

# Cours d'électricité automobile

## ELECTRICITE AUTOMOBILE

Le cours que nous élaborons, et que vous suivez, est le premier que nous faisons, c'est pourquoi nous demandons au lecteur d'être indulgent pour les lacunes, voire les erreurs qui pourraient nous échapper.

Nous espérons que vous n'hésitez pas à demander des éclaircissements si cela vous semble souhaitable.

Nous essayons de construire un cours qui s'adresse à des lecteurs possédant différents niveaux. Une première partie du cours est composée d'exercices (tous obligatoires) et d'une deuxième partie plus ambitieuse pour ceux dont les bases théoriques sont suffisantes (notions électrique). Toutes les séries n'auront pas forcément de deuxième partie.

Par ailleurs nous vous proposerons parfois des références d'ouvrages en relation avec le domaine étudié dans notre cours (voir bibliographie), il est bien entendu que l'achat de tous ces livres n'est pas indispensable, mais que cette liste de livres doit vous permettre en cas de nécessité de choisir un des ces ouvrages pour vous aider dans vos recherches et dans votre cheminement vers des connaissances plus étendues.

### Méthode de travail proposée

Chaque série est composée d'une suite d'exercices qui sont la base de notre cours : il est important de bien suivre un à un le cheminement proposé, c'est-à-dire de bien passer d'un exercice à l'autre comme il est indiqué après la correction de chaque exercice et non de lire la série comme on lit un livre.

De plus quelque soit votre niveau il est important de faire tous les exercices proposés ; si vous rencontrez des difficultés, lors d'un exercice ne vous précipitez pas directement sur la correction ou sur l'exercice suivant, essayez de vous aider d'un livre et de faire l'exercice tout seul ; puis seulement après passez à la correction et analysez votre exercice par rapport au corrigé.

Cette comparaison est plus importante que le résultat lui-même car c'est elle qui vous permet de situer vos difficultés et de progresser rapidement.

Bon courage !

## - EXTRAIT DU PROGRAMME DE L'EXAMEN DE BP/EXP.AUTO. -

. <u>Domaines technologiques</u>	: /	<u>Notions électriques équivalentes :</u>
	/	
Les circuits électriques	: /	Constitution de la matière :
- d'éclairage	/	(Electron ; quantité électrique)
- de signalisation	/	Intensité du courant électrique
- de confort	/	Différence de Potentiel
	/	Résistance ; (Loi d'Ohm)
	/	Assemblage de résistances
	/	Puissance ; (Loi de Joule)
La batterie d'accumulateurs :	/	Electrolyse
- au plomb	/	Loi de Faraday
- au Cadmium-Nickel	/	
Les générateurs dynamiques :	/	
- la dynamo	/	Les dynamos génératrices
- les alternateurs	/	Caractéristiques
(Mono)	/	Courants triphasés
(Triphase)	/	Différents montages
	/	Puissance
	/	Courbes caractéristiques
	/	Réactance ; impédance, inductance
Les systèmes de régulation	/	Les modes d'excitation
	/	Caractéristiques
Les circuits de démarrage	/	Les moteurs à courant continu
	/	Caractéristiques
	/	Modes d'excitation
Les dispositifs d'allumage	/	L'électromagnétisme
	/	Induction ; Courant de Foucault
	/	Création d'une FEM induite (Lenz)
	/	Création d'une force électromagnétique (Loi de Laplace)

. Titres des 14 séries proposées pour cette 2ème année :

- N° 1 : La schématisation
- N° 2 : La batterie d'accumulateurs au plomb (1ère partie)
- N° 3 : La batterie d'accumulateurs au plomb (2ème partie)
- N° 4 : Le circuit d'allumage.
- N° 5 : L'allumeur et ses systèmes d'avance
- N° 6 : La bobine et son évolution
- N° 7 : Les bougies
- N° 8 : Les oscillogrammes
- N° 9 : Le circuit de démarrage
- N°10 : Le démarreur (le moteur)
- N°11 : Le démarreur (le solénoïde)
- N°12 : Le circuit de charge
- N°13 : L'alternateur (mono et tri.)
- N°14 : Les régulateurs

## TEXTE SERIE 1

## ELECTRICITE AUTOMOBILE

- THEME : Le circuit électrique automobile
- Objectif de la série n°1
- Etre capable de :
  - 1 - Schématiser un circuit électrique
  - 2 - Identifier d'après un schéma un ou une partie du circuit électrique
  - 3 - Différencier un circuit électrique en parallèle d'un circuit en série et calculer sa résistance.

