ce que ces deux engins conviennent ? Justifiez votre réponse.

- engin 1 : puissance maximale de 3800 kW - 1500 kWh d'énergie stockée.
- engin 2 : puissance maximale de 3200 kW - 4000 kWh d'énergie stockée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## AUTONOMIE

Les produits ont besoin d'énergie pour fonctionner. Ils peuvent obtenir cette énergie de deux manières :

- Soit en la recevant, de manière permanente, en provenance d'une source d'énergie extérieure. C'est le cas, par exemple :
  - d'un produit qui se branche sur une prise électrique, qui peut recevoir un flux d'énergie électrique provenant du réseau électrique dès qu'il en a besoin.
  - d'un produit équipé de panneau solaire, qui peut recevoir un flux d'énergie rayonnante provenant du soleil durant la journée.
- Soit en embarquant une réserve d'énergie. Cette réserve leur permet de fonctionner de manière **autonome**, tant qu'elle n'est pas épuisée.



### L'ESSENTIEL

L'autonomie  $A$  s'exprime en s ou en h.  $A = E / P_{\text{moy}}$

Avec  $E$  en J et  $P_{\text{moy}}$  en W, on obtient  $A$  en s.

Avec  $E$  en kWh et  $P_{\text{moy}}$  en kW, on obtient  $A$  en h.

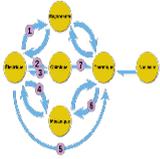


### EXEMPLE

Une voiture électrique embarque une énergie de 50 kWh dans sa batterie.

On mesure qu'en roulant à une vitesse moyenne de 60 km/h, elle consomme une puissance moyenne  $P_{\text{moy}} = 8,65$  kW.

Son autonomie, en heure, est donc  $A = E / P_{\text{moy}} = 50 / 8,65 \approx 5,78$  h. (ce qui lui permet de parcourir  $D = V \times A = 60 \times 5,78 \approx 347$  km).



## À VOUS DE JOUER 4

1. Calculez l'autonomie, en heure, ainsi que la distance pouvant être parcourue, par un Airbus A330. L'A330 embarque du kérosène dans son réservoir, pour une quantité d'énergie totale de 1,18 GWh. Sa puissance moyenne est de  $P_{\text{moy}} = 80\,000\text{ kW}$  pour une vitesse moyenne de 900 km/h.

---



---



---

2. Calculez l'autonomie, en s puis en h, d'un smartphone embarquant une batterie de 57 600 J et consommant une puissance moyenne  $P_{\text{moy}} = 0,38\text{ W}$ .

---



---



---

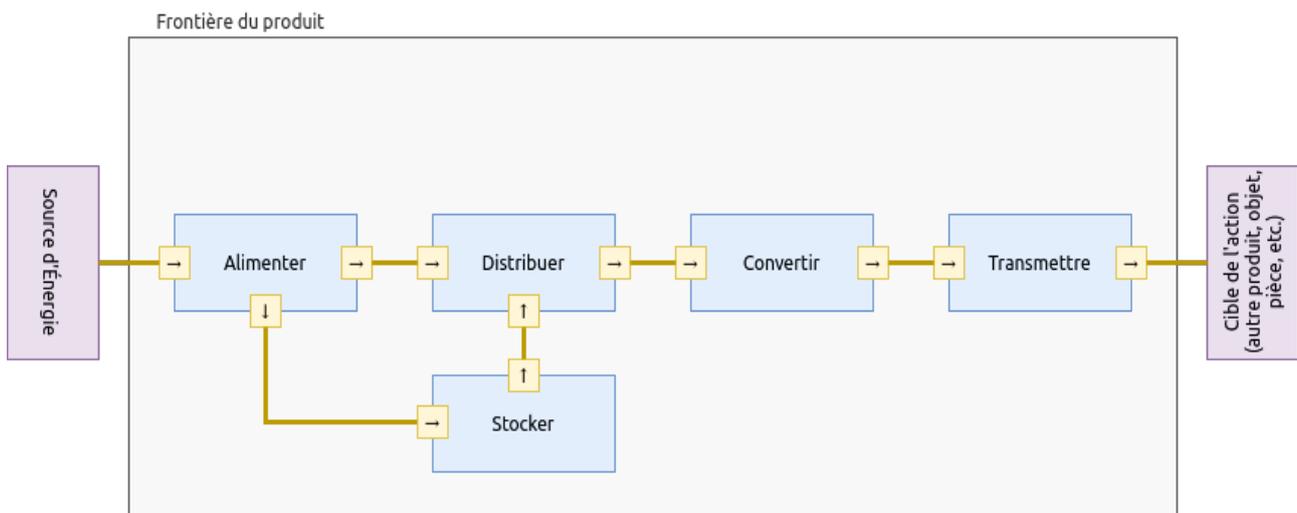


## ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT

### Chaîne de puissance

Un produit possède ce qu'on appelle des **fonctions**. Chaque fonction représente une capacité particulière du produit, qui lui permet de manipuler un flux d'énergie ou d'information. On distingue notamment cinq fonctions différentes, liées à la manipulation des flux d'énergie. Nous allons étudier des cinq fonctions dans la suite de ce module.

Généralement, un produit combine plusieurs de ces fonctions, les unes après les autres, pour pouvoir produire une **action**. Ces fonctions, reliées dans un certain ordre, forment ce qu'on appelle la **chaîne de puissance** du produit.



### L'ESSENTIEL

La chaîne de puissance d'un produit décrit le parcours des flux d'énergie dans le produit.

## FONCTION ALIMENTER



### L'ESSENTIEL

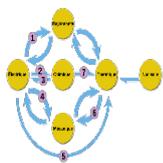
Un produit possédant la fonction « alimenter en énergie » est capable de recevoir un flux d'énergie du milieu dans lequel il évolue.



### EXEMPLES



- Une voiture électrique peut être chargée depuis une prise électrique ou une borne de recharge, grâce à son chargeur embarqué. Elle possède donc la fonction alimenter. Elle reçoit de l'énergie sous forme électrique.
- Une voiture thermique (essence/diesel), dont le réservoir peut être rempli dans une station essence, grâce à sa trappe à essence, son orifice de remplissage et son conduit d'alimentation. Elle possède donc la fonction alimenter. Elle reçoit de l'énergie sous forme chimique.
- Un ventilateur qui peut être alimenté en énergie électrique depuis une prise électrique, grâce à sa fiche et son câble d'alimentation, possède la fonction alimenter. Il reçoit de l'énergie sous forme électrique.



### À VOUS DE JOUER 5

Trouvez, parmi les objets qui vous entourent ou que vous croisez régulièrement, deux produits qui possèdent la fonction alimenter. Précisez d'où vient l'énergie qu'ils reçoivent, la forme de cette énergie, ainsi que le ou les composants qui permettent au produit d'être alimenté en énergie si vous le savez.

---

---

---

---

---

---

---

---

## FONCTION STOCKER



### L'ESSENTIEL

Un produit possédant la fonction « stocker de l'énergie » est capable de transporter une réserve d'énergie.

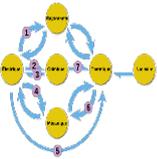


## EXEMPLES



- Une voiture électrique embarque une batterie qui lui permet de stocker de l'énergie, sous forme chimique. Elle possède donc la fonction stocker. La batterie se charge en recevant de l'énergie sous forme électrique. Elle fournit aussi de l'énergie sous forme électrique lors de sa décharge.
- Une voiture thermique (essence/diesel) comporte un réservoir qui contient du carburant, qui lui permet de stocker de l'énergie, sous forme chimique. Elle possède donc la fonction stocker. Le carburant fournit de l'énergie sous forme thermique lors de sa combustion.

La voiture thermique comporte aussi une petite batterie électrique, qui lui permet d'avoir un moyen secondaire de stocker de l'énergie.



## À VOUS DE JOUER ⑥

Trouvez, parmi les objets qui vous entourent ou que vous croisez régulièrement, deux produits qui possèdent la fonction stocker. Précisez la forme sous laquelle l'énergie est stockée, la forme sous laquelle l'énergie est libérée lors de son utilisation, ainsi que le ou les composants/substances qui permettent le stockage si vous le savez.

.....

.....

.....

.....

.....

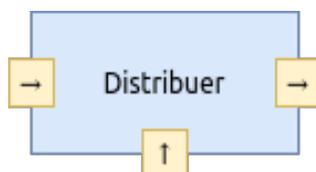
## FONCTION DISTRIBUER



### L'ESSENTIEL

Un produit possédant la fonction « distribuer de l'énergie » est capable de contrôler et diriger le flux d'énergie vers ses autres composants de la chaîne de puissance.

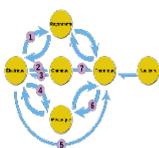
Les caractéristiques du flux d'énergie peuvent éventuellement être modifiées par la fonction distribuer (vitesse, force, tension, intensité, etc.), mais pas sa forme (électrique, mécanique, thermique, etc.).



