Électricité, Énergie et Puissance

et calcul du coût de l'électricité

POLYC1 2021-2022

Contenu :

- Électricité et circuits électriques
- Énergie
- Puissance
- Calcul du coût de l'électricité
- Calcul de circuits électrique
- Exercices pratiques



CFP Arts Genève
https://cfparts.ch/

Johann Sievering

v05b

CC BY NC ND

OBJECTIFS du COURS





Électricité et circuits électriques

Énergie

Puissance

Calcul du coût de l'électricité

Calcul de circuits électrique

Exercices pratiques

Objectifs :

- Comprendre les principes de base de l'électricité.
- Être capable de faire des calculs d'énergie ;
- Être capable de faire des calculs de puissances ;
- Être capable de faire des calculs de coûts de l'électricité consommée;
- Être capable de résoudre des problèmes mixtes impliquant l'énergie, la puissance et les calculs du coût de l'électricité.

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

INTRODUCTION À L'ÉLECTRICITÉ



(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Tension, courant et puissance (1/2)

- La tension électrique est la différence de potentiel entre deux points
  Unité volt [V]
  - Par exemple
    - une pile AA : 1,5 V
    - la prise électrique à la maison : 230 V
    - la prise électrique à la cuisine : 380 V

- Le courant électrique (intensité) est le déplacement des porteurs de charges dans un conducteur (nombre de charges par seconde)
  Unité ampère [A]
  - Par exemple
    - le courant parcourant une LED : 0,02 A
    - le courant parcourant un transformateur de smartphone : 0,2 A
    - le courant parcourant une ampoule : 0,4 A
    - Le courant parcourant un chauffage : 8 A

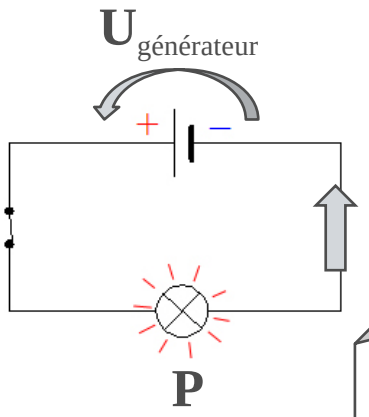
- La puissance est la quantité d'énergie fournie par unité de temps
  Unité watt [W]
  - Par exemple
    - Chargeur : 5 W
    - Ampoule basse consommation : 10 W
    - Téléviseur moderne : 200 W
    - Climatiseur : 1'000 W
    - Chauffage électrique : 2'000 W

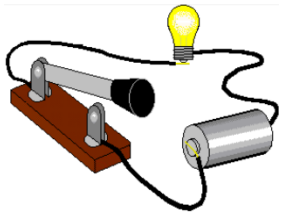
(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Tension, courant et puissance (2/2)

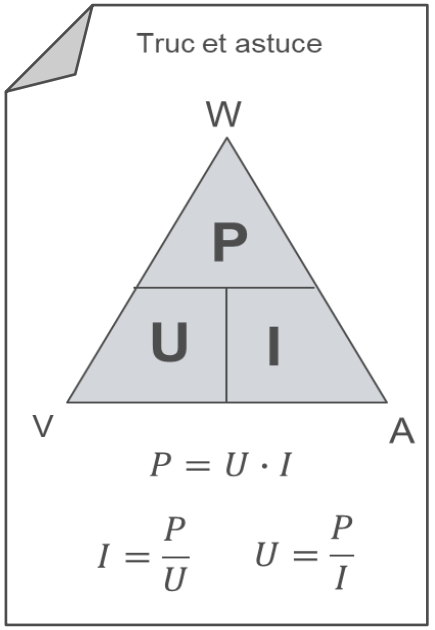
- **Tension électrique U**
  - Unité de mesure : volt [V]
- **Courant électrique I**
  - Unité de mesure : ampère [A]
- **Puissance P**
  - Unité de mesure : watt [W]





- Relation entre les grandeurs

$$P = U \cdot I$$



- Exemple :
  - Quelle est la puissance d'un chauffage branché sur une prise de 230 V dont le courant mesuré est de 5 A ?
    - P = U*I = 230 * 5 = 1'150 W
  - Quelle le courant circulant dans les câbles 230 V alimentant un appareil de 50 W ?
    - $I = \frac{P}{U} = \frac{50}{230} = 0{,}22$ A