1 - Schématisation :

Afin de faciliter la réparation et le diagnostic, les constructeurs proposent dans leurs manuels de réparation les schémas des circuits électriques de leurs différents modèles automobiles. Ces schémas qui reproduisent l'agencement des circuits sont constitués de symboles représentant les différents organes électriques du véhicule automobile.

Malheureusement la symbolisation française n'est pas très rigoureuse d'où parfois la difficulté de lire certains schémas électriques car chaque constructeur possède sa propre symbolisation.

Pour pouvoir travailler avec le même "langage symbolique" je joins une liste non limitative des symboles les plus employés.

1.1 - Exercice de schématisation :

En vous aidant de la liste des symboles fournis page 5 faites un schéma (simple) de circuit de signalisation comprenant une lampe AV, une lampe AR et un commutateur afin d'alimenter l'une ou l'autre des lampes.

Après avoir effectué l'exercice 1.1

Comparez vos résultats avec la correction page 11. Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer à l'exercice suivant.

Par contre si vous avez des difficultés ou vous voulez réviser compulsez ou étudiez la correction expliquée qui suit.

.../...

## 1.2 - Correction expliquée

Rappel / (Notion électrique)

Définition élémentaire du courant électrique :

On appelle courant électrique le déplacement des électrons (e-) entre les pôles (+ et -) d'un conducteur électrique (fil ou récepteur).

Ce courant peut être alternatif : dans ce cas le déplacement d'électrons varie alternativement du pôle (+) vers le pôle (-) : ou continu alors les électrons se déplacent du pôle (-) vers le pôle (+) du circuit électrique.

Remarque : le courant utilisé en automobile est toujours du courant continu. De plus par convention sur les schémas il est dit que dans le circuit le courant se déplace du pôle (+) vers le pôle (-) du générateur (batterie)

Pour permettre la circulation du courant dans un circuit (déplacement d'électrons) il faut prévoir un conducteur de départ (fil électrique) et un conducteur de retour au générateur.

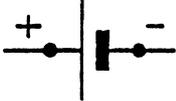
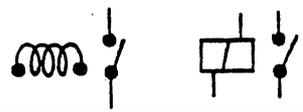
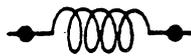
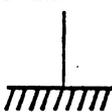
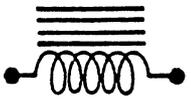
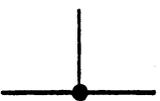
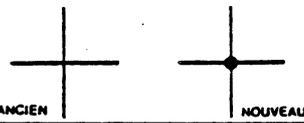
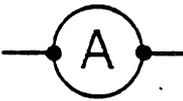
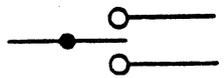
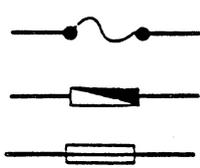
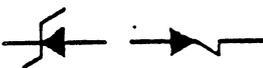
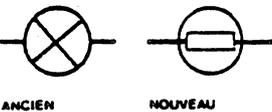
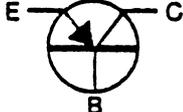
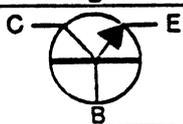
En électricité automobile le conducteur qui part du générateur (batterie) est appelé positif et le conducteur qui retourne au générateur de courant est dit négatif ou plus généralement (masse).

