

ÉLECTRICITÉ EN RÉGIME CONTINU

Ce document n'est pas un document de cours complet, il présente les notions qui seront exploitées et complétées lors des TP.

Table des matières

1 - Les règles à respecter.....	3
1.1 - Faire la différence entre lettres Majuscule et minuscule : Convention d'écriture.	3
1.2 - Flèche I et U : Convention d'orientation.....	3
2 - Régime continu (DC).....	4
3 - Comment savoir si un signal est continu ?.....	4
4 - Caractéristique électrique des dipôles & Modélisation.....	6
4.1 - Définir la caractéristique électrique d'un dipôle.....	6
4.2 - Comment obtenir la caractéristique électrique d'un dipôle ?.....	6
4.3 - Comment modéliser la caractéristique électrique d'un dipôle ?.....	6
4.4 - Point de fonctionnement d'une association Générateur/ Charge.....	8
5 - Étude d'un circuit électrique.....	9
5.1 - Lois de Kirchhoff.....	9
5.2 - Association de résistances & ponts diviseurs.....	10
5.2.1 - Association série.....	10
5.2.2 - Diviseur de tension.....	10
5.2.3 - Association parallèle.....	10
5.2.4 - Diviseur de courant.....	10
5.3 - Méthode pour étudier un circuit électrique.....	11
6 - Puissance et énergie.....	12
6.1 - Rappel 1 : Relation entre la puissance et l'énergie.....	12
6.2 - Rappel 2 : Bilan de puissance d'un circuit électrique.....	12
6.3 - Mesurer la Puissance en régime continu.....	12
6.4 - Mesurer la production ou la consommation : convention d'orientation.....	13
6.5 - Capacité et énergie d'une batterie.....	13

Dans tout le document lorsqu'on parle d'un *signal électrique*, on parle d'un courant (noté souvent i) ou d'une tension (notée souvent u)

1 - LES RÈGLES À RESPECTER.

1.1 - FAIRE LA DIFFÉRENCE ENTRE LETTRES MAJUSCULE ET MINUSCULE : CONVENTION D'ÉCRITURE.

Un signal électrique écrit en minuscule évolue au cours du temps

un signal électrique écrit en majuscule n'évolue pas au cours du temps – il est constant

« i » : le courant noté i est écrit en lettre minuscule,
il a une valeur qui change tout le temps,
on ne peut pas parler de « la valeur du courant i », puisqu'elle change tout le temps.

« I » : le courant noté I est écrit en lettre majuscule,
sa valeur ne change pas au cours du temps.

tension réseau « u »

la tension du réseau est de forme sinusoïdale, sa valeur change donc tout le temps,
donc cette tension est notée en lettre minuscule.

Par contre sa valeur efficace ($U=230V$) ne change pas,
donc on la note U en lettre majuscule.

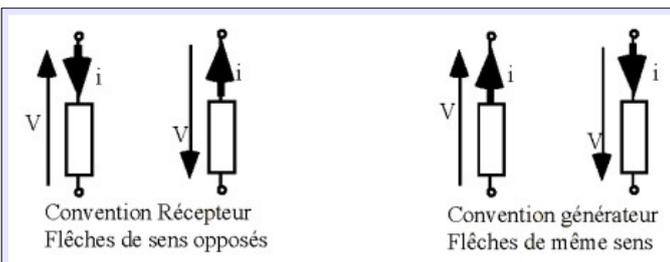
La valeur efficace U est une « grandeur caractéristique » (comme la fréquence) de la tension du réseau u .

1.2 - FLÉCHER I ET U : CONVENTION D'ORIENTATION.

On peut choisir les sens de la tension et du courant dans un dipôle comme on veut.

Les valeurs de la tension et du courant sont algébriques : elles ont un signe >0 ou <0 .

Mais une fois fléchés, il faut savoir si le dipôle est en convention générateur ou récepteur.



La convention d'orientation permet de savoir dans quel sens circule la puissance électrique.

En général, on oriente les sources en convention générateur et les autres composants en convention récepteur.



2 - RÉGIME CONTINU (DC)

En régime continu, tous les signaux électriques (tous les courants, toutes les tensions) sont constants : ils n'évoluent pas au cours du temps.

En régime continu, tous les signaux électriques sont écrits en lettres majuscules.

Savez vous ce qu'est un chronogramme ?

Savez vous tracer le chronogramme d'une grandeur électrique en régime continu ?

Pour être en régime continu, il faut des sources continues, et des dipôles de type résistances, inductances ou condensateurs (dipôles RLC) dans le montage.

S'il y a des transistors ou thyristors, on n'est pas sûr d'être en régime continu.

3 - COMMENT SAVOIR SI UN SIGNAL EST CONTINU ?

Avec un oscilloscope, on peut observer le chronogramme d'un signal : à vu d'oeil on peut dire si le signal est continu.

Mais pour mesurer à quel point un signal est continu, il faut utiliser un multimètre. Il faut relever sa valeur moyenne et sa valeur efficace. Avec ses 2 grandeurs, il faut calculer le taux d'ondulation (TOD) et le facteur de forme (FF).

Les valeurs « idéales » du TOD et du FF d'un signal continu sont données dans le tableau ci dessous.

signal électrique périodique noté s (s représente une tension ou un courant)	Valeurs pour un signal continu « idéal »
Mesure : valeur moyenne notée S_{DC} c'est la composante continue du signal	$s = S_{DC}$ à tout instant, le signal est égal à sa valeur moyenne
Mesure : valeur efficace notée S_{AC+DC} en anglais « True Root Mean Square » TRMS	$S_{AC+DC} = S_{DC}$
Mesure : valeur efficace de l'ondulation S_{AC} c'est la valeur efficace du signal sans sa composante continue en anglais RMS si l'appareil ne peut pas la mesurer, on la calcule grâce à la relation : $S_{AC+DC}^2 = S_{DC}^2 + S_{AC}^2$	$S_{AC} = 0$



Calcul : taux d'ondulation $TOD = \frac{S_{AC}}{S_{DC}}$ exprimé en %	$TOD = 0$ %
Calcul : facteur de forme $FF = \frac{S_{AC+DC}}{S_{DC}} \geq 1$ nombre $FF = \sqrt{1 + TOD^2}$	$FF = 1$

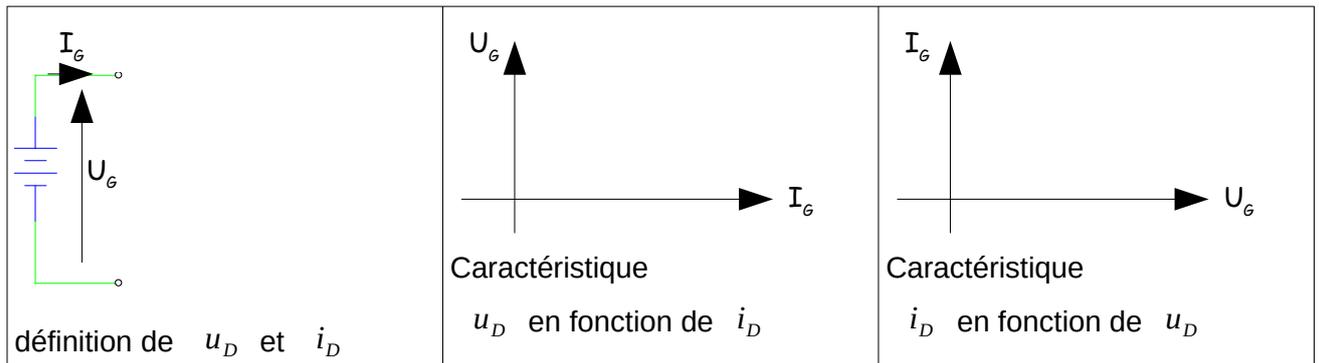
Mais il est rare qu'un signal soit parfaitement continu ($TOD > 0$ %) alors on doit se fixer un seuil pour le TOD (par exemple 3%), en dessous de ce seuil, on considère le signal comme continu.

4 - CARACTÉRISTIQUE ÉLECTRIQUE DES DIPÔLES & MODÉLISATION.

4.1 - DÉFINIR LA CARACTÉRISTIQUE ÉLECTRIQUE D'UN DIPÔLE.

Il faut d'abord orienter le dipôle (en récepteur ou en générateur), pour définir sa tension u_D et son courant i_D .

La caractéristique électrique est une courbe qui donne les variations de u_D en fonction de i_D ou de i_D en fonction de u_D .



4.2 - COMMENT OBTENIR LA CARACTÉRISTIQUE ÉLECTRIQUE D'UN DIPÔLE ?

Pour tracer la caractéristique électrique d'un générateur, il faut pouvoir modifier le courant que débite le générateur, sans dépasser sa valeur maximale.

Pour tracer la caractéristique électrique d'un récepteur, il faut pouvoir modifier la tension aux bornes du récepteur, tout en veillant à ne pas dépasser le courant max supporté par le dipôle.

Vous trouverez les montages à utiliser sur internet.

4.3 - COMMENT MODÉLISER LA CARACTÉRISTIQUE ÉLECTRIQUE D'UN DIPÔLE ?

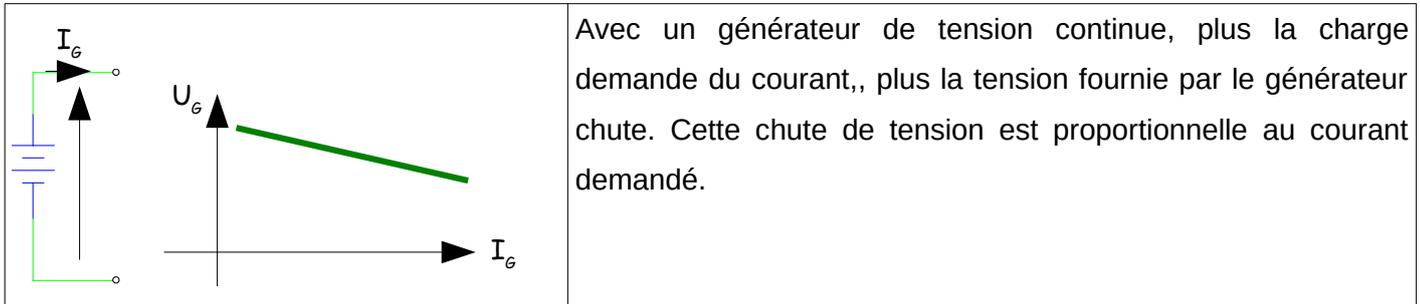
Modéliser consiste à trouver l'équation mathématique de la courbe, et à donner un sens « physique » à cette équation.

Un dipôle sera dit « actif » si sa caractéristique ne passe pas par l'origine.

Dans le cas contraire, le dipôle est « passif ».

Un dipôle sera dit « linéaire » si sa caractéristique électrique est une droite linéaire.

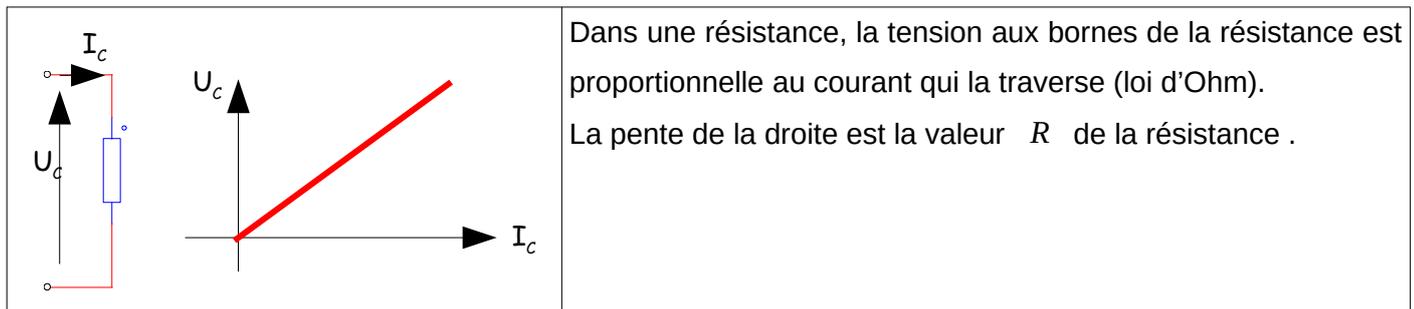
Une source de tension continue est capable de fournir sa tension quelque soit le courant que demande sa charge. C'est un composant idéal, qui n'existe pas dans la réalité.



On appelle « force électromotrice » (« fem » notée E_G) la tension à vide du générateur (ordonnée à l'origine).

On modélise la chute de tension par une résistance appelée « résistance interne du générateur » (notée R_G , c'est la pente de la droite).

Le « modèle de Thévenin » du générateur est l'association en série de E_G et de R_G .



Un condensateur se comporte comme interrupteur ouvert.

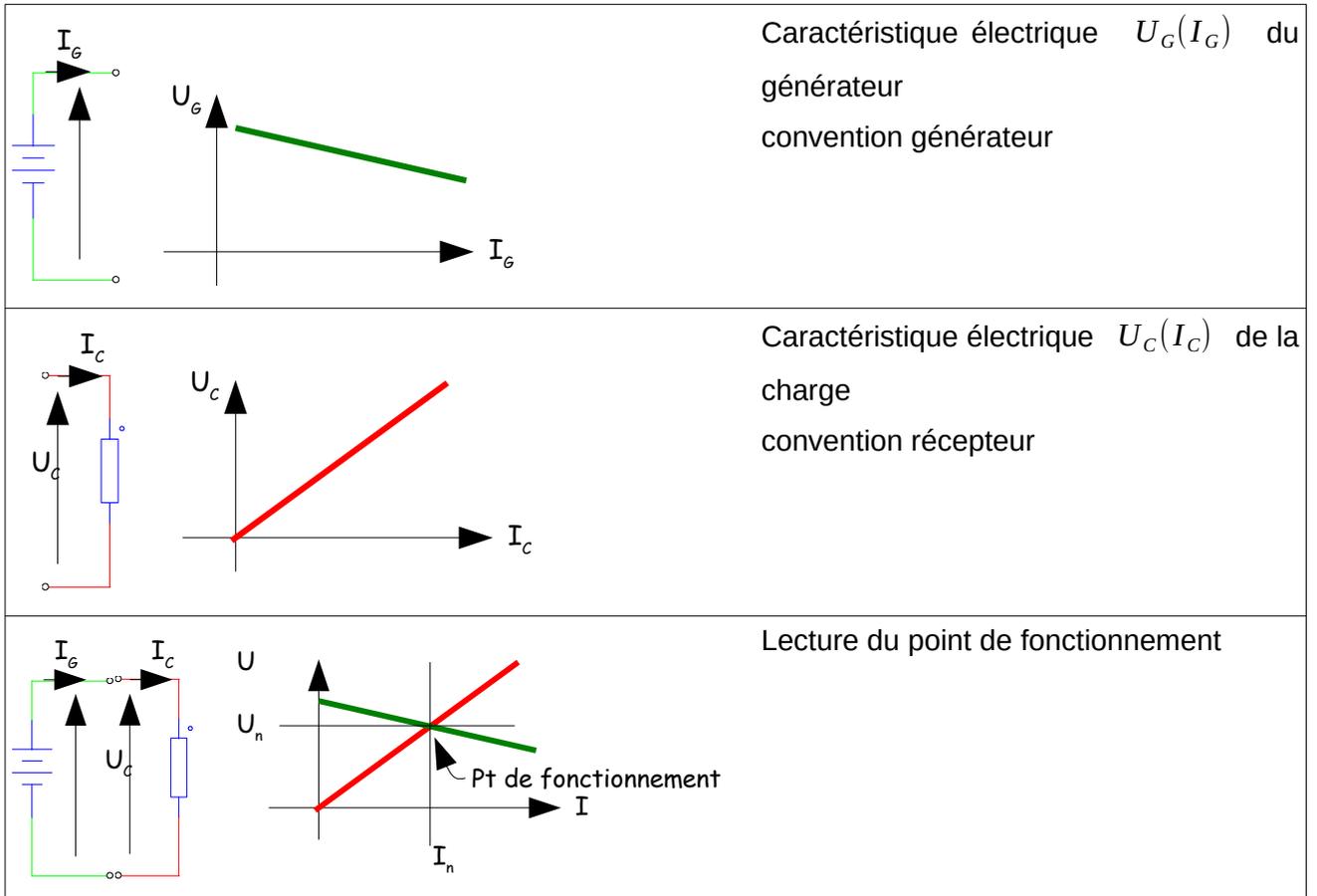
Une inductance se comporte comme un interrupteur fermé.

Les interrupteurs statiques (diodes, thyristors, transistors) se comportent soit comme un interrupteur ouvert (état bloqué « OFF »), soit comme interrupteur fermé (état passant « ON »).

Leur état dépend des conditions d'alimentation et de leur commande, pour l'instant on vous donnera ces informations.

4.4 - POINT DE FONCTIONNEMENT D'UNE ASSOCIATION GÉNÉRATEUR/ CHARGE.

Lorsqu'un générateur alimente une charge, le point de fonctionnement (tension et courant aux bornes de la charge et fournis par le générateur) est le point d'intersection des caractéristiques électriques du générateur (en convention générateur) et de la charge (en convention récepteur).



Si les 2 caractéristiques ne se croisent pas, cela veut dire qu'il ne faut pas brancher directement la charge au générateur, sous peine de détruire un des dipôles.

Si la caractéristique du générateur $U(I)$ est au dessus de celle de la charge, il faut placer entre les 2 une résistance R_p pour faire chuter la tension (cela permet d'augmenter la pente de la caractéristique du générateur $R_G + R_p$).

Cette résistance est appelée « résistance de polarisation ».



5 - ÉTUDE D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE.

5.1 - LOIS DE KIRCHHOFF.

L'application des 3 lois de Kirchhoff permet d'étudier n'importe quel circuit électrique.

Loi des nœuds : « la somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants partants de ce nœud ».

exemple : $I_1 + I_2 = I_3$

Loi des mailles : « la somme des tensions le long d'une maille orientée est nulle ».

Si la tension est dans le sens de la maille, on la compte « + », si elle est dans le sens opposé, on la compte « - »

exemple : $U_1 - U_2 + U_3 = 0$

Loi d'Ohm : « aux bornes d'une résistance orientée en convention récepteur, la tension est proportionnelle au courant. »

on peut écrire : $U = R \times I$ où R est la résistance en Ohm (Ω)

Cette relation montre qu'une résistance traversée par un courant I fait chuter la tension.

on peut écrire aussi $I = G \times U$ où G est la conductance en Siemens (S)

La conductance est l'inverse de la résistance : $G = 1/R$.

Cette relation montre qu'une résistance soumise à une tension U limite le courant qui la traverse.



5.2 - ASSOCIATION DE RÉSISTANCES & PONTS DIVISEURS.

Les relations présentées découlent de l'application des 3 lois de Kirchhoff, elles permettent de gagner du temps quand elles peuvent s'appliquer dans l'étude des circuits électriques.

5.2.1 - ASSOCIATION SÉRIE.

Deux résistances sont en série si elles sont dans la même branche (et donc parcourues par le même courant).

En série on ajoute les résistances : $R_{eq} = \sum R$ (Σ « somme »)

5.2.2 - DIVISEUR DE TENSION.

Un diviseur de tension (DDT) est une association de résistances en série.

La tension aux bornes d'une résistance d'un DDT a pour expression :

$$U_k = \frac{R_k}{\sum R} \times U \quad \text{- pour appliquer cette relation il faut connaître } U$$

Dans un diviseur de tension, le rapport des tensions est égal au rapport des résistances.

5.2.3 - ASSOCIATION PARALLÈLE.

Deux résistances sont en parallèle si elles sont branchées entre les 2 mêmes nœuds (et donc soumises à la même tension).

Quand des résistances sont en parallèle, on travaille avec leur conductance G (en Siemens – S)

En parallèle on ajoute les conductances : $G_{eq} = \sum G$

puis on calcule la résistance $R_{eq} = 1/G_{eq}$

5.2.4 - DIVISEUR DE COURANT.

Un diviseur de courant (DDC) est une association de résistances en parallèle.

Le courant traversant une des résistances a pour expression :

$$I_k = \frac{G_k}{\sum G} \times I \quad \text{- pour appliquer cette relation il faut connaître } I$$

Dans un diviseur de courant, le rapport des courants est proportionnel au rapport des conductances.

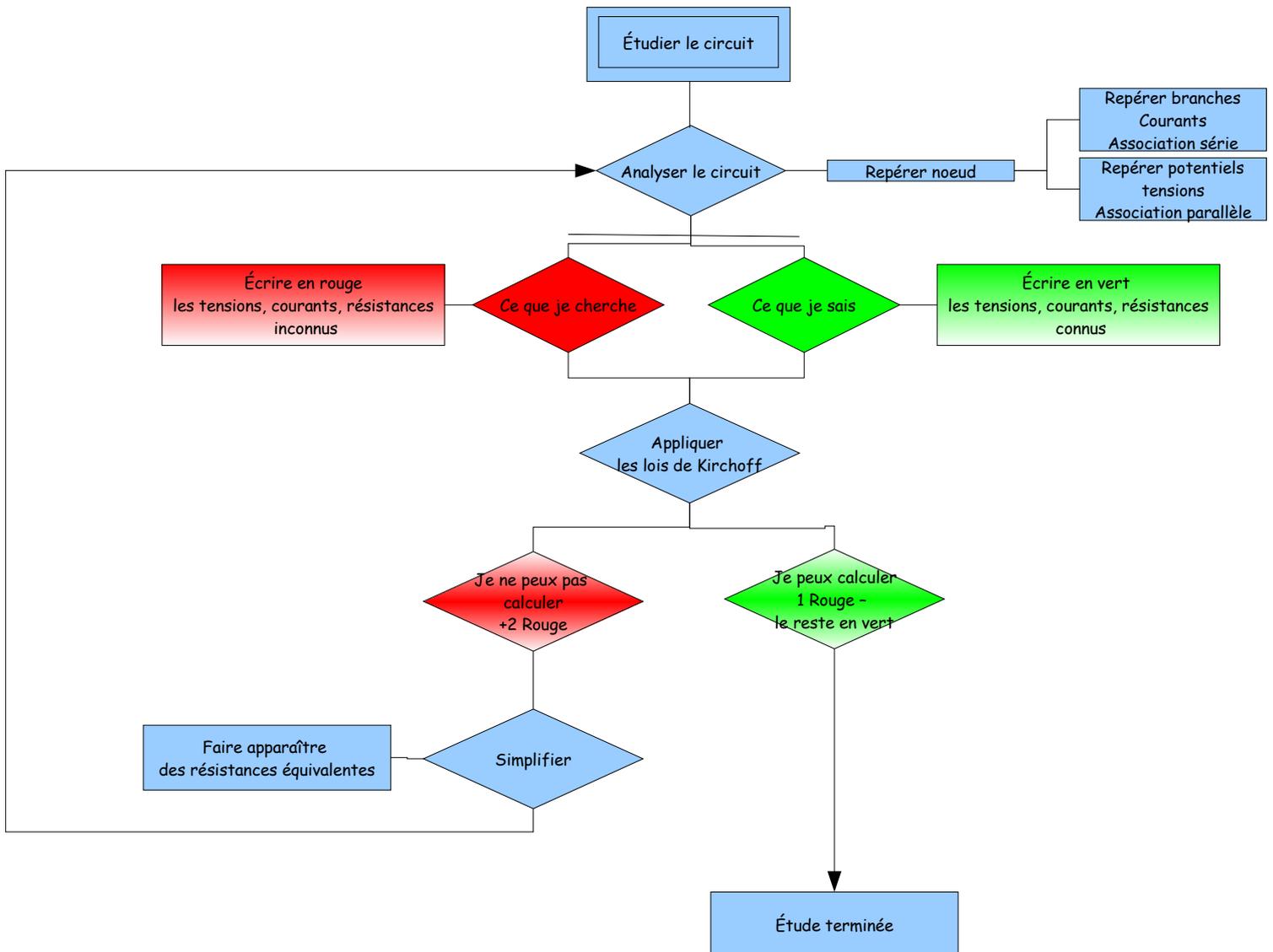
5.3 - MÉTHODE POUR ÉTUDIER UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE.

Étudier un circuit électrique veut dire calculer tous les courants et toutes les tensions.

Pour cela il faut :

- repérer les associations série et parallèle (« analyse du circuit »)
- différencier les grandeurs connues (à écrire en vert) et celles inconnues (à écrire en rouge)
- utiliser les relations d'association de dipôles pour « simplifier » le circuit.

La méthode proposée est la suivante :





6 - PUISSANCE ET ÉNERGIE.

6.1 - RAPPEL 1 : RELATION ENTRE LA PUISSANCE ET L'ÉNERGIE.

La puissance est le débit d'énergie (variation d'énergie sur le temps) , mathématiquement la

puissance est la dérivée de l'énergie par rapport au temps : $P = \frac{dE}{dt}$

La puissance se mesure en Watt (W).

L'énergie se mesure en Joule (J).

En électricité, on mesure l'énergie en kW.h.

$$1\text{kW.h} = 3600000\text{J} = 3,6\text{MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

6.2 - RAPPEL 2 : BILAN DE PUISSANCE D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE.

La puissance électrique produite par les sources est consommée entièrement par les charges du circuit électrique.

Les charges transforment cette puissance électrique en un autre type de puissance.

Une résistance transforme la puissance électrique intégralement en chaleur (« effet Joule ») : d'après la loi d'Ohm, la puissance dissipée par une résistance (convention récepteur) a pour expression :

$$P_J = R \times I_R^2 = U_R^2 / R$$

Les moteurs transforment la puissance électrique en puissance mécanique, et en chaleur (pertes).

Les lampes transforment la puissance électrique en puissance lumineuse, et en chaleur (pertes).

6.3 - MESURER LA PUISSANCE EN RÉGIME CONTINU.

On ne mesure pas la puissance en régime continu mais on la calcule avec la relation :

$$P = U_{DC} * I_{DC} .$$

A l'aide d'un multimètre, il faut mesurer :

U_{DC} valeur moyenne de la tension aux bornes du dipôle en V

I_{DC} valeur moyenne du courant traversant le dipôle en A.



6.4 - MESURER LA PRODUCTION OU LA CONSOMMATION : CONVENTION D'ORIENTATION.

Selon la convention d'orientation choisie et le signe de P qu'on mesure, on peut déterminer si un dipôle produit ou consomme de la puissance électrique.

Convention générateur	$P > 0$ le dipôle produit P	$P < 0$ le dipôle ne produit pas le dipôle consomme -P
Convention récepteur	$P > 0$ le dipôle consomme P	$P < 0$ le dipôle ne consomme pas le dipôle produit -P

6.5 - CHARGE, CAPACITÉ ET ÉNERGIE D'UNE BATTERIE.

Une batterie est comme un « super condensateur » : elle stocke une importante quantité de charges électriques Q_B (exprimée en Coulomb – C -).

La tension à ses bornes est noté U_B .

La batterie est caractérisée par sa capacité C_B exprimée en A.h.

Une batterie de téléphone de capacité 4000mA.h veut dire qu'elle est capable de fournir un courant $I=4000\text{mA}=4\text{A}$ pendant 1h.

Cette capacité est en fait la charge stockée Q puisque $I = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow \Delta Q_C = I_A \times \Delta t_s$.

La charge stockée par la batterie de 4000mA.h est $Q_B = 4 \text{ A} * 3600 \text{ s} = 14400 \text{ C}$:

$$Q_{B-C} = C_{B-A.h} * 3600$$

L 'énergie disponible est $E = P \times t = U_B \times I \times t \Rightarrow E = U_B \times Q$

l'énergie disponible par la batterie est $E = 5 \text{ V} * 14400 \text{ C} = 72000 \text{ J}$ soit $E = 5 \text{ V} * 4 \text{ A} . h = 20 \text{ W} . h$