## EXEMPLES



- Une voiture électrique peut orienter le flux d'énergie venant de sa batterie vers ses différents composants actifs (moteur, essuie-glaces, phares, panneau de bord, etc.). Elle possède donc la fonction distribuer. Elle peut de plus contrôler la puissance des flux qu'elle va transmettre, par exemple à son moteur, pour faire accélérer la voiture. Le composant chargé de la distribution s'appelle un convertisseur statique.
- Une voiture, même thermique, peut orienter le flux d'énergie venant de sa batterie vers ses différents composants actifs (essuie-glaces, phares, panneau de bord, etc.). Elle possède donc la fonction distribuer. Elle peut de plus contrôler la puissance du flux d'énergie qu'elle va transmettre à son moteur, pour faire accélérer la voiture. Pour cela, elle contrôle la quantité de carburant qui entre en combustion grâce à un composant nommé un carburateur ou un système d'injection, selon le moteur.
- Un ventilateur peut contrôler le flux d'énergie électrique venant de l'alimentation, grâce à un convertisseur statique. Il possède donc la fonction distribuer, même si son fonctionnement est moins complexe.



## À VOUS DE JOUER 7

Trouvez, parmi les objets qui vous entourent ou que vous croisez régulièrement, deux produits qui possèdent la fonction distribuer. Décrivez pourquoi l'énergie est orientée et/ou contrôlée par le produit (identifier le composant distribuant l'énergie n'est pas demandé).

---

---

---

---

---

---

## FONCTION CONVERTIR



### L'ESSENTIEL

Un produit possédant la fonction « convertir de l'énergie » est capable de modifier la forme de l'énergie.

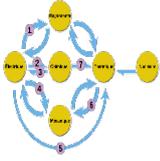


## EXEMPLES



- Une voiture électrique peut transformer l'énergie électrique en énergie mécanique (mouvement), grâce à son moteur électrique. Elle possède donc la fonction convertir. Elle pourra aussi, par exemple transformer l'énergie électrique en énergie rayonnante avec ses phares.

- Une voiture thermique peut transformer l'énergie chimique (carburant) en chaleur (combustion) grâce à sa chambre de combustion, puis l'énergie thermique en énergie mécanique (mouvement), grâce à son moteur thermique. Elle possède donc la fonction convertir.



## À VOUS DE JOUER 8

Trouvez, parmi les objets qui vous entourent ou que vous croisez régulièrement, deux produits qui possèdent la fonction convertir. Précisez le ou les composants qui permettent au produit de convertir l'énergie. Précisez aussi la forme de l'énergie avant conversion, et sa forme après conversion.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

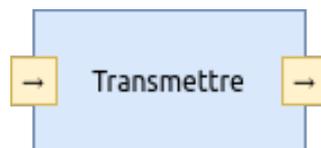
## FONCTION TRANSMETTRE



### L'ESSENTIEL

Un produit possédant la fonction « transmettre de l'énergie » est capable de transférer de l'énergie, d'un point à un autre du produit.

Les caractéristiques du flux d'énergie peuvent éventuellement être modifiées (vitesse, force, tension, intensité, etc.), mais pas sa forme.



### EXEMPLE

- Une voiture électrique peut transmettre l'énergie de son moteur jusqu'à ses roues puis jusqu'au sol. La forme de l'énergie ne change pas, car c'est toujours de l'énergie mécanique. En revanche, les roues ne tournent pas dans le même sens, et ne tournent pas aussi vite, que le moteur. La transmission d'énergie mécanique est réalisée un assemblage de composant qu'on appelle une transmission mécanique.

Les systèmes de transmission mécanique seront étudiés plus en détail dans un autre module. Nous n'approfondirons donc pas cette fonction dans ce module.



# ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT

## Représentation de la chaîne de puissance

La norme **SysML**, pour System Modeling Language, est une norme de modélisation des produits technologiques dont nous nous servons beaucoup dans l'ingénierie. Elle propose plusieurs **diagrammes**, dont 6 sont au programme en sciences de l'ingénieur.

Le **diagramme SysML de blocs internes** est particulièrement adapté pour représenter une **chaîne de puissance**. Ce sera donc notre outil principal de représentation des chaînes de puissance (ainsi que des chaînes d'information).



### L'ESSENTIEL

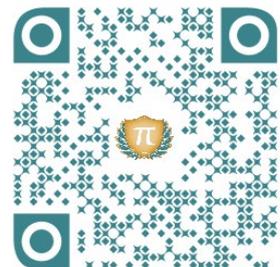
Le diagramme SysML de blocs internes permet de représenter la chaîne de puissance et d'information d'un produit.

## DIAGRAMME SysML DE BLOCS INTERNES

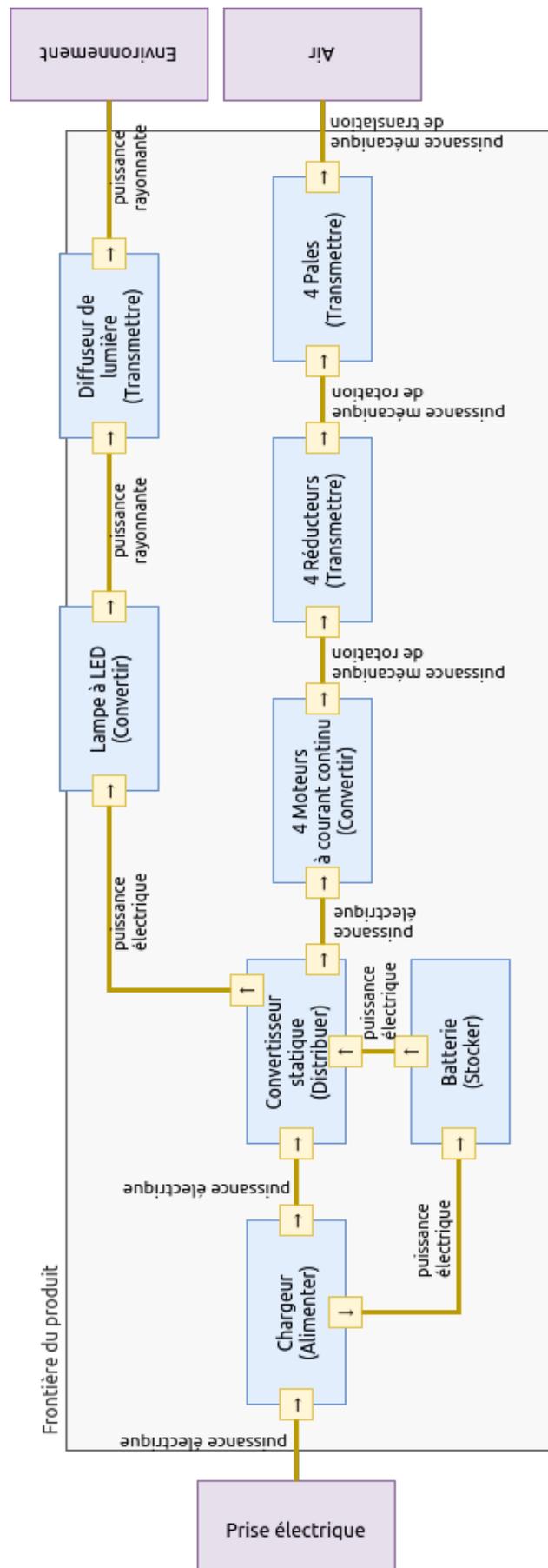
Un diagramme de blocs internes se compose des éléments suivants :

- Une frontière : elle sépare ce qui se trouve à l'intérieur du produit (les composants) de ce qui l'extérieur du produit (utilisateur, autres produits, environnement du produit, etc.) ;
- Des blocs : ils représentent chaque élément manipulant de l'information ou de l'énergie dans le produit, et ils précisent sa fonction de puissance (alimenter, stocker, distribuer, convertir et transmettre) ou informative. Ils représentent aussi les éléments du milieu extérieur ;
- Des ports, représentés par des cubes fléchés connectés aux blocs : ils représentent les points d'entrée et de sortie des flux de puissance ou d'information dans un élément. Le sens de la flèche indique si le flux d'énergie ou l'information rentre ou sort.
- Des flux, représentés par des lignes entre les ports : ils représentent les flux d'énergie ou d'information entre éléments du produit.

Voici le drone **BEBOP 2 de Parrot**, dont vous pouvez voir la vidéo en suivant le QR code ou le lien ici : <https://youtu.be/6lyXwiGigz0>

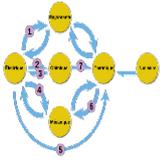


Voici le diagramme de blocs internes représentant la chaîne de puissance du drone :



On distingue deux branches à partir du convertisseur statique :

- La branche du dessus permet de réaliser l'action « éclairer l'environnement du drone ».
- La branche du dessous permet de réaliser l'action « faire voler le drone ».



### À VOUS DE JOUER 9

D'après le diagramme SysML de blocs internes du drone BEBOP, répondez aux questions suivantes.

1. De quelles fonctions de la chaîne de puissance dispose le drone BEBOP 2 ?

.....