## Code des couleurs des résistances



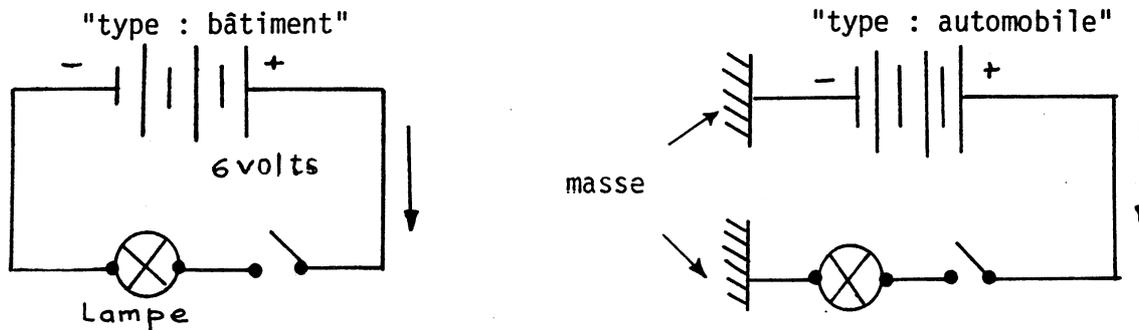
	COULEURS											
	NOIR	MARRON	ROUGE	ORANGE	JAUUNE	VERT	BLEU	VIOLET	GRIS	BLANC	OR	ARGENT
Premier chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Second chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Multiplicateur	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>				10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>
Tolérance		± 1%	± 2%	Sans marquage ± 20 %							± 5%	± 10%

Suite p.6

Courant continu: 	Condensateur: 
Courant alternatif: 	Résistance: 
Élément d'accumulateur: 	Rhéostat: 
Batterie d'accumulateur: 	Relais: 
Bornes ou contacts: 	Inductance sans noyau: 
Masse: 	Inductance avec noyau: 
Terre: 	Dynamo: 
Dérivation de fil: 	Démarrreur: 
Croisement de fil avec connexion: 	Moteur: 
Croisement de fil sans connexion: 	Ampèremètre: 
Interrupteur: 	Voltmètre: 
Commutateur: 	Ohmmètre: 
Fusible: 	Diode: 
	Diode Zener: 
Lampe d'éclairage: 	Transistor PNP: 
Lampe de signalisation ou veilleuse: 	Transistor NPN: 

Contrairement à l'installation électrique classique du type bâtiment sur les véhicules automobiles le courant électrique retourne généralement au générateur par l'intermédiaire du châssis que l'on nomme la "masse" ce qui économise un conducteur électrique.

### 1.2.1 Schéma explicatif :



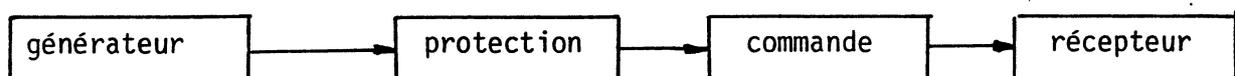
**Remarque :** Sauf sur les véhicules dont la carrosserie est en plastique ou en fibre de verre ce qui nécessite pour certains organes l'emploi d'un double conducteur ainsi que sur les véhicules qui pour des raisons de sécurité sont soumis à une législation particulière exigeant un double conducteur électrique (ex : les camions citerne).

Généralement la plupart des circuits électriques automobiles sont tous construits sur le même principe et la même organisation c'est-à-dire : un générateur qui alimente le circuit en courant, une protection thermique, une commande qui ouvre et ferme le circuit électrique et un ou plusieurs récepteurs qui utilisent le courant électrique ainsi que les conducteurs permettant de relier tous ces éléments.

### 1.2.2 Schéma synoptique

**Définition :** Le schéma synoptique a pour fonction de présenter grâce à "des pavés" les commandes ou les éléments d'un circuit en fonctionnement d'un ensemble électrique, mécanique ou hydraulique.