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

ÉNERGIE



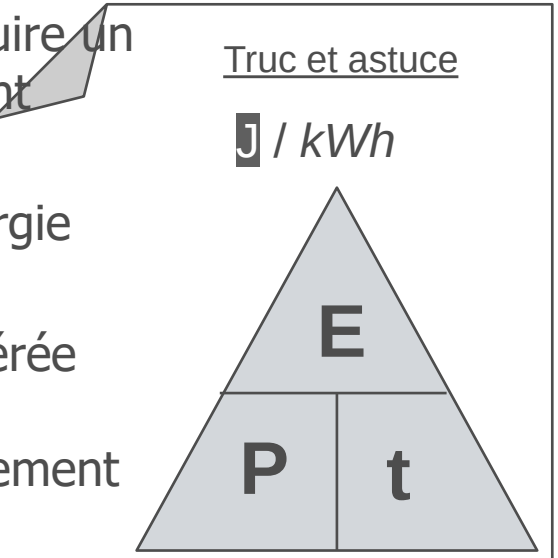
(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Définition

- L'énergie est, en science physique, une mesure de la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur;
- Dans le Système international d'unités (SI), l'énergie s'exprime en joules ;
- L'énergie électrique désigne toute énergie transférée ou stockée grâce à l'électricité. Cette énergie est transférée d'un système à un autre par un mouvement de charges.

Truc et astuce



$$E = P \cdot t$$

$$t = \frac{E}{P} \qquad P = \frac{E}{t}$$

$$E = P \cdot t$$

E : **énergie**	en joule	(J)	ou en kilowattheure	(kWh)
P : **puissance**	en watt	(W)	ou en kilowatt	(kW)
t : **temps** de consommation	en seconde	(s)	ou en heure	(h)

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Joule (J)

- Le joule est une unité de **quantité d'énergie**
  - E en [Joule]

- 1 Joule correspond à :
  - à une consommation de 1 watt pendant une seconde;
  - Par exemple:
    - *l'énergie requise pour soulever une petite pomme (102 g) d'un mètre, à la surface de la Terre;*
    - *1'000 Joules : l'énergie nécessaire à un enfant (30 kg) pour monter un étage (un peu plus de trois mètres).*

- Dans la pratique courante, l'unité joule est **trop petite** L'unité utilisée est le **kWh** (voir ci-après).
- Les factures d'électricité sont calculées avec des kWh.

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Kilowattheure (kWh)

- Le kilowattheure est une unité de **quantité d'énergie**
  - E en [kWh]

- 1 kWh correspond à :
  - à une consommation de 1'000 watts pendant une heure;
  - Par exemple:
    - *un chauffage de 1'000 watts pendant une heure;*
    - *10 ampoules de 10 watts pendant 10 heures.*

- Equivalences
  - 1 litre de mazout correspond à environ 10 kWh ;
  - 1 kilogramme de bois correspond à environ 4 kWh ;

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Relation Wh et J

- La relation de l'énergie entre les grandeurs Wh et J

1 Wh ⇔ 3'600 J

Wh : wattheure
J : joule

10^6 : méga M (1'000'000)
10^3 : kilo k (1'000)

1 h = 3'600 s
1 kW = 1'000 W

Exemples :

- Je calcule une consommation de 2,268 * 10^7 J
  (un radiateur de 2'100 W (branché sur 220V) pendant 3 heures)
  Combien de Wh et kWh ?

$$E_{[Wh]} = \frac{2{,}268 \cdot 10^7}{3'600} = 6'300\ Wh\ ou\ 6{,}3\ kWh$$

- Je calcule une consommation de 2,4 kWh
  (une lampe de 100 W allumée pendant 24 heures (branchée sur 220V))
  Combien de J, kJ et MJ ?

$$E_{[J]} = 2{,}2 \cdot 10^3 \cdot 3'600 = 8'640'000\ J\ ou\ 8'640\ kJ\ ou\ 8{,}64\ MJ$$

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Énergie et environnement

- Les équipements produisant de l'énergie électrique émettent du CO_2 dans l'atmosphère ;
- La quantité de CO_2 émise dépend du type d'équipement et son système de fonctionnement ;
- Par exemple (illustratifs) :
  - Centrale charbon : > 1'000 g de CO2 par kWh produit;
  - Turbine hydraulique : < 50 g de CO2 par kWh produit.

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Calcul de consommation électrique

Procédure

1. Déterminer la puissance électrique du ou des consommateurs;
2. Déterminer le temps d'utilisation du dispositif ;

$$E = P \cdot t$$

E : énergie en wattheure (Wh)
P : puissance en watt (W)
t : temps de consommation en heure
(ou Δt exprimée en heure)

- **Exemples :**
  - Une lampe de 60 W (branchée sur 220 V) est allumée pendant 3 heures
    - E = 60 * 3 = ***180 Wh*** ou ***0.18 kWh***
  - Une pompe d'aquarium de 30 W et le chauffage de l'eau de 10 W (branchés sur 220 V) fonctionnent en permanence.
    Quelle est la consommation en un an ?
    - P = 30 + 10 = 40 W
    - t = 24 h * 365 jours = 8'760 h
    - E = 40 * 8'760 = ***350'400 Wh*** ou ***350,4 kWh***

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

kilojoules et kilocalories

kilojoule [kJ]

- le nom Joule fait référence au physicien anglais J. P. Joule ;
- mesure d'énergie correspondant au travail nécessaire pour
  - déplacer 1 kg d'un mètre en une seconde.

kilocalorie [kcal]

- le nom calorie vient du mot latin «calor» et signifie chaleur;
- Mesure de la teneur calorifique ou énergétique d'une substance
  - quantité d'énergie nécessaire pour chauffer 1 litre d'eau de 1 °C.

Conversions

- 1 kcal = 4,184 kJ
- 1 kJ = 0,239 kcal

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

PUISSANCE



(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Définition puissance

- La puissance représente la vitesse à laquelle un travail est fourni ;
- C'est une quantité d'énergie fournie par un système à un autre par unité de temps ;

$$P = \frac{E}{t}$$

P : puissance en watt (W)
E : énergie en wattheure (Wh)
t : temps de consommation en heure
(ou Δt exprimée en heure)

- L'unité est le watt [W] ;
  - 1 watt correspond à un joule fourni par seconde

- Autre unité : le cheval-vapeur [ch]
  - 1 ch ≅ 736 W

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Définition puissance électrique

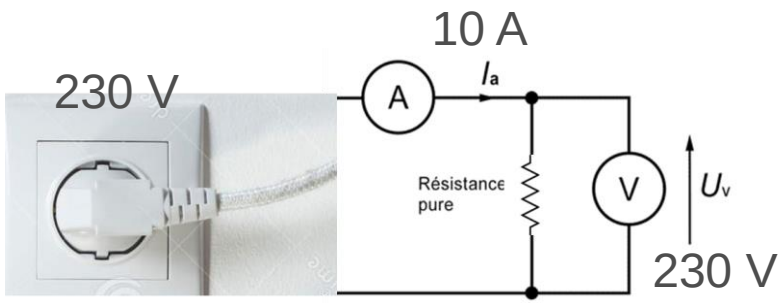
- La puissance électrique est le produit de la tension électrique, en volts, et de l'intensité du courant électrique qui le traverse, en ampères ;
- Les consommateurs sont considérés ici comme purement résistifs.

$$P = U \cdot I$$

P : puissance en watt (W)
U : tension ou différence de potentiel en volt (V)
I : intensité du courant électrique en Ampère (A)

- **Exemples :**
  - Dans un circuit électrique avec une tension de 230 V (volts) dans lequel est branché un radiateur, on mesure un courante de 10 A (ampères).
  - Quelle est la puissance du radiateur ?
    - P = U * I = 230 * 10 = 2'300 W





(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

CALCUL DU COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ



(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Les composantes du prix de l'électricité en Suisse

Source : site de la Confédération suisse

- 1. Tarif d'utilisation du réseau
  - Prix pour le transport de l'électricité de la centrale au consommateur.
  - Il est déterminé par les coûts du réseau, c'est-à-dire la construction ainsi que l'entretien et l'exploitation.
- 2. Tarif de l'énergie
  - Prix de l'énergie électrique fournie.
  - Soit l'exploitant du réseau produit cette énergie dans ses propres centrales, soit il l'achète à des fournisseurs en amont.
- 3. Redevances dues aux collectivités publiques
  - Taxes et redevances communales et cantonales.
  - Par ex., des redevances de concessions ou des taxes énergétiques locales.
- 4. Redevances fédérales
  - Redevance pour l'encouragement des énergies renouvelables (rétribution à prix coûtant du courant injecté RPC) et pour l'assainissement écologique des centrales hydrauliques.
  - Le montant de la redevance est fixé chaque année par le Conseil fédéral.
  - En 2018, la redevance devrait s'élever à 2.3 cts./kWh (2017 : 1.5 ct./kWh).

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Tarifs en Suisse

- Le coût de la consommation d'énergie en Suisse est
  - Entre 10 et 40 centimes par kWh

- Le prix dépend :
  - De la période de consommation (jour, nuit, …) ;
  - Du consommateur (privé, industriel, …) ;
  - La région (cantons) ;
  - De la provenance / plan tarifaire (énergie verte, …) ;
  - Des habitudes de consommations (machines, chauffage, …) ;
  - Autres.

- Exemple :
  - Un ménage consommant 4'500 kWh par année paiera
    - 20,4 cts./kWh, ce qui correspond à environ 918 CHF.

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Calcul de prix de consommation

Procédure

1. Déterminer l'énergie consommée ;
2. Rechercher le tarif appliqué par le fournisseur (heure, plan, etc.)

$$Prix = E_{consommée} \cdot tarif$$

Prix : prix à payer en centimes
E : énergie consommée en kWh
tarif : exprimé en **cts / kWh**

Le tarif est le prix en centime par kilowattheure consommé

- **Exemple :**
  - Un moteur de 250 W (branché sur 220 V) fonctionne 2 heures par jour
  - Quel est le prix de la consommation électrique pendant un an ?
  - Tarif appliqué : 25 cts / kWh
    - P = 250 W, t = 2 * 365 = 730 h
    - E = P * t = 250 * 730 = 182'500 Wh ou 182,5 kWh
    - Prix = 182,5 * 25 = ***4'562,5 centimes*** ou ***45,65 CHF***

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Les calculs

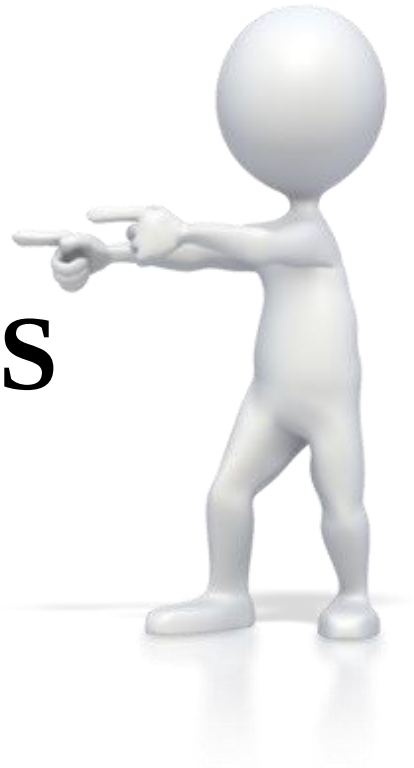
- Reprenons les exemples ci-dessus et calculons le coût de la consommation électrique ;
- Le tarif considéré est : **25 cts / kWh**
  - (25 centimes par kilowattheure)

- **Exemples :**
  - Une lampe de 60 W (branchée sur 220 V) est allumée pendant 3 heures
    - E = 60 * 3 = 180 Wh ou 0.18 kWh
    - Prix = 0.18 * 25 = ***4,5 centimes***
  - Une pompe d'aquarium de 30 W avec un chauffage de 10 W (branchés sur 220 V) fonctionnent en permanence, quel est le prix pour un an ?
    - P = 30 + 10 = 40 W
    - t = 24 h * 365 jours = 8'760 h
    - E = 40 * 8'760 = 350'400 Wh ou 350,4 kWh
    - Prix = 350,4 * 25 = ***8'760 centimes*** ou ***87,60 CHF***

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

CALCUL DE CIRCUITS ÉLECTRIQUES

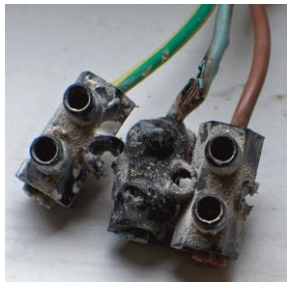


(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Utilité et contexte

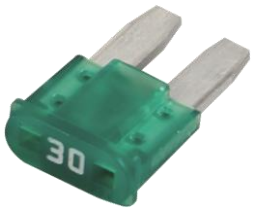
- Il est souvent important de pouvoir déterminer si le circuit à disposition est **capable d'alimenter** l'ensemble des **appareils connectés** ;
- Fréquemment se pose la question du **nombre d'appareils** qu'il est possible de **connecter sur un circuit** ;



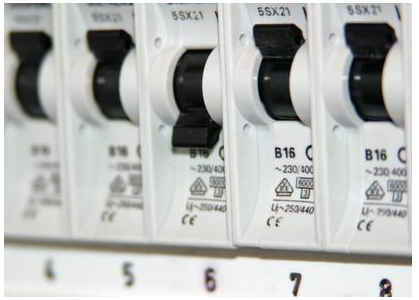
- La surcharge d'une installation électrique peut provoquer une **surchauffe** et même **déclencher un incendie** ;
- Les circuits électriques sont **protégés par un disjoncteur (ou fusible)** qui ouvre le circuit, si sa capacité à alimenter les appareils connectés est insuffisante **sans endommager** les câbles ou autres systèmes.
  On dit communément : ***«les plombs ont sauté»***
  Car les premiers dispositifs de sécurité étaient des fils de plomb qui fondaient si la consommation des appareils était trop importante.









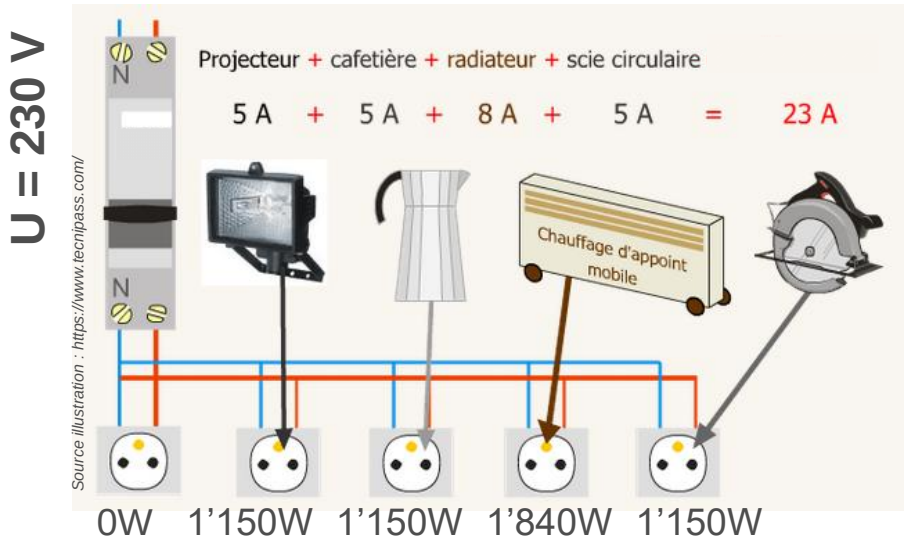


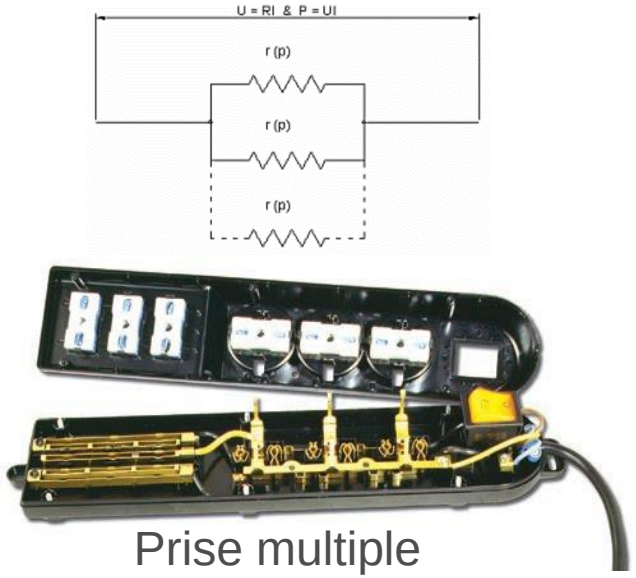
(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Calculs

- Dans un circuit d'alimentation d'appareils tel un atelier, un bureau, chez soi, etc. les branchements sont en parallèles :





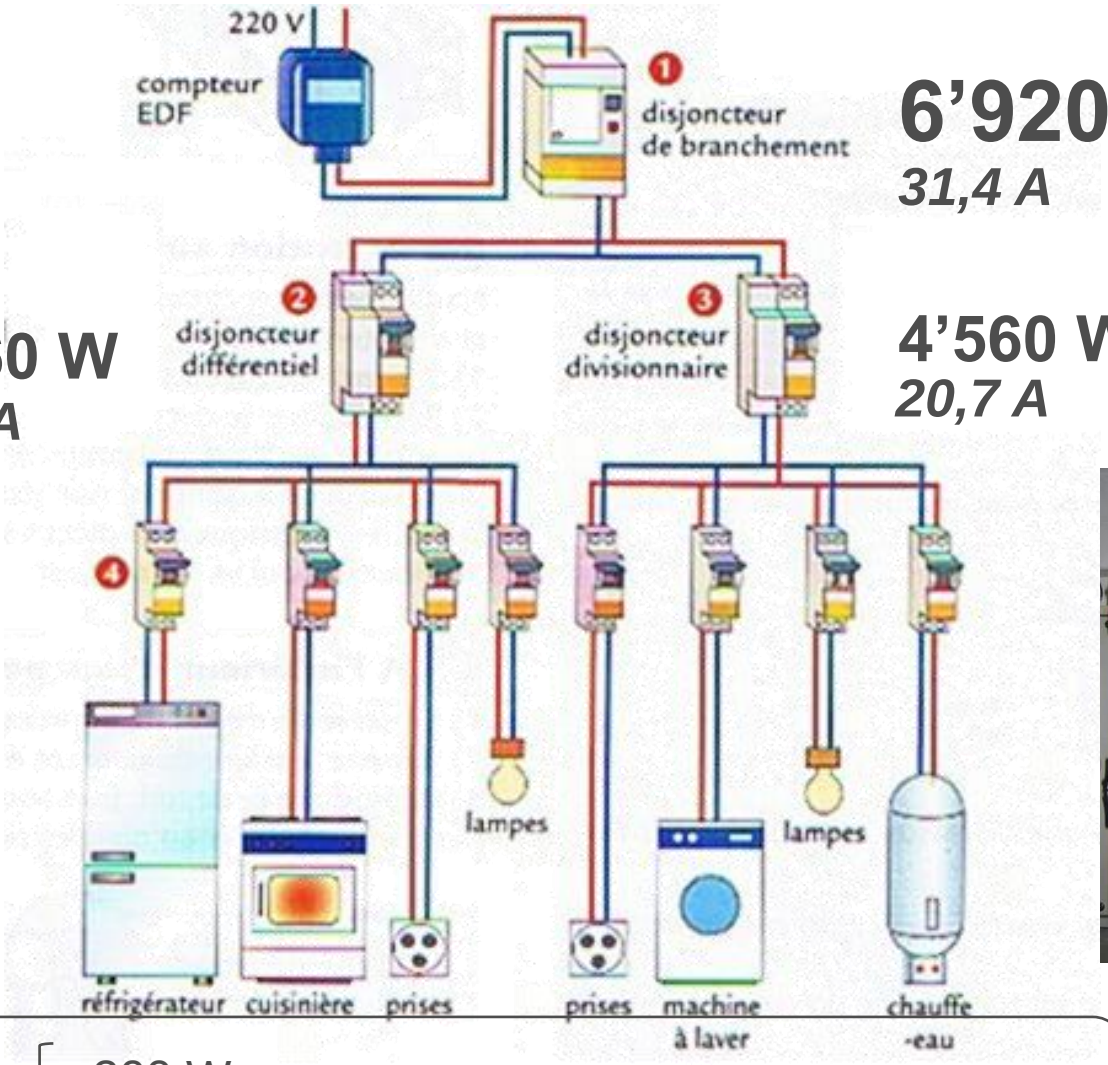
Prise multiple

- Les intensités de chaque consommateur résistif s'ajoutent
  - $I_{tot} = 5 + 5 + 8 + 5 = 23$ A
- Les puissances de chaque consommateur résistif s'ajoutent
  - $P_{tot} = 1'150 + 1'150 + 1'840 + 1'150 = 5'290$ W

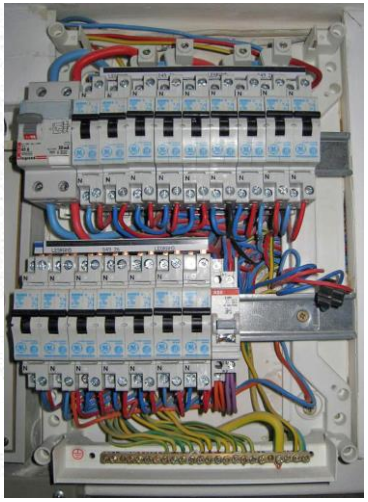
(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Schéma d'un réseau électrique



Source plan : http://clausschimphycol.chez-alice.fr/installation3.htm



Puissances : 300 W, 60 W, 60 W, 2'000 W, 2'500 W, 2'000 W

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

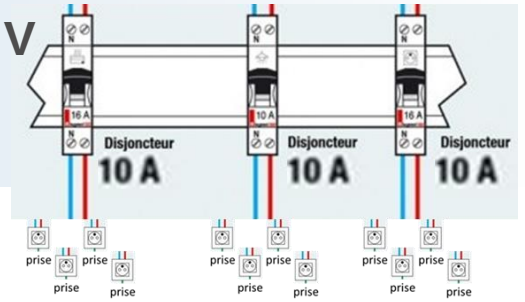
EXERCICES



(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Exercices



A. Soit un appartement disposant de trois réseau de 230 V indépendants (un par phase) supportant chacun 10 A et protégés par un disjoncteur.
Quelle est la puissance maximale que chaque réseau peut délivrer ?

B. Combien d'ampoules de 60 W peut-on installer sur un des réseaux de 10 A ci-dessus (tension 230 V) ?

C. Dans une vitrine, on dispose d'un réseau électrique 230 V supportant 10 A.
Quatre appareils électriques d'une puissance de 365 W chacun sont déjà installés. Combien de spots de 60 W peut-on encore brancher sans surcharger le réseau ?

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

La bouilloire

- Dans votre cuisine, vous avez une bouilloire électrique de 1,5 kW branchée sur votre prise de 230 V

a) Quel est le courant traversant votre bouilloire ?

b) Si votre bouilloire met 3 minutes pour faire bouillir 100 millilitres d'eau, quelle énergie a-t-elle consommée ?

(En [kWh] et en [J])

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

L'imprimante

- Sur votre imprimante, vous trouvez les inscriptions suivantes : 230 V et 0,1 A

a) Quelle est la puissance lors de l'impression ?

b) Si le tarif est de 25 cts/kWh, quel sera le coût de la consommation électrique de cette imprimante si elle imprime 4 heures ?

Coût exprimé en centime arrondi au dixième.

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Le gamer

Vous jouez sur votre console 2x 4h ce week-end.

La consommation de votre console est de 160 W, la consommation de votre TV est de 200 W.

Le tarif de consommation électrique est de : 25 cts / kWh.

Combien vous coûtera la consommation électrique de votre séance de jeu ?

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch

Pleine lumière

Lors d'une exposition, vous installez les luminaires suivants :

- 12 tubes fluorescents de 60 [W] ;
- 24 spots de 100 [W].

Les luminaires sont raccordés sur un réseau 230 [V].

A. Quel est le courant de mon installation (en [A] au dixième) ?

B. De combien de réseaux de 10 [A] a-t-on besoin ?

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch



QUESTIONS / RÉPONSES ?

(cc) BY-NC-ND

johann.sievering@edu.ge.ch