.....

2. Quel dispositif permet au drone de recevoir de l'énergie ?

.....

.....

3. Quel dispositif permet au drone de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique ?

.....

.....

4. Quels dispositifs permettent au drone de transmettre l'énergie mécanique de ses moteurs à l'air, de manière à voler ?

.....

.....

5. Quel dispositif permet au drone de convertir l'énergie électrique en énergie rayonnante ?

.....

.....

6. Quel dispositif permet au drone de transmettre l'énergie rayonnante de sa lampe à son environnement ?

.....

.....

7. Quel dispositif permet d'orienter et contrôler les flux d'énergie dans le drone ?

.....

.....

8. Lorsqu'il est en vol, quel dispositif permet au drone d'avoir une source d'alimentation ?

.....

.....

9. Sous quelle forme se trouve le flux d'énergie entre le convertisseur statique et les moteurs ?

---

---

10. Sous quelle forme se trouve l'énergie en entrée du drone ?

---

---

11. Sous quelles formes se trouvent l'énergie en sortie du drone ?

---

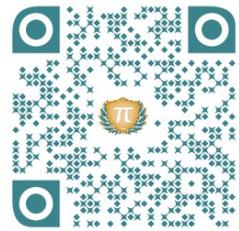
---

## RÉALISER UN DIAGRAMME SysML DE BLOCS INTERNES

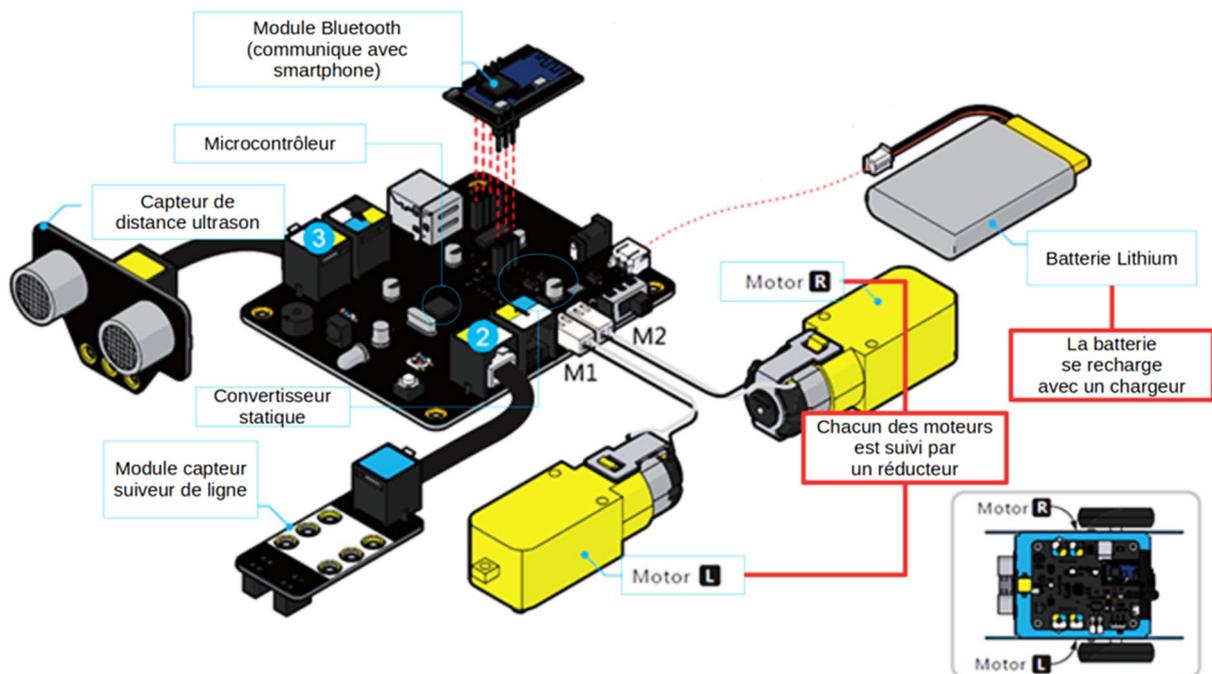


### À VOUS DE JOUER 10

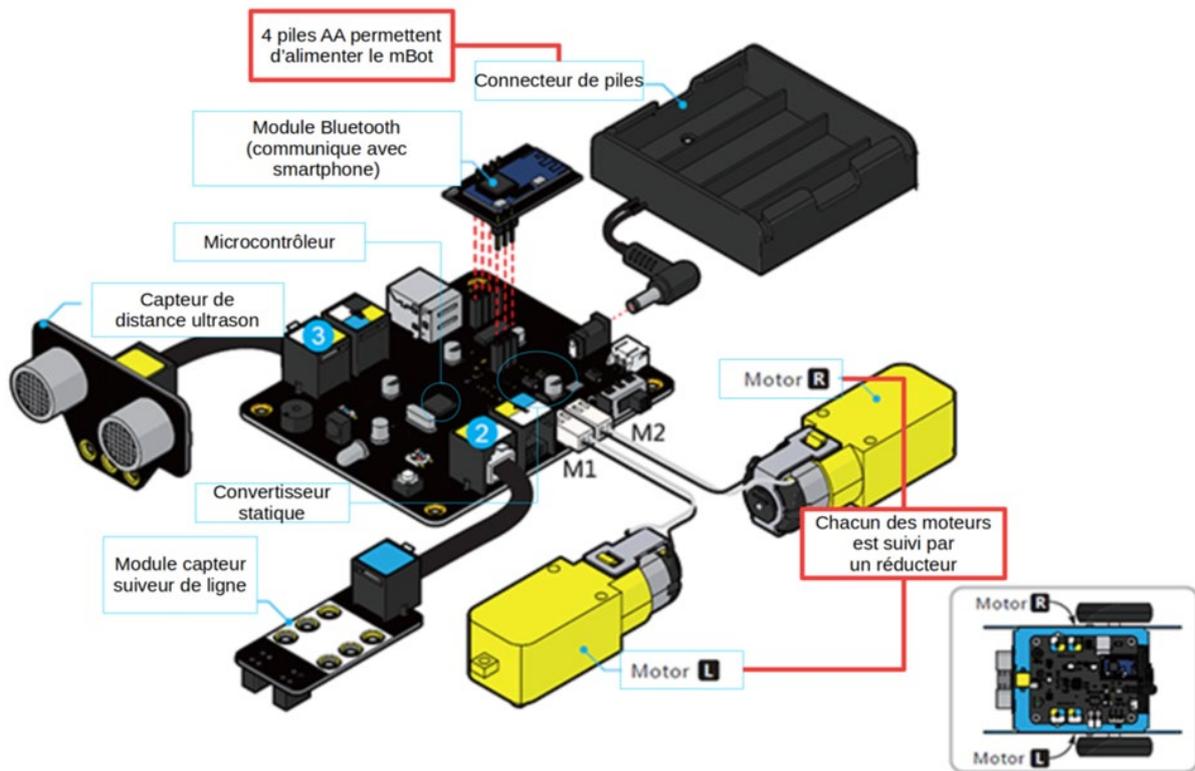
Regardez la vidéo de présentation du robot pédagogique mBot.  
"Introduce mBot - Makeblock Education Robot for every child"  
<https://youtu.be/pmsSipper3Y>



Voici un schéma du mBot dans une première configuration (avec batterie) :

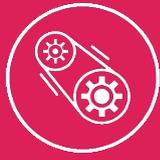


Voici un schéma du mBot dans une seconde configuration (avec piles) :



1. En ne tenant compte que des composants du schéma ci-dessus, représentez, par un diagramme SysML de blocs internes, la chaîne de puissance du mBot dans la première configuration (certains composants ne font pas partie de la chaîne de puissance !).
2. En ne tenant compte que des composants du schéma ci-dessus, représentez, par un diagramme SysML de blocs internes, la chaîne de puissance du mBot dans la seconde configuration.

### RENDEMENT D'UN COMPOSANT



#### L'ESSENTIEL

La puissance en entrée d'un composant s'appelle la puissance absorbée, et se note  $P_a$ .

La puissance en sortie d'un composant s'appelle la puissance utile, et se note  $P_u$ .

Les composants manipulant des flux d'énergie ne sont pas parfaits : une partie de l'énergie qu'ils reçoivent est perdue. Ainsi, le flux d'énergie entrant dans un composant est toujours plus important que le flux d'énergie sortant du composant. Le rapport entre ce qui sort du composant, et ce qui entre dans le composant s'appelle le **rendement**, et se note  $\eta$ .



#### L'ESSENTIEL

Le rendement  $\eta$ , d'un composant, s'obtient avec la formule  $\eta = P_u / P_a$

Le rendement est un rapport, il n'a donc pas d'unité. Un rendement est toujours compris entre 0 et 1 :

- un rendement de 1 signifie que le composant est parfait, et ne fait perdre aucune puissance au flux d'énergie.
- un rendement de 0 signifie que le composant perd l'ensemble du flux d'énergie qu'il reçoit.

#### EXEMPLES



- Un moteur qui reçoit une puissance électrique de 20 W et qui produit une puissance mécanique de 18,6 W possède un rendement :

$$\eta_{\text{moteur}} = P_u / P_a = 18,6 / 20 = 0,93$$

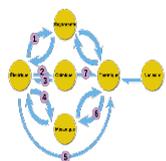
- Si un panneau solaire a un rendement  $\eta_{\text{panneau}}$  de 0,17, et qu'il reçoit une puissance rayonnante de 1580 W, il produira une puissance électrique :

$$P_u = \eta_{\text{panneau}} \times P_a = 0,17 \times 1580 = 268,6 \text{ W}$$

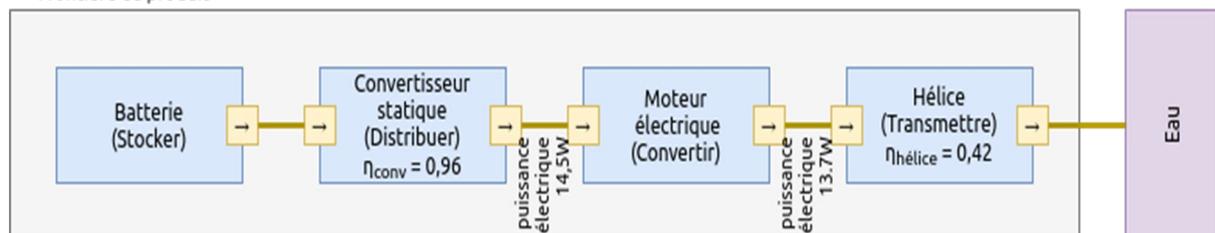
Le rendement se note souvent en pourcentage.  $\eta = 0,64$  peut aussi se noter  $\eta = 64 \%$  par exemple.

#### À VOUS DE JOUER 11

Voici la chaîne de puissance d'un bateau radiocommandé.



Frontière du produit



1. Quel est le rendement du moteur électrique ?

.....  
.....

2. Combien vaut la puissance entre la batterie et le convertisseur statique ?

.....  
.....  
.....

3. Combien vaut la puissance finalement transmise à l'eau ?

.....  
.....  
.....

On peut aussi calculer le rendement énergétique d'un composant ou d'un produit en faisant  $\eta = E_u / E_a$

## RENDEMENT GLOBAL

Le rendement global d'une chaîne de puissance représente le produit des rendements de tous ses composants. Elle représente la capacité d'un produit à utiliser de manière efficace l'énergie, en en perdant le moins possible.



### L'ESSENTIEL

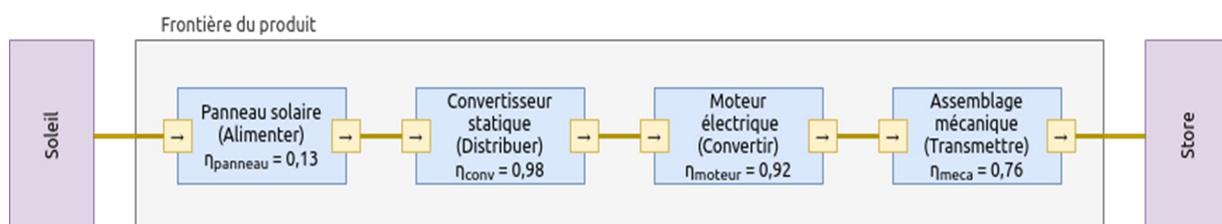
Le rendement global  $\eta_{\text{global}}$ , d'une chaîne de puissance, composée de  $i$  composants, s'obtient avec la formule  $\eta_{\text{global}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_i$

Le rendement global est forcément plus faible que les rendements individuels de chaque composant de la chaîne de puissance.



### À VOUS DE JOUER 12

Voici la chaîne de puissance d'un store automatisé, capable de se baisser tout seul quand l'ensoleillement est trop important (il comporte aussi une batterie que nous n'étudions pas ici).



1. Quel est le composant « point faible », en termes d'efficacité énergétique, de ce produit ? Justifiez.

.....

.....

2. Quel est le rendement global de ce produit ?

.....

.....

3. On change le panneau solaire, pour en installer un nouveau possédant un rendement de 21 %. Quel est le nouveau rendement global ?

.....

.....

On peut aussi calculer le rendement énergétique d'un composant ou d'un produit en faisant  $\eta = E_u / E_a$

## PERTES

La différence entre le flux d'énergie entrant dans un composant et le flux d'énergie sortant d'un composant s'appelle les **pertes**.



### L'ESSENTIEL

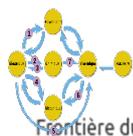
Les pertes d'un composant s'obtiennent avec la formule **Pertes =  $P_a - P_u$**



### EXEMPLES

- Un moteur qui reçoit une puissance électrique de 20 W et qui produit une puissance mécanique de 18,6 W aura des pertes valant  $Pertes_{moteur} = P_a - P_u = 20 - 18,6 = 1,4$  W.

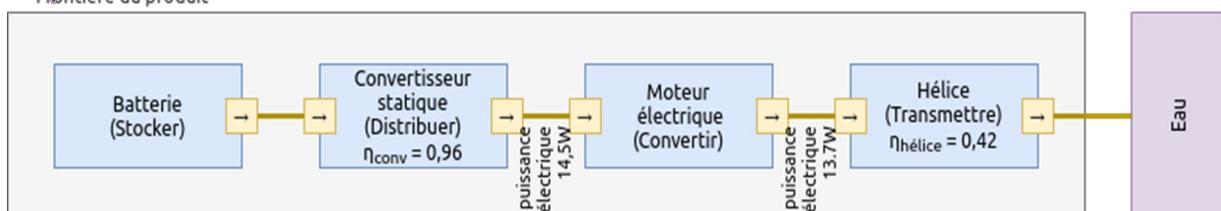
Les **pertes** sont cumulatives : c'est-à-dire que les pertes liées à un ensemble de composants sont égales à la somme des pertes liées à chaque composant.



Frontière du produit

### À VOUS DE JOUER 13

Reprenons la chaîne de puissance du bateau radiocommandé :



1. Quelles sont, en W, les pertes liées au moteur électrique ?

.....  
.....

2. Quelles sont, en W, les pertes liées à l'hélice ?

.....  
.....

3. Quelles sont, en W, les pertes liées à l'ensemble (moteur+hélice) ?

.....  
.....  
.....

On peut aussi calculer les pertes énergétiques d'un composant ou d'un produit en faisant **Pertes =  $E_a - E_u$**

## CONSERVATION D'ÉNERGIE

L'énergie n'est jamais créée à partir de rien, ou détruite. L'énergie ne peut être que transformée :

- L'énergie qu'un produit utilise est forcément issue d'une source extérieure. Le produit récupérera cette énergie, puis la transformera, à plusieurs reprises, de manière à pouvoir la stocker et/ou l'utiliser pour réaliser une action.
- L'énergie qu'on considère comme étant des « pertes » pour le produit n'est pas détruite. Elle est simplement libérée dans l'environnement du produit, sous une forme que le produit ne peut pas utiliser.



### L'ESSENTIEL

L'énergie se conserve : elle ne peut être créée ou détruite, elle ne peut qu'être transformée.

Ce principe s'exprime par la relation :  **$P_a = \text{Pertes} + P_u$** .

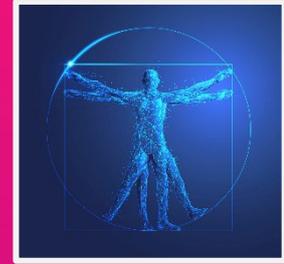
Le flux d'énergie qui entre dans un composant, est égale à la somme du flux sortant et des pertes.



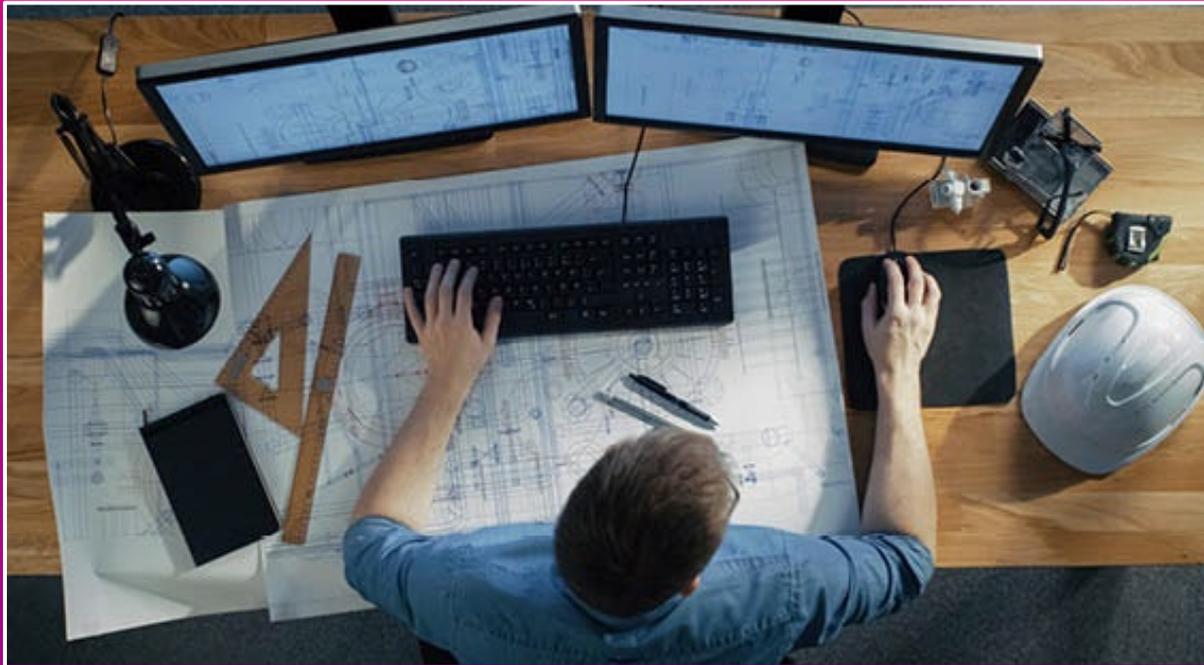
### EXEMPLES

- Lorsqu'une voiture roule, des frottements se produisent entre ses pièces. Ces frottements font baisser le rendement de la voiture, et sont donc responsable des pertes énergétiques de la voiture. Ces frottements produisent aussi un échauffement des composants de la voiture. Au final, ce qu'on appelle les pertes, du point de vue de la chaîne de puissance de la voiture, sont en fait de l'énergie sous forme thermique, que la voiture transmet à son environnement.
- On observera le même type de phénomène avec un lampe, qui va perdre une partie du flux d'énergie par échauffement, ce qui fera baisser son rendement. Ces pertes se retrouvent sous forme d'énergie thermique transmise à son environnement.

# DEVENIR INGÉNIEUR D'ETUDES EN GÉNIE ÉLECTRIQUE



L'ingénieur d'étude en génie électrique peut travailler pour différents domaines : production d'électricité, construction, transport ferroviaire, industrie, etc...



Le métier d'ingénieur d'études en génie électrique consiste à produire des études et des expertises au service de la création ou de l'amélioration de systèmes électriques. Concrètement, il veille au respect des règles techniques, des normes de sécurité, des délais et des budgets. Les points forts de l'ingénieur d'études ? La maîtrise technique pointue, le sens du travail en équipe et l'autonomie.

## **Vous voulez en voir plus ?**



*Visitez le Musée Hydrelec EDF à Vaujany en Isère*

*Visitez le Musée électropolis à Mulhouse*

*Visitez un site de EDF en vous inscrivant en ligne sur le site [edf.fr](http://edf.fr)*

*Visitez les portes ouvertes des Ecoles d'ingénieurs et des BTS, en présentiel et parfois en ligne d'ailleurs. Citons par exemple :*

- *BUT Génie électrique et informatique industrielle, BTS électrotechnique*
- *Ecoles d'ingénieur avec spécialisation en électricité : CentraleSupélec, Institut national des sciences appliquées de Lyon spécialité génie électrique, École supérieure d'ingénieurs en génie électrique, Ecole supérieure des travaux publics Paris, Réseau Polytech*



*Découvrez l'émission « Le grand voyage de l'électricité - C'est pas sorcier » où Fred et Jamy vont suivre les routes de l'électricité au côté des lignards et des aiguilleurs qui gèrent le réseau.*

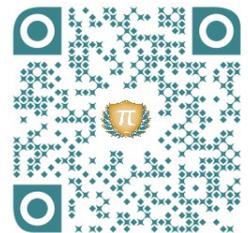
La plupart des produits qui nous entourent utilisent de l'énergie sous forme électrique. L'étude de l'électricité, en tant que source d'énergie, s'appelle l'**électrotechnique**. De ce point de vue, l'électricité possède plusieurs particularités par rapport aux autres énergies, notamment, elle :

- est facile à produire, à partir de la transformation d'une autre énergie
- est facile à déplacer d'un point à un autre
- n'est pas directement stockable

Nous allons étudier cette énergie et ses caractéristiques principales dans un premier TP. Ce sera aussi l'occasion de découvrir l'application en ligne **Tinkercad**. Tinkercad va par la suite nous servir de laboratoire virtuel pour toutes les études liées à l'électricité et l'électronique.

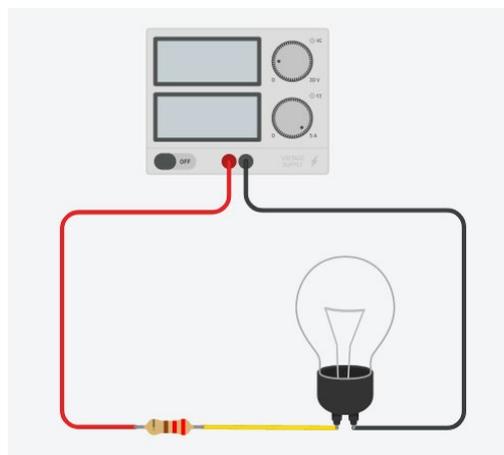
### CONNEXION ET PRISE EN MAIN DE TINKERCAD

- Rendez-vous sur le site de l'application en ligne Tinkercad : [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)
- Créez un compte et connectez-vous.
- Regardez le tuto Tinkercad : <https://youtu.be/uAg99vh4vBE>



Créez un nouveau circuit. Vous pouvez le nommer **cpi\_mod2-chap1-tp1** pour qu'il soit facilement retrouvable parmi les autres projets que nous ferons avec Tinkercad.

Réalisez ensuite le circuit suivant, qui sera notre circuit de base pour ce TP. La résistance (resistor) est réglée sur 220 Ω. L'alimentation (power supply) est laissée avec ses réglages par défaut (Voltage : 5V et Current : 5A). La lampe (light bulb) n'a pas besoin d'être paramétrée :



Lancez la simulation, la lampe devrait s'allumer !

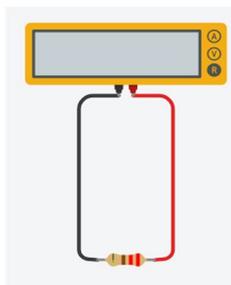
La couleur des fils utilisés ne change pas le fonctionnement du circuit, par contre, elle facilite sa lisibilité. Du plus, avec des tensions et intensités plus élevées, le respect de la couleur des fils participe aux règles de sécurité en donnant une indication claire sur le rôle de chaque fil. On essaiera donc de respecter ces règles : bornes positives = fil rouge ; bornes négatives = fil noir ou bleu ; autres connexions = autres couleurs.

### MESURE DE LA RÉSISTANCE

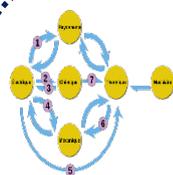
Pour mesurer la résistance d'un composant ou d'un groupe de composants, on le retire du montage, puis on connecte un multimètre à ses bornes. Le multimètre est ensuite mis en position **ohmmètre** avec le bouton R.

## EXEMPLE

- Branchement d'un ohmmètre pour mesurer la résistance d'une résistance.



Sur Tinkercad, il n'y a pas besoin de retirer les composants du montage, il suffit de copier-coller le composant que l'on veut tester, dans la zone de travail. Il est aussi possible de placer autant de multimètre que l'on souhaite dans la zone de travail, ce qu'on ne pourrait pas faire en réalité à moins d'avoir beaucoup de multimètre à disposition !



## À VOUS DE JOUER 14

Pour chaque question, faites sur Tinkercad le montage permettant d'effectuer la mesure, puis lancez la simulation et répondez.

1. Quelle est la résistance de la lampe ?

---

---

2. Que se passe-t-il au niveau de la résistance mesurée, si l'on met le fil rouge sur la borne noire du multimètre et le fil noir sur sa borne rouge ?

---

---

3. Est-ce que la valeur de la résistance du composant résistance est bien celle attendue ?

---

---

4. Quelle est la résistance de l'ensemble composé de la lampe+fil jaune+résistance ?

---

---

5. Quelle observation peut-on faire suite à la question précédente ?

---

---

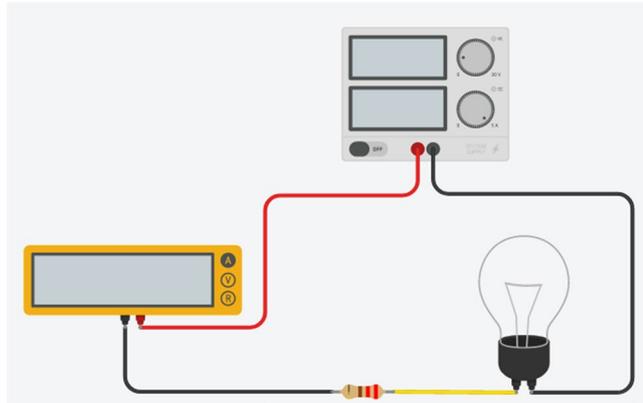
---

## MESURE DE L'INTENSITÉ

Pour mesurer l'intensité du flux d'électricité passant entre deux composants, on retire le conducteur et on le remplace par un multimètre. On dit alors que le multimètre se branche **en série**, par rapport aux composants. Le multimètre est ensuite mis en position **ampèremètre** avec le bouton A :

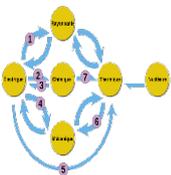
### EXEMPLE

- Branchement d'un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant entre l'alimentation et la résistance.



### L'ESSENTIEL

Le diagramme SysML de blocs internes permet de représenter la chaîne de puissance et d'information d'un produit.



### À VOUS DE JOUER 15

Pour chaque question, faites sur Tinkercad le montage permettant d'effectuer la mesure, puis lancez la simulation et répondez.

1. Quelle est l'intensité du courant entre l'alimentation et la résistance ?

.....

.....

2. Est-ce que l'intensité correspond à la valeur affichée sur l'écran de l'alimentation ?

.....

3. Pourquoi l'alimentation ne délivre pas une intensité de 5 A, alors que nous l'avons réglée sur 5 A ? Essayez de trouver vous-même une explication, faites une hypothèse, même si ce n'est pas très clair. Lisez ensuite la correction de cette question.

.....

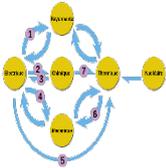
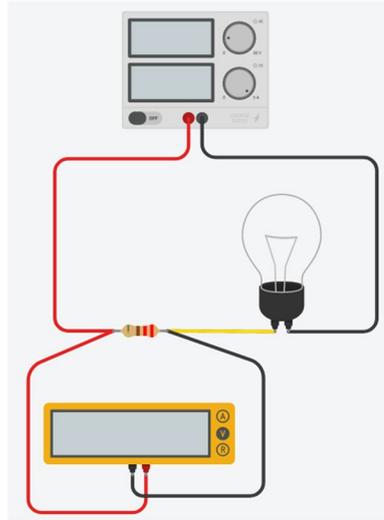
.....

.....



## EXEMPLE

- Branchement d'un voltmètre pour mesurer la tension aux bornes de la résistance



## À VOUS DE JOUER 16

Pour chaque question, faites sur Tinkercad le montage permettant d'effectuer la mesure, puis lancez la simulation et répondez.

1. Quelle est la tension aux bornes de la résistance ?

---

---

2. Que se passe-t-il au niveau de la tension mesurée, si l'on met le fil rouge sur la borne noire du multimètre, et le fil noir sur sa borne rouge ?

---

---

3. Que peut-on en conclure, de manière générale, sur le signe d'une tension que l'on mesure ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Quelle est la tension aux bornes de la lampe ?

---

---

5. Quelle est la tension mesurée, de la borne positive (celle de gauche) de la résistance, à la borne négative (celle de droite) de la lampe ?

.....

.....

6. Quelle relation lie les trois tensions que vous avez mesurées ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Cette tension correspond-elle bien à la tension affichée sur l'écran de l'alimentation ? Est-ce bien la tension de réglage de l'alimentation ?

.....

.....

8. Observez la tension  $U_{\text{lampe}}$ , l'intensité  $I_{\text{lampe}}$  et la résistance  $R_{\text{lampe}}$  que vous avez mesurées en étudiant la lampe : essayez de les multiplier/diviser deux par deux. Qu'observez-vous ? Exprimez la relation mathématique que vous trouvez.

.....

.....

.....

.....

9. Cette relation se vérifie-t-elle pour les autres composants/ensemble (résistance ou ensemble résistance+fil jaune+lampe) ?

.....

.....

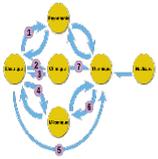
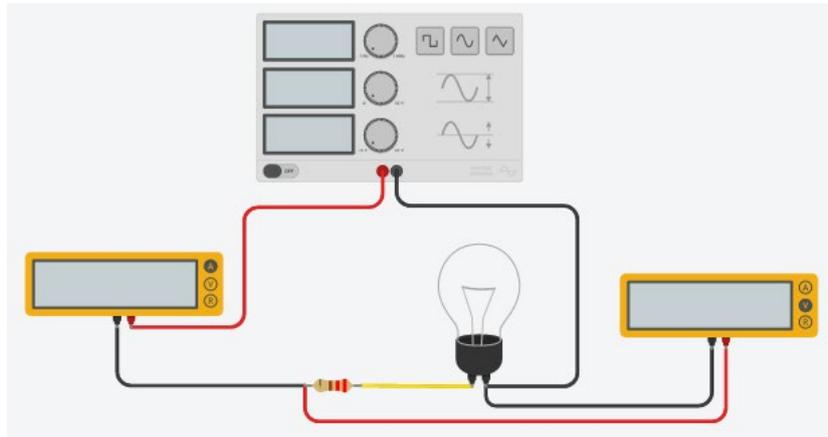
.....

.....

La relation, que vous avez trouvée, s'appelle la **Loi d'Ohm**.

## COURANT ALTERNATIF

Réalisez le montage suivant. L'alimentation utilisée est un générateur de signaux (function generator) que vous réglez sur une fréquence (frequency) de 4 Hz, une amplitude de 8 V, un décalage de 0 V (DC Offset) et avec une fonction (function) sinus (sine).

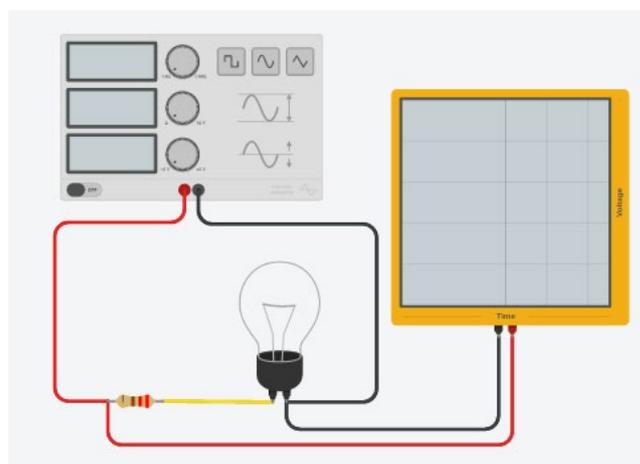


### À VOUS DE JOUER 17

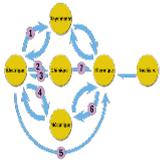
1. Que se passe-t-il au niveau des valeurs affichées sur ampèremètre et le voltmètre lors de la simulation ?

2. Est-ce-possible d'avoir des informations fiables sur le flux d'énergie circulant dans le circuit ?

Modifiez le montage ainsi, en remplaçant le voltmètre par un oscilloscope, et en supprimant ampèremètre :



Les oscilloscopes de Tinkercad ne peuvent pas être utilisés pour acquérir une intensité pour le moment. Quand la simulation est lancée, zoomez sur l'oscilloscope pour bien voir les graduations de l'écran. Les lignes centrales représentent les 0 (0s et 0V).



## À VOUS DE JOUER 18

1. Quelle grandeur est représentée par l'axe des abscisses de l'oscilloscope ?

.....

La valeur écrite tout en bas de l'oscilloscope représente la durée totale, affichée par l'oscilloscope.

2. Quelle est la durée d'une division (graduation) sur l'axe des abscisses de l'oscilloscope ?

.....

3. Quelle grandeur est représentée par l'axe des ordonnées de l'oscilloscope ?

.....

La valeur écrite tout à droite de l'oscilloscope représente l'amplitude totale, affichée par l'oscilloscope.

4. Quelle est la tension d'une division (graduation) sur l'axe des ordonnées de l'oscilloscope ?

.....

5. Quelle type de courbe s'affiche sur l'oscilloscope ?

.....

6. Quelle est sa tension maximale  $U_{\max}$  ?

.....

7. Quelle est sa tension minimale  $U_{\min}$  ?

.....

8. Quelle est son amplitude crête-à-crête  $A_{\text{càc}}$  ? ( $A_{\text{càc}} = U_{\max} - U_{\min}$ ).

.....

9. Quelle est sa tension moyenne  $U_{\text{moy}}$  ? ( $U_{\text{moy}} = (U_{\max} + U_{\min}) / 2$ ).

.....

10. Quelle est sa période  $T$  ?

.....

11. Quelle est sa fréquence  $f$  ?

.....

12. Est-ce-que l'on retrouve bien toutes les valeurs de réglage de l'alimentation ?

.....

Lors de toutes les manipulations précédentes des parties b, c et d, vous avez utilisé une alimentation fournissant un **courant continu**, c'est-à-dire un flux d'énergie électrique allant toujours dans le même sens. Lors des manipulations de la partie e, vous avez utilisé une alimentation fournissant un **courant alternatif**, dont le sens oscille entre une valeur minimale et une valeur maximale, selon une fréquence.

Certains produits nécessitent une alimentation électrique en courant continu pour fonctionner, d'autres une alimentation en courant alternatif. Le réseau électrique de votre domicile fournit un courant alternatif, de fréquence 50 Hz, oscillant entre environ -330 V et 330 V.

La tension de 220 V ou 230 V, qu'on indique habituellement comme « tension des prises électriques » est ce qu'on appelle la tension efficace. Cette notion ne sera pas abordée au lycée, mais, à titre indicatif, c'est la tension qu'il faudra fournir, si on utilisait du courant continu, pour obtenir la même puissance électrique.



## ÉNERGIE ET PUISSANCE D'UN PRODUIT

### Focus sur l'énergie électrique

La plupart des produits qui nous entourent utilisent de l'énergie sous forme électrique. L'étude de l'électricité, en tant que source d'énergie, s'appelle l'**électrotechnique**. De ce point de vue, l'électricité possède plusieurs particularités par rapport aux autres énergies, notamment, elle :

### GRANDEURS PHYSIQUES EN ELECTRICITÉ

⇒ **Intensité**



#### L'ESSENTIEL

L'intensité est une grandeur caractéristique d'un courant électrique. L'intensité s'exprime en ampères, notés A, et elle a un signe.

L'intensité est proportionnelle à la quantité d'électrons qui circulent, à un instant donné, dans un conducteur électrique. Plus l'intensité est élevée, plus les électrons traverseront le conducteur rapidement, et en grande quantité.

En anglais, on utilise le terme **current**.

⇒ **Tension**



#### L'ESSENTIEL

La tension est la seconde grandeur caractéristique d'un courant électrique. La tension s'exprime en volts, notés V, et elle a un signe.

La tension représente la force avec laquelle les électrons sont poussés à passer d'un point A du conducteur, à un point B du conducteur. Plus la tension est élevée, plus les électrons traverseront facilement un conducteur. Pour qu'un courant électrique circule d'un point à un autre du circuit, il doit y avoir une tension entre ces deux points. Plus la tension est importante, plus l'intensité aura tendance à augmenter.

En anglais, on utilise le terme **voltage**.

⇒ **Résistance**



#### L'ESSENTIEL

La résistance électrique d'un composant représente sa capacité à s'opposer au passage d'un flux d'électricité. La résistance s'exprime en ohms, notés  $\Omega$ , et elle est toujours positive.

Un composant ayant une résistance importante, aura tendance à rendre le passage du courant plus difficile. Il faudra alors augmenter la tension pour que le courant passe.

En anglais, on utilise le terme *resistance* (par contre le composant nommée résistance en français, se nomme *resistor* en anglais). Un matériau qui est un bon conducteur, comme le cuivre ou l'aluminium, a une résistance très faible. Un composant avec une résistance importante, qui est traversé par un courant électrique grâce à une tension élevée, aura tendance à beaucoup chauffer. Cela s'appelle l'effet Joule.

## LOI D'OHM



### L'ESSENTIEL

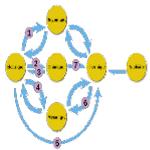
La loi d'Ohm relie la tension, l'intensité et la résistance d'un composant/ensemble,  $U = R \times i$  avec :

- U la tension aux bornes du composant/ensemble
- i l'intensité du courant traversant le composant/ensemble
- R la résistance du composant/ensemble



### EXEMPLES

- Soit un moteur de résistance  $3,75 \Omega$ , traversé par un courant de  $3,2 \text{ A}$ . La tension à ses bornes vaut donc  $U = R \times I = 3,75 \times 3,2 = 12 \text{ V}$ .
- Soit un courant de  $1,5 \text{ A}$  parcourant une lampe. La tension aux bornes de la lampe vaut  $6 \text{ V}$ . La résistance de la lampe vaut donc  $R = U / I = 6 / 1,5 = 4 \Omega$ .



### À VOUS DE JOUER 19

1. Quelle est la tension aux bornes d'une lampe de résistance  $32 \Omega$ , traversée par un courant de  $2 \text{ A}$  ?

---

---

2. Quelle sera le courant passant dans un moteur de résistance  $2,5 \Omega$ , auquel on applique une tension de  $24 \text{ V}$  ?

---

---

3. Quelle sera la résistance d'un câble traversé par un courant de  $12 \text{ A}$ , quand il est soumis à une tension de  $180 \text{ V}$  ?

---

---

## SOURCE D'ALIMENTATION CONTINUE



### L'ESSENTIEL

Une source d'alimentation continue est un flux d'énergie électrique dont le sens est toujours le même.

Les électrons mis en mouvement par une source d'alimentation fournissant un courant continu se déplacent donc toujours dans le même sens : ils parcourent l'intégralité du circuit électrique en boucle.

Avec un courant continu, la tension et l'intensité ont une valeur fixe.

⇒ Puissance



### L'ESSENTIEL

La puissance électrique en courant continu se calcule avec la formule

$P = U \times I$ , avec :

- P la puissance en W
- U la tension en V
- I l'intensité en A

En utilisant la loi d'Ohm, on obtient aussi  $P = U^2 / R$  et  $P = R \times I^2$

- avec R la résistance

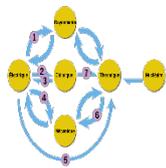
Pour trouver  $P = U^2 / R$ , on part de  $P = U \times I$ , et on remplace I par  $U / R$ .

Pour trouver  $P = R \times I^2$ , on part de  $P = U \times I$ , et on remplace U par  $R \times I$ .



### EXEMPLES

- Soit un courant de 1,5 A parcourant une lampe. La tension aux bornes de la lampe vaut 6 V. La puissance électrique absorbée par la lampe vaut donc  $P = U \times I = 6 \times 1,5 = 9$  W.
- Soit un moteur de résistance 3,75  $\Omega$ , traversé par un courant de 3,2 A. La puissance électrique absorbée par le moteur vaut donc  $P = R \times I^2 = 3,75 \times 3,2^2 = 38,4$  W.



### À VOUS DE JOUER 20

1. Quelle est la puissance absorbée par une lampe de résistance 32  $\Omega$ , traversée par un courant de 2 A ?

.....

.....

2. Quelle est la puissance absorbée d'un moteur de résistance 2,5  $\Omega$ , auquel on applique une tension de 24 V ?

.....

.....

3. Quelle est la puissance absorbée par un câble traversé par un courant de 12 A, quand il est soumis à une tension de 180 V ?

.....

.....

# SOURCE D'ALIMENTATION ALTERNATIVE



## L'ESSENTIEL

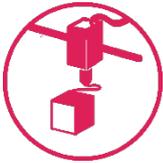
Une source d'alimentation alternative produit un flux d'énergie électrique dont le sens alterne, selon une fréquence caractéristique du flux.

Les électrons mis en mouvement par une source d'alimentation fournissant un courant alternatif ne font qu'avancer/reculer, sans parcourir le circuit.

### ⇒ Analyse d'un courant alternatif

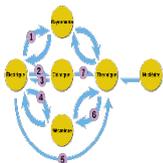
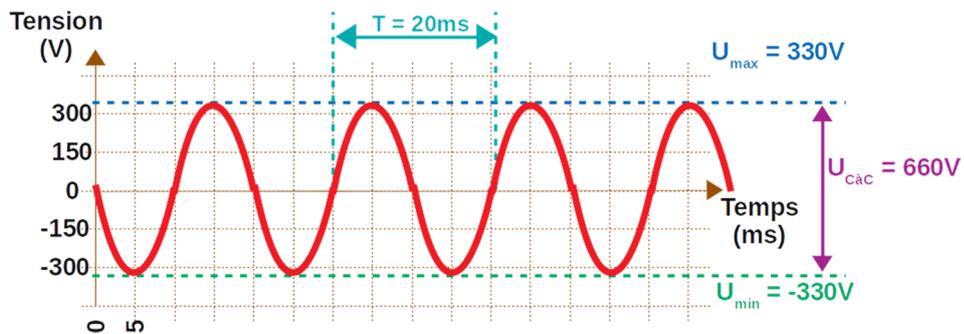
Avec un courant alternatif, la tension et l'intensité ont des valeurs qui oscillent entre un maximum et un minimum. L'oscillation suit une fréquence, qui est aussi une caractéristique du courant. Le courant est alors représentable sous la forme d'une sinusoïde, qu'on pourra analyser pour en extraire ses grandeurs caractéristiques :

- Une **valeur maximale**  $U_{\max}$  ou  $I_{\max}$  et une valeur minimale  $U_{\min}$  ou  $I_{\min}$
- Une **valeur moyenne**  $U_{\text{moy}} = (U_{\max} + U_{\min}) / 2$  ou  $I_{\text{moy}} = (I_{\max} + I_{\min}) / 2$
- Une **amplitude crête-à-crête**  $U_{\text{cac}} = U_{\max} - U_{\min}$  ou  $I_{\text{cac}} = I_{\max} - I_{\min}$
- Une **période**  $T$  en s, qui est la même pour la tension et l'intensité
- Une **fréquence**  $f$  en Hertz,  $f = 1 / T$



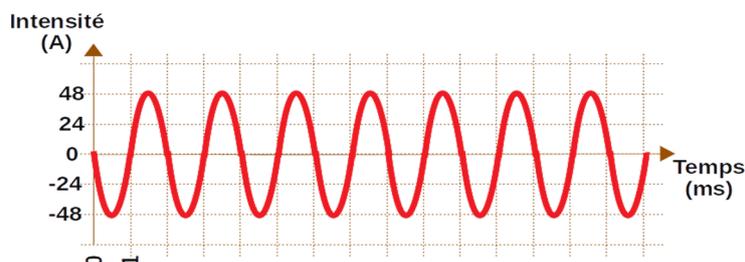
## EXEMPLE

- Le graphe ci-dessous représente l'évolution de la tension aux bornes d'une source d'alimentation alternative. Sa fréquence vaut  $f = 1 / T = 1 / 0,02 = 50$  Hz. Sa tension moyenne vaut  $U_{\text{moy}} = 0$  V.



## À VOUS DE JOUER 21

Le graphe ci-dessous représente l'évolution de l'intensité du courant produit par une source d'alimentation alternative.



1. Quelle est l'amplitude crête-à-crête de ce courant ?

---

---

2. Quelle est la fréquence de ce courant ?

---

---

Le calcul de la puissance en courant alternatif n'est pas abordée au lycée.

## INSTRUMENTS DE MESURE

### ⇒ Courant continu

L'instrument de base pour mesurer les caractéristiques d'un flux d'énergie électrique continu, ou d'un composant conducteur, s'appelle le **multimètre**. Un multimètre peut notamment faire office :

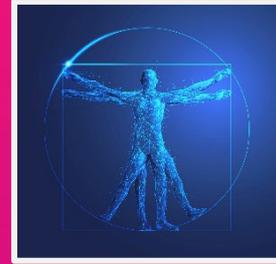
- D'**ohmmètre**, pour mesurer la résistance d'un composant/ensemble de composants au passage du flux d'électricité. **L'ohmmètre s'utilise courant coupé.**
- D'**ampèremètre**, pour mesurer l'intensité du flux d'électricité passant dans un conducteur électrique. **L'ampèremètre se branche en série.**
- De **voltmètre**, pour mesurer la tension électrique aux bornes d'un composant/ensemble de composants. **Le voltmètre se branche en dérivation.**

### ⇒ Courant alternatif

Avec un courant alternatif, l'étude des caractéristiques de l'électricité devient impossible à l'aide d'un simple multimètre : on se servira alors d'un **oscilloscope** pour acquérir et étudier le flux d'énergie.

La plupart des multimètres permettent néanmoins d'obtenir la tension/intensité efficace d'un courant alternatif, et parfois même la fréquence.

# DEVENIR INGÉNIEUR ÉNERGIE SOLAIRE / ÉOLIENNE



Accompagner la transition énergétique, tel est l'objectif d'un ingénieur en énergies renouvelables.



La spécialisation de cet ingénieur l'amène à travailler sur des projets liés à l'éolien, au photovoltaïque, à l'hydraulique, à la biomasse... Il procède à des études de faisabilité à travers l'identification des contraintes techniques, environnementales et réglementaires. Il fait en sorte que le projet réponde aux objectifs fixés en termes de rentabilité, de sécurité et de respect de l'environnement.

## Vous voulez en voir plus ?



Visitez le Musée Hydrelec EDF à Vaujany en Isère

Visitez le Musée électropolis à Mulhouse

Visitez l'exposition permanente Energies à la Cité des sciences

Visitez les portes ouvertes des Ecoles d'ingénieurs et des BTS, en présentiel et parfois en ligne d'ailleurs. Citons par exemple :

- BUT construction durable et rénovation écologique de l'habitat, BTS Maintenance des Systèmes – option Eolien ? BTS Fluides Énergies Domotique, BTS électrotechnique
- Ecoles d'ingénieur : Ecole centrale de Lille et Lyon, Ecole nationale supérieure des mines de Nancy de l'université de Lorraine, Ecole nationale supérieure de techniques avancées Bretagne, Ecole supérieure d'ingénieurs Léonard-de-Vinci



Découvrez l'émission d'Arte « Bonnes nouvelles de la planète - Des énergies vertes pour demain » qui nous emmène dans tour du monde à la découverte des solutions les plus innovantes en matière d'énergies vertes. Nous découvrons tour à tour des usines thermiques combinant énergies éolienne et hydraulique à Madère ; des citoyens propriétaires d'éoliennes sur l'île danoise de Samso ; la géothermie en Islande ; des technologies exploitant les mouvements des vagues et des marées sur l'île écossaise d'Orkney.

## LE TEMPS DU BILAN

- L'énergie, telle que nous l'utilisons dans les produits, peut se trouver sous 6 formes : rayonnante, électrique, thermique, chimique, mécanique et nucléaire.
- L'énergie peut passer d'une forme à une autre grâce à un système de conversion d'énergie.
- L'énergie se conserve : elle ne peut être créée ou détruite, elle ne peut qu'être transformée.
- L'énergie  $E$  s'exprime en joule ou en kilowatt-heure.  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$ .
- La puissance  $P$  s'exprime en watt.
- On distingue la puissance moyenne, la puissance maximale et la puissance instantanée.
- L'énergie et la puissance sont liées par la relation  $E = P_{\text{moy}} \cdot t$ , avec  $t$  le temps durant lequel l'énergie est dépensée.  
Avec  $P_{\text{moy}}$  et  $t$  en s, on obtient  $E$  en J.  
Avec  $P_{\text{moy}}$  en kW et  $t$  en h, on obtient  $E$  en kWh.
- L'autonomie  $A$  s'exprime en s ou en h.  $A = E / P_{\text{moy}}$   
Avec  $E$  en J et  $P_{\text{moy}}$  en W, on obtient  $A$  en s.  
Avec  $E$  en kWh et  $P_{\text{moy}}$  en kW, on obtient  $A$  en h.
- La chaîne de puissance d'un produit décrit le parcours des flux d'énergie dans le produit.
- Un produit possédant la fonction « alimenter en énergie » est capable de recevoir un flux d'énergie du milieu dans lequel il évolue.
- Un produit possédant la fonction « stocker de l'énergie » est capable de transporter une réserve d'énergie.
- Un produit possédant la fonction « distribuer de l'énergie » est capable de contrôler et diriger le flux d'énergie vers ses autres composants de la chaîne de puissance.
- Un produit possédant la fonction « convertir de l'énergie » est capable de modifier la forme de l'énergie.
- Un produit possédant la fonction « transmettre de l'énergie » est capable de transférer de l'énergie, d'un point à un autre du produit.
- Le diagramme SysML de blocs internes permet de représenter la chaîne de puissance et d'information d'un produit.
- La puissance en entrée d'un composant s'appelle la puissance absorbée, et se note  $P_a$ .
- La puissance en sortie d'un composant s'appelle la puissance utile, et se note  $P_u$ .
- Le rendement  $\eta$ , d'un composant, s'obtient avec la formule  $\eta = P_u / P_a$
- Le rendement global  $\eta_{\text{global}}$ , d'une chaîne de puissance, composée de  $i$  composants, s'obtient avec la formule  $\eta_{\text{global}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_i$
- Les pertes d'un composant s'obtiennent avec la formule  $\text{Pertes} = P_a - P_u$

- L'intensité est une grandeur caractéristique d'un courant électrique. L'intensité s'exprime en ampères, notés A, et elle a un signe.
- La tension est la seconde grandeur caractéristique d'un courant électrique. La tension s'exprime en volts, notés V, et elle a un signe.
- La résistance électrique d'un composant représente sa capacité à s'opposer au passage d'un flux d'électricité. La résistance s'exprime en ohms, notés  $\Omega$ , et elle est toujours positive.
- La loi d'Ohm,  $U = R \times I$ , relie la tension, l'intensité et la résistance d'un composant/ensemble, avec :
  - U la tension aux bornes du composant/ensemble
  - I l'intensité du courant traversant le composant/ensemble
  - R la résistance du composant/ensemble
- Une source d'alimentation continue produit est un flux d'énergie électrique dont le sens est toujours le même.
- Pour mesurer et analyser un courant continu, on utilise un multimètre, qui peut servir d'ampèremètre, de voltmètre et d'ohmmètre.
- La puissance électrique en courant continu se calcule avec la formule  $P = U \times I$ , avec :
  - P la puissance en W
  - U la tension en V
  - I l'intensité en A
- En utilisant la loi d'Ohm, on obtient aussi  $P = U^2 / R$  et  $P = R \times I^2$ , avec R la résistance
- Une source d'alimentation alternative produit un flux d'énergie électrique dont le sens alterne, selon une fréquence caractéristique du flux.
- Pour capture et analyser un courant alternatif, on utilise un oscilloscope.



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**