- Schéma d'un circuit de type automobile :

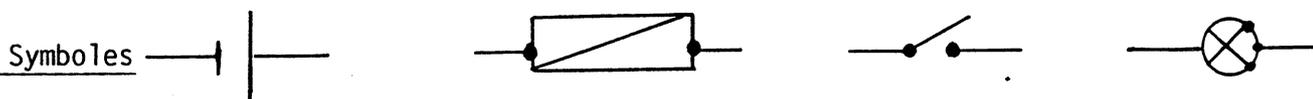


ex : Bat

ex : Fusible

ex : interrupteur

ex : lampe



1.3 - **Exercice :** Donnez comme ci-dessus deux autres exemples de circuit électrique de type automobile ( Voir page 11)

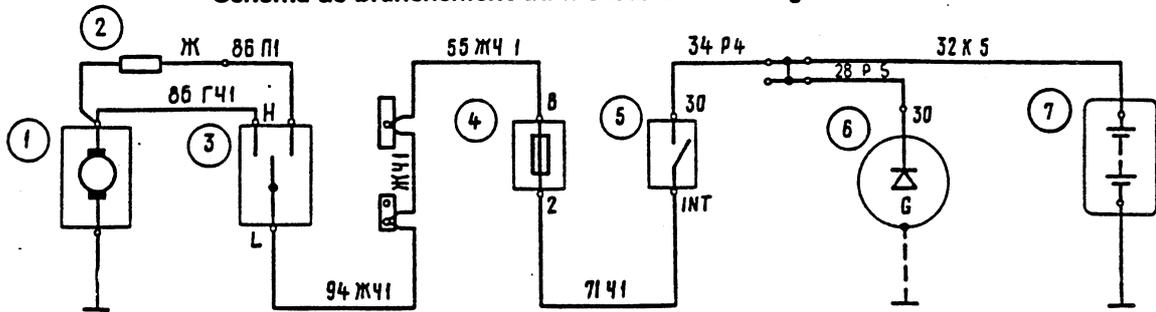
### 2.1 - Identification d'un schéma

**Fonction :** Doit permettre de retrouver les éléments ou les conducteurs d'alimentation grâce à des symboles ou des figurines afin de pouvoir effectuer les réparations ou modifications d'un circuit électrique sur un véhicule.

2.2 - Exercice

Identifier les éléments qui constituent l'ensemble du circuit électrique suivant : (du moteur électrique à la batterie).

Schéma de branchement du moteur de chauffage-ventilation

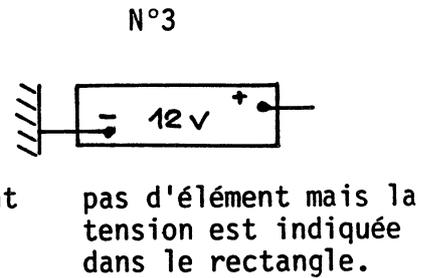
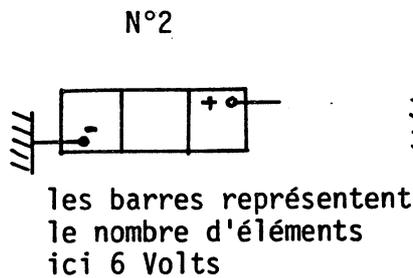
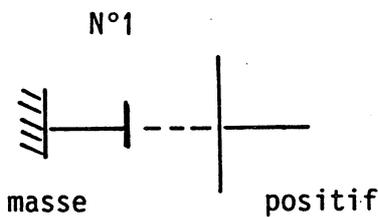


1 - moteur électrique de climatiseur; 2 - résistance additionnelle; 3 - interrupteur de soufflerie de climatiseur; 4 - boîte de fusibles; 5 - interrupteur d'allumage; 6 - alternateur; 7 - batterie d'accumulateurs

Comparez vos résultats avec la page n°11 si vous avez quelques difficultés n'hésitez pas à revoir les symboles.

2.3 - Correction expliquée (Suite)

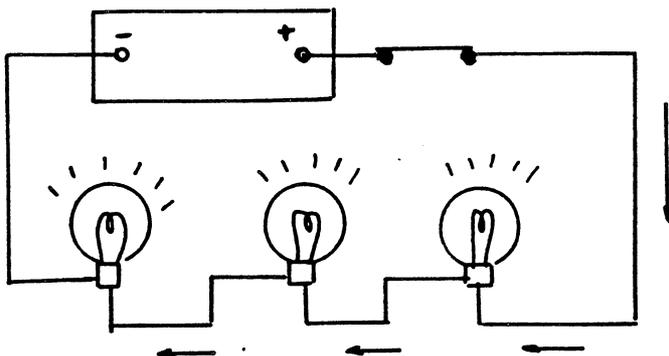
Vous pouvez constater que certains éléments sont représentés par des figurines exemple la batterie ;



3.1 - Différencier un circuit électrique en parallèle d'un circuit en série.

Nous allons voir comment se présentent ces circuits et les conséquences d'une panne d'un élément.

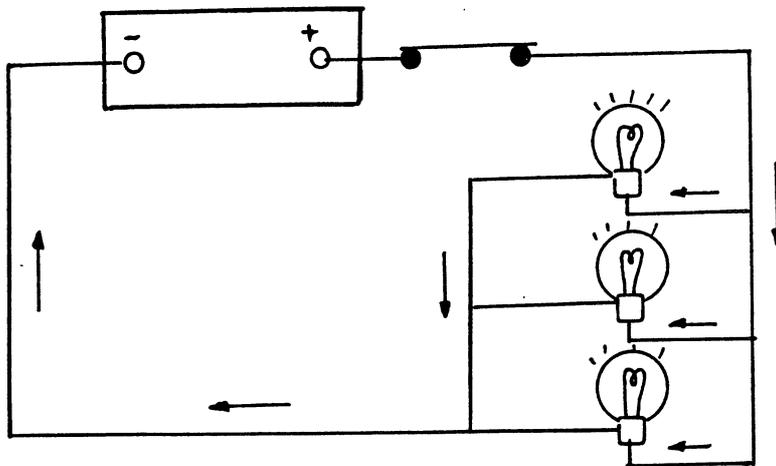
Montage série d'un branchement de trois ampoules



Tous les récepteurs sont montés (bout à bout)

Conséquence d'une ampoule grillée

La continuité du courant s'effectue par les filaments des lampes, si le filament est coupé tout le circuit est coupé.

Montage en parallèle (ou en dérivation)

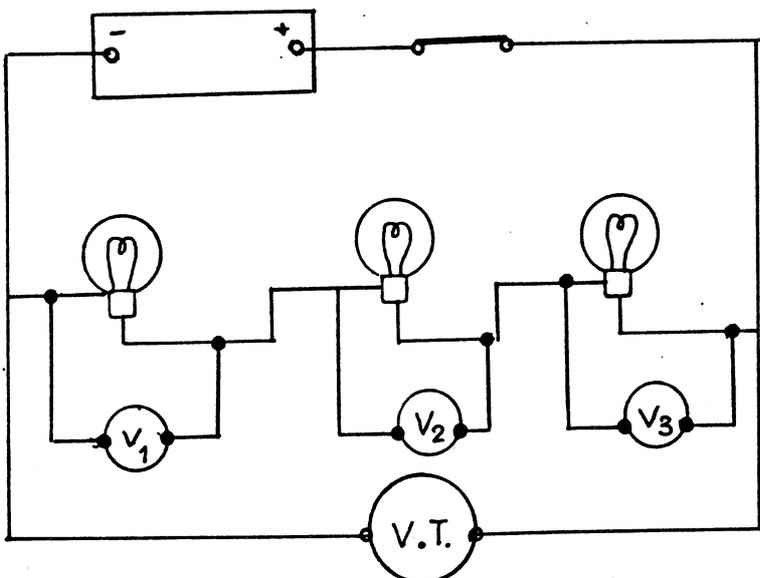
Le câblage se scinde autant de fois qu'il y a de récepteurs.

Si la seconde ampoule est grillée le fonctionnement des autres n'est pas altