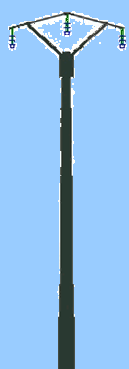
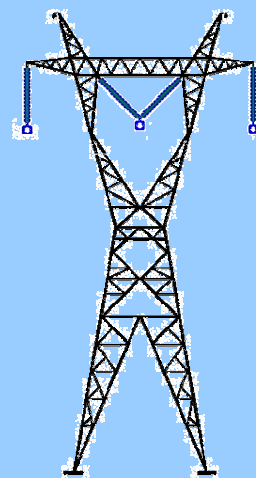
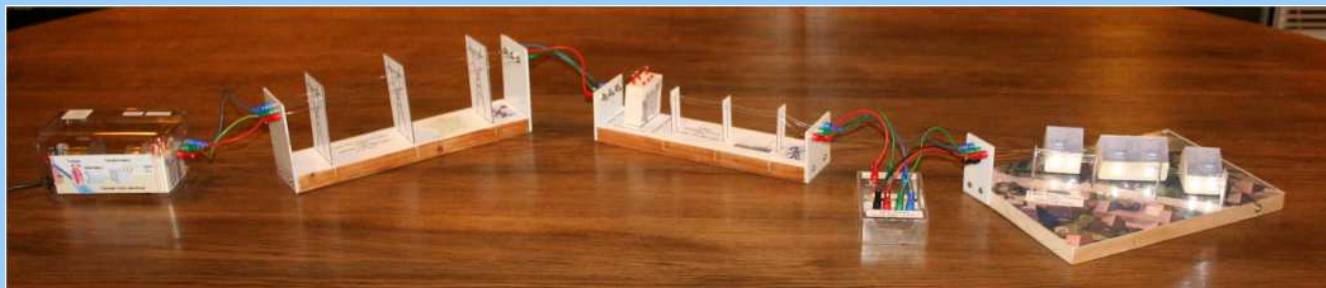


Alain ROBERT

Réseau électrique



Le transport de l'énergie électrique
depuis la centrale électrique
jusqu'à la maison de
Monsieur Toulemonde



Fabrication et utilisation de la maquette



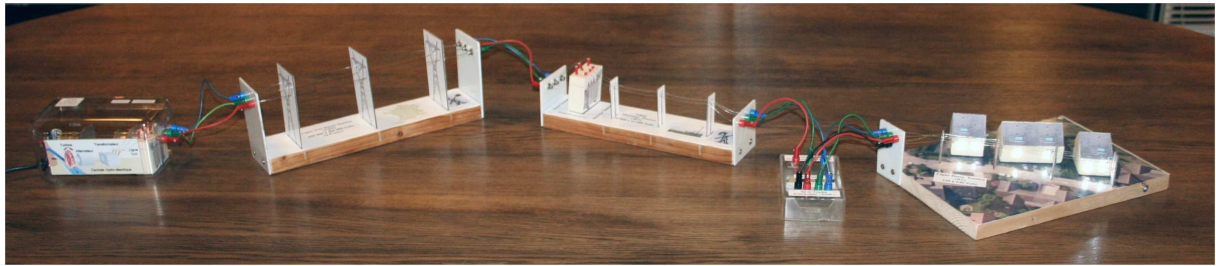
Attention : Ce document est déposé.

Son usage est libre dans tous les
établissements d'enseignement.



Si vous souhaitez le dupliquer sur un site internet ou l'incorporer à une publication (sur papier ou numérique), vous devez obtenir préalablement l'accord de l'auteur ou des auteurs.

Idee : fabriquer une maquette fonctionnelle de réseau de distribution d'énergie électrique, de la centrale à la maison de Monsieur Toulemonde.



Cette maquette peut être le support d'un atelier complémentaire de ceux décrits dans le dossier « Energie », les élèves câblant la maquette au fur et à mesure des explications données par l'animateur de l'atelier.

Les différents éléments :

La centrale électrique produisant un courant alternatif triphasé (comme dans la réalité) et son transformateur de sortie.



La ligne
Très Haute Tension (THT)

Le transformateur THT / MT et la ligne
Moyenne Tension (MT)



Le transformateur de quartier
(MT /BT)

La ligne Basse Tension (BT)
et les maisons



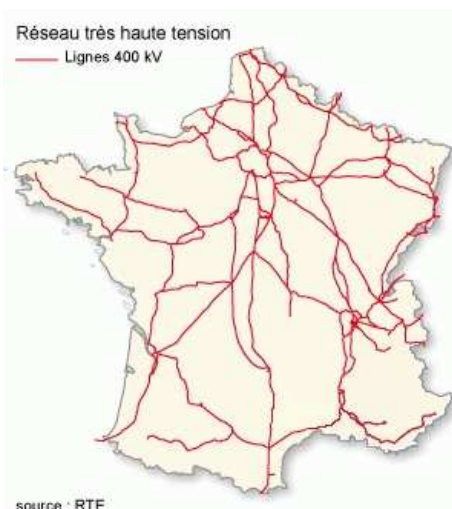
Un peu de théorie très simplifiée (pour les adultes) :

Les centrales électriques produisent du courant alternatif triphasé. Pourquoi ?

Alternatif ?

Si une centrale produisait du courant continu, par exemple sous une tension de 220 Volts, on pourrait très bien alimenter des maisons (aux appareils adaptés au courant continu)...
... à condition que ces maisons soient toutes proches (quelques kilomètres au plus) de la centrale. Imaginez, pour alimenter Aix-en-Provence, une centrale nucléaire Cours Mirabeau !
Pas très coquet, et de plus lors des opérations de maintenance ou de rechargement en combustible, la ville serait privée d'électricité pendant des jours et des jours !

Pour pouvoir transporter l'énergie électrique sur de longues distances sans trop de pertes et interconnecter les centrales, il faut travailler en haute, voire très haute tension (250 000 ou 400 000 Volts en France), puis revenir localement à des valeurs plus raisonnables pour alimenter les maisons (220 à 240 Volts). Le courant alternatif permet cela grâce aux transformateurs qui élèvent ou abaissent la tension avec un très bon rendement. L'interconnexion des centrales permet d'assurer la continuité de l'alimentation des villes et villages même si la centrale voisine est en arrêt pour entretien ou réparation.



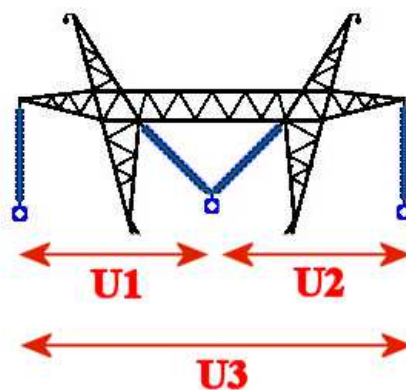
Nota : les progrès récents de l'électronique de puissance autorisent aujourd'hui les mêmes performances en courant continu.

Triphasé ?

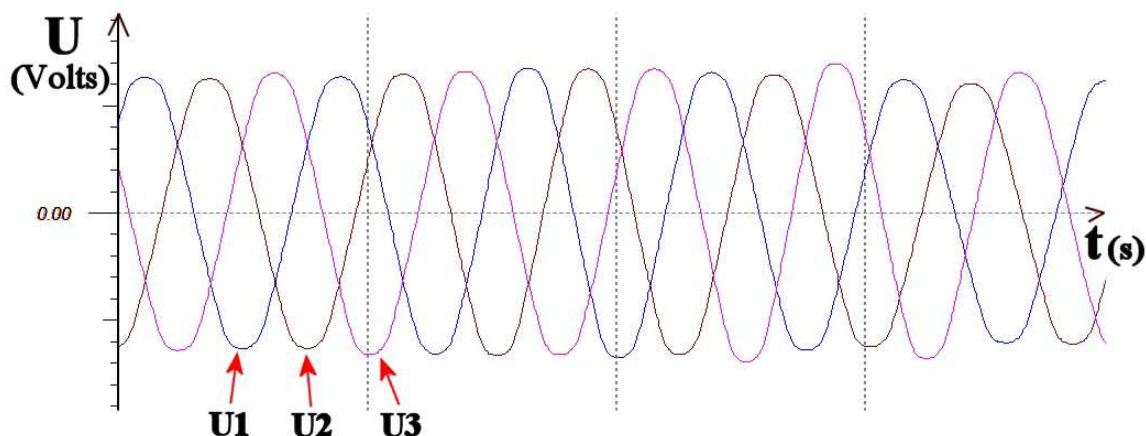
Pour aller de la pile (la centrale) à la lampe (la maison), il faut deux fils...

Donc, si l'on fabrique trois courants, il faudra $3 \times 2 = 6$ fils...

Les ingénieurs électriciens se sont aperçus que s'ils fabriquaient trois courants alternatifs soigneusement décalés dans le temps ($1/3$ de période), ils pouvaient les transporter sur seulement 3 fils à condition que les trois courants soient égaux (on parle de phases équilibrées), ce qui permet de grosses économies sur les lignes de transport de l'électricité (nombre de fils divisé par deux). Chaque fil sert pour deux phases.



A l'arrivée dans le quartier ou le village, il faudra séparer ces trois courants pour alimenter les maisons. Là encore un transformateur sera mis à contribution.



Que ceux ou celles qui veulent en savoir plus se reportent à leur livre de Physique préféré !

Construction de la maquette

1—La centrale

Il vous faut un alternateur triphasé et un moteur électrique fonctionnant sur courant continu pour l'entraîner. Pas de panique, cela ne devrait rien vous coûter !

Alternateur : les disques durs, les lecteurs de CD ou de DVD de vos ordinateurs sont entraînés par des moteurs triphasés qui, comme tous les moteurs électriques deviennent des générateurs électriques si on les entraîne mécaniquement (appareils réversibles).

Il vous suffit donc de récupérer un vieil ordinateur destiné à la casse, de récupérer les disques durs, lecteurs de CD ou DVD et par la même occasion les ventilateurs qui vous fournissent les moteurs pour entraîner vos alternateurs.

Démontez soigneusement les disques durs et lecteurs de CD ou DVD pour récupérer les moteurs.

Ils peuvent être de deux types :



Trois bornes de sortie
Branchement « triangle »

Quatre bornes de sortie
Branchement « étoile »

Le modèle à trois bornes de sortie (branchement « triangle ») sera utilisable pour réaliser la

maquette totale, l'autre modèle à quatre bornes de sortie (branchement « étoile ») pourra être utilisé pour réaliser une maquette simplifiée (centrale, village). Dans les deux cas, si vous les faites tourner rapidement, ils produiront des tensions de l'ordre de deux à quatre volts, suffisantes pour provoquer l'allumage de DEL mais totalement inoffensives.

Pour entraîner cet alternateur, il faudra le coupler à un petit moteur électrique fonctionnant en courant continu basse tension (12 Volts max). Ce peut être un moteur récupéré sur un jouet, un magnétophone à cassette, ou un ventilateur de PC.

A chacun de trouver, en fonction du moteur, du support ou boîtier retenu comment réaliser le couplage. Si vous utilisez un ventilateur de PC, vous pourrez l'alimenter à l'aide d'une alimentation secteur à récupérer elle aussi.

Maquette totale (alternateur triphasé « triangle ») : vous complèterez la centrale par un transformateur triphasé (fictif) réalisé en collant sur un bloc de polystyrène extrudé les photos de transformateur situées à la fin de ce dossier. Le tout sera placé dans un boîtier transparent sur lequel seront fixées les trois bornes de sortie (trois couleurs différentes).

Exemple chez Conrad : ref : 064592-62 [DOUILLE 2MM ISOLEE](#)

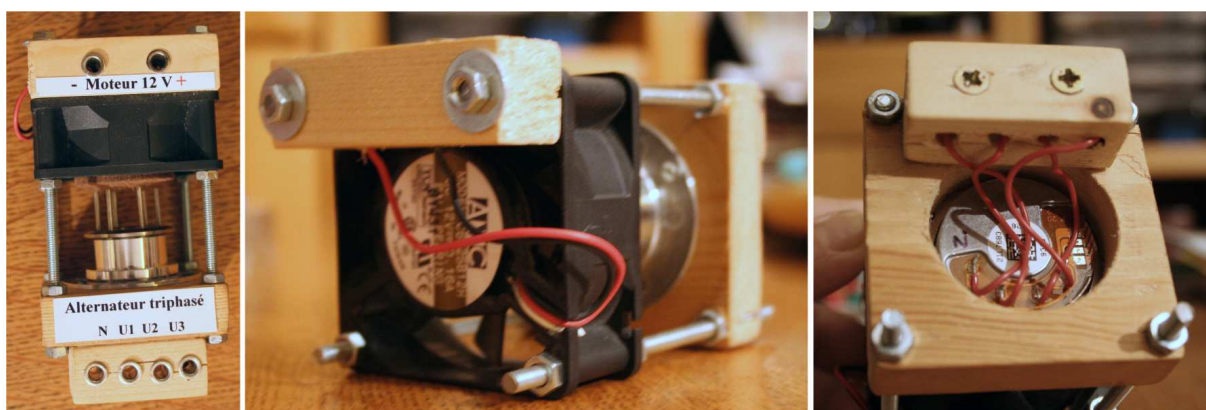
Douilles 2 mm isolées



Couleur: blanc, bleue, jaune, rouge, vert, noire Connexion: borne à souder Diam. prise: 2 mm 0.45€



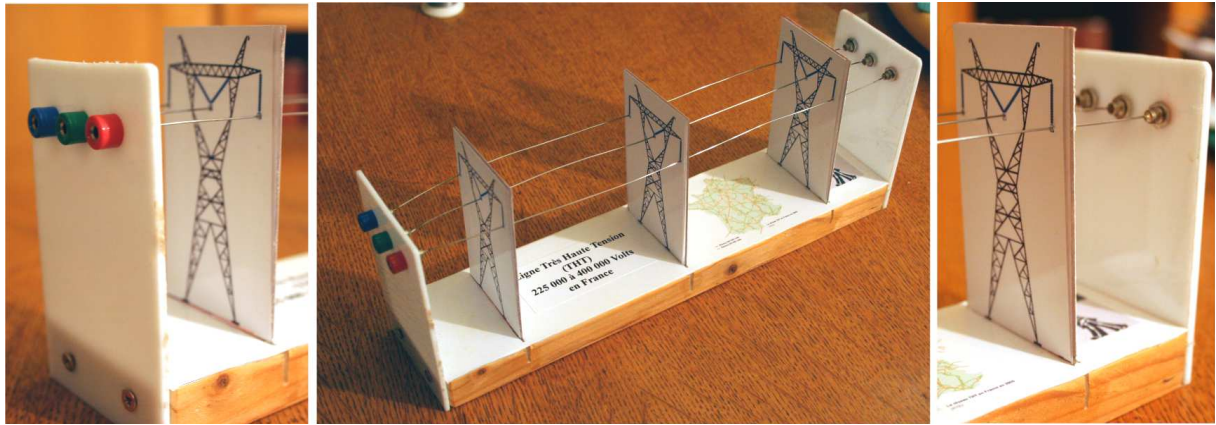
Maquette simplifiée (alternateur triphasé « étoile ») : placée dans un boîtier transparent ou un support sur lequel seront fixées les quatre bornes de sortie.



Dans les deux cas, faites tourner rapidement votre alternateur et vérifiez la tension de sortie à l'aide d'un multimètre : si elle n'est que de 1,5 à 2 Volts, vous devrez utiliser des DEL rouges, si vous dépassez 3 Volts vous pourrez utiliser des DEL blanches.

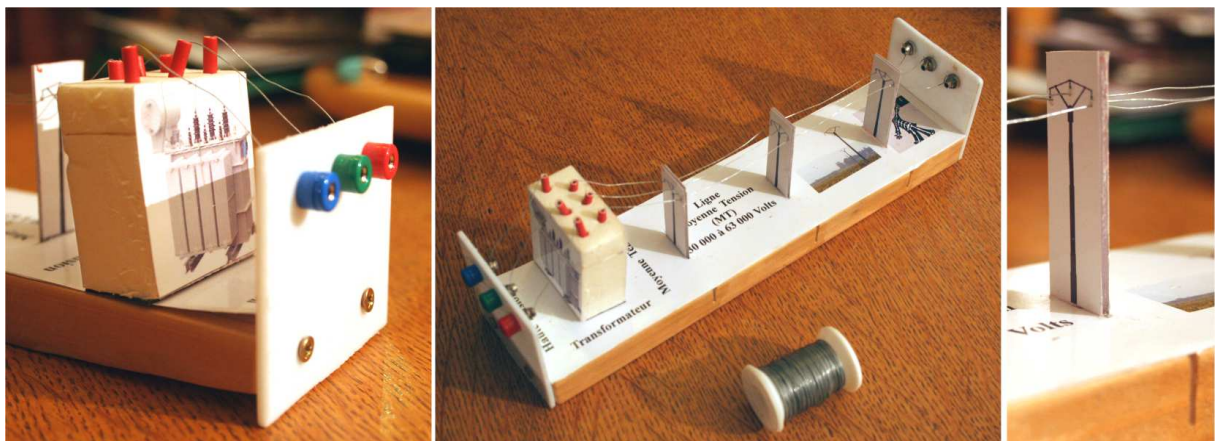
2—Lignes Très Haute Tension et Moyenne Tension

Fabrication des pylônes : découpez des rectangles de plastique transparent (épaisseur 1 à 2 mm) et collez sur une face un dessin de pylône (voir en fin de dossier) puis en travaillant par transparence collez un deuxième dessin sur l'autre face en veillant à ce que les deux dessins se correspondent. Percez ensuite les trous pour le passage des fils.



Fixez les trois pylônes haute tension sur un tasseau dans lequel vous aurez pratiqué des entailles à la scie puis fixez aux deux extrémités des joues plastiques portant les bornes de liaison. Placez les fils électriques (corde à piano) que vous souderez sur les bornes. Pour terminer, collez sur le tasseau, entre les pylônes un titre, la carte des lignes THT et un symbole de danger.

Faites la même chose pour la ligne moyenne tension en ajoutant un transformateur fictif réalisé comme celui de la centrale à l'entrée de la ligne. Pour les fils, utilisez de la corde à piano fine ou du fil d'acier fin, beaucoup plus résistant aux manipulations des enfants que du fil de cuivre.



3—Transformateur de quartier

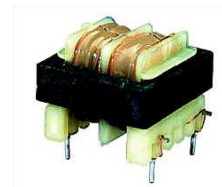
Il s'agit de réaliser un transformateur triphasé qui permette de passer du branchement « triangle » (3 fils) au branchement « étoile » (4 fils) et donc de séparer les trois courants pour pouvoir alimenter les maisons.

Cela pourra être fait en associant trois petits transformateurs

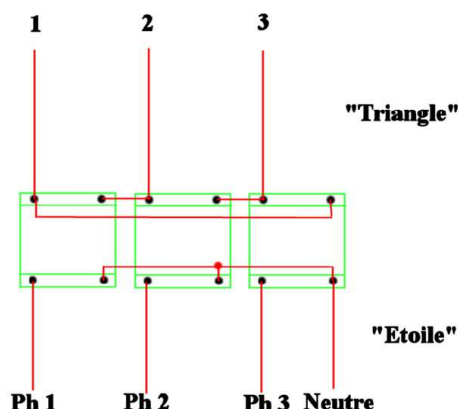
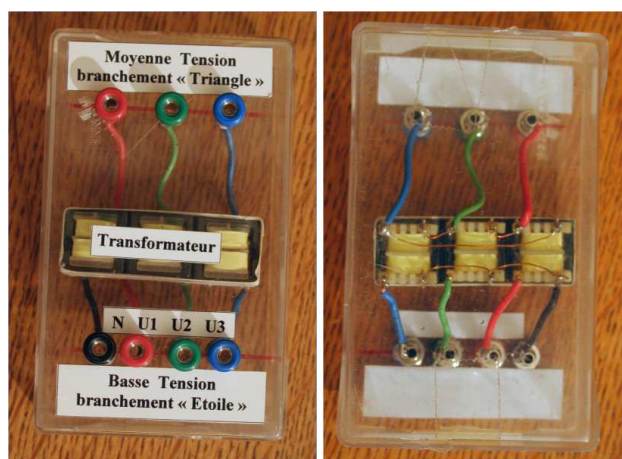
Exemple chez Conrad :

Ref : 516228-62 [TRANSFO MINIATURE 1:3](#)

- Rapport d'enroulement: 1:3
- EAN: 2050000159947 prix : 3.50€



Branchement : les trois enroulements primaires sont câblés en « triangle », les trois secondaires en « étoile »

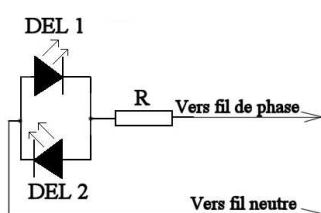
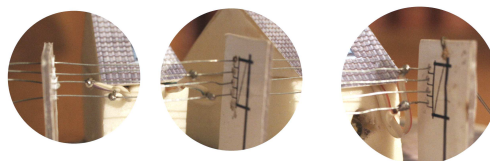
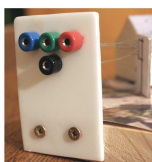


Le tout est installé dans une boîte en plastique transparent avec trois bornes d'un côté (fils 1, 2, 3) et quatre de l'autre côté (fil neutre et trois fils de phase)

4—Ligne Basse Tension et maisons

Il faut maintenant réaliser une maquette de quartier avec une ligne Basse Tension (4 fils) et trois maisons. Chaque maison abrite deux DEL montées « tête-bêche » associées à une résistance de protection (220 Ohms par exemple).

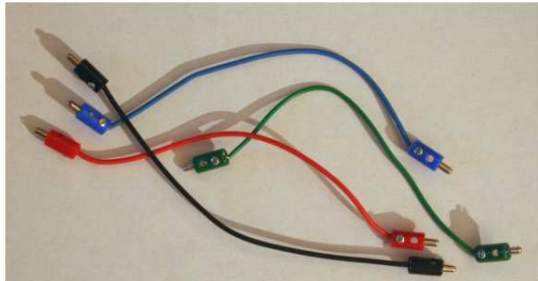
La maison N°1 est branchée sur le fil Phase 1 et sur le fil neutre, la maison N°2 est branchée sur le fil Phase 2 et sur le fil neutre, la maison N°3 est branchée sur le fil Phase 3 et sur le fil neutre.



La ligne Basse Tension est réalisée de la même manière que les lignes THT et MT, les fils sont en acier pour présenter une solidité suffisante.

Pour les maquettes des maisons, à chacun d'improviser suivant son gout.

Il reste à réaliser les fils permettant de relier les différents composants de la maquette en soudant deux fiches mâles 2 mm aux extrémités de fils de 10 à 15 cm de long.



Exemple chez Conrad :

ref : 064611-62

FICHE BANANE MALE 2MM

Connexion: borne à souder

Diam. broche: 2 mm 0.70€

Fiches mâles 2 mm PJP 210



Utilisation de la maquette

Ecole élémentaire :

Présenter la maquette de la centrale, expliquer le problème du transport à grande distance (voir page 4) puis présenter la ligne THT. Expliquer les trois courants sur trois fils (voir page 4).

Demander à un élève (l'ingénieur THT) de relier la ligne THT à la centrale.

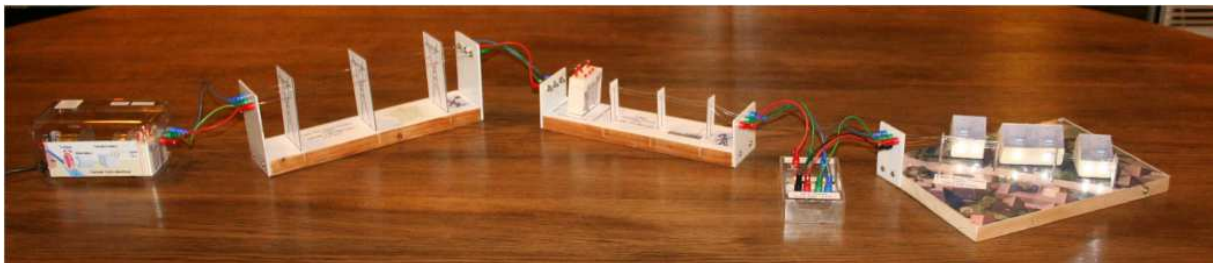
Présenter la ligne MT. Expliquer que cette ligne permet le transport de l'énergie électrique sous une tension intermédiaire (généralement 20 000 Volts) sur des circuits régionaux. Ces lignes sont alimentées à partir des lignes THT par l'intermédiaire de transformateurs THT/MT.

Demander à un élève (l'ingénieur MT) de relier la ligne MT à la ligne THT (transformateur du côté de la ligne THT).

Présenter la maquette des maisons. Expliquer qu'il faut séparer les trois courants et abaisser la tension à 230 Volts. Présenter le transformateur de quartier.

Demander à un élève (l'ingénieur BT) de relier la ligne MT au transformateur, le transformateur à la ligne BT qui alimente les maisons. Faire remarquer que la maison 1 est alimentée à partir du fil de phase 1 et du fil neutre, que la maison 2 est alimentée à partir du fil de phase 2 et du fil neutre, etc.

Demander à un élève (l'ingénieur production) de mettre la centrale en fonctionnement.



On pourra, pendant le fonctionnement, débrancher tour à tour les fils de phase pour vérifier que chaque maison dépend de l'un de ces fils.

Nota : la consommation électrique est, sur cette maquette, la même pour chaque maison (2 DEL par maison). Dans ce cas (phases équilibrées), le fil neutre n'est parcouru par aucun courant et peut donc être débranché. Dans la réalité, l'équilibre exact des phases n'est pas réalisé et le fil neutre est alors indispensable.

Pour terminer, on pourra demander aux élèves de repérer dans leur environnement des lignes THT, MT, et des transformateurs de quartier. Les lignes BT récentes sont aujourd'hui enterrées et donc invisibles.

Collège :

Présenter la maquette de la centrale, expliquer le problème du transport à grande distance (voir page 4) puis présenter la ligne THT. Expliquer les trois courants sur trois fils (voir page 4).

Présenter la ligne MT. Expliquer que cette ligne permet le transport de l'énergie électrique sous une tension intermédiaire (généralement 20 000 Volts) sur des circuits régionaux. Ces lignes sont alimentées à partir des lignes THT par l'intermédiaire de transformateurs THT/MT

Présenter la maquette des maisons. Expliquer qu'il faut séparer les trois courants et abaisser la tension à 230 Volts. Présenter le transformateur de quartier.

Demander aux élèves de câbler la maquette en respectant les couleurs.

Faire remarquer que la maison 1 est alimentée à partir du fil de phase 1 et du fil neutre, que la maison 2 est alimentée à partir du fil de phase 2 et du fil neutre, etc.

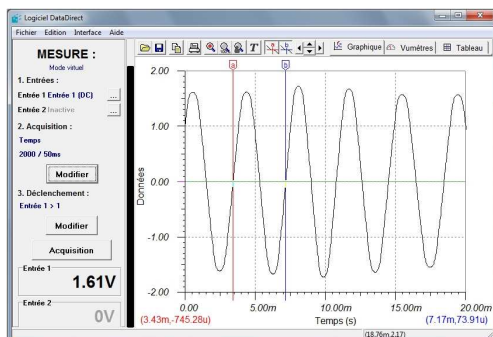
Demander à un élève de mettre la centrale en fonctionnement.

On pourra, pendant le fonctionnement, débrancher tour à tour les fils de phase pour vérifier que chaque maison dépend de l'un de ces fils.

Nota : la consommation électrique est, sur cette maquette, la même pour chaque maison (2 DEL par maison). Dans ce cas (phases équilibrées), le fil neutre n'est parcouru par aucun courant et peut donc être débranché. Dans la réalité, l'équilibre exact des phases n'est pas réalisé et le fil neutre est alors indispensable. Rien n'interdit de surcharger l'une des phases (2 DEL tête-bêche + résistance de protection branchées entre le neutre et une phase à l'aide de pinces crocodile) pour vérifier le fonctionnement avec ou sans fil neutre entre le transformateur et les maisons.

On pourra demander aux élèves de repérer dans leur environnement des lignes THT, MT, et des transformateurs de quartier. Les lignes BT récentes sont aujourd'hui enterrées et donc invisibles.

Si l'on dispose d'oscilloscopes ou mieux de consoles d'EXAO, on pourra étudier une des tensions pour en mesurer la période et la fréquence :



Ici :

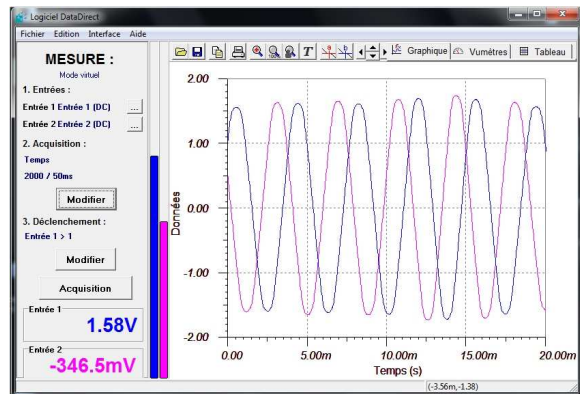
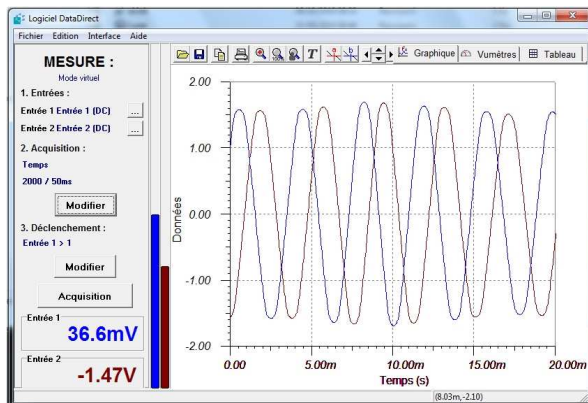
$$T = 7.17 - 3.43 = 3.7 \text{ ms}$$

$$N = 1 / 3.7 \times 10^{-3} = 270 \text{ Hz}$$

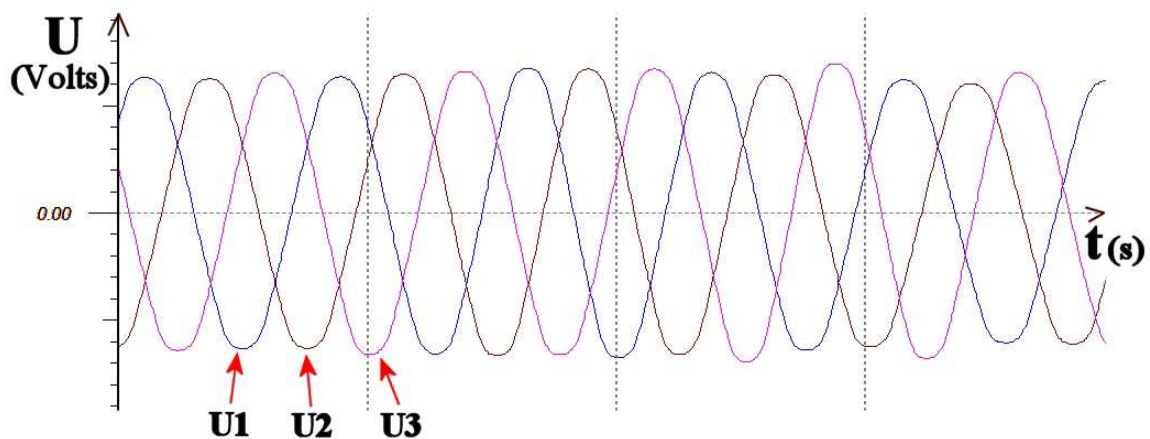
Si l'on veut étudier le courant triphasé, il faudra utiliser un alternateur « étoile » (voir page 5)



Si l'on possède une console d'EXAO ayant au moins trois entrées, on pourra visualiser directement les trois tensions. Dans le cas contraire (Oscilloscope bi-piste ou console d'EXAO à deux entrées, on branchera U1 et U2 puis U1 et U3 en synchronisant à chaque fois sur U1. On pourra alors mesurer le décalage U1/U2 puis U1/U3, les comparer à la valeur de la période et vérifier que les décalages sont de 1/3 de période.



Puis reconstituer le graphique global :



Complément

Si vous avez la chance de pouvoir récupérer un lecteur de disquettes 3,5 pouces, démontez-le soigneusement : contrairement aux moteurs de disques durs ou de lecteurs de CD ou DVD, généralement indémontables sans destruction, ceux des lecteurs de disquettes sont beaucoup plus simples à ouvrir. On peut alors les monter sur une plaque de plexiglass qui permettra de voir la structure interne, puis en y associant un système de démultiplication (poulies dans un rapport de diamètres de 10 à 20) de construire une « centrale électrique » actionnable manuellement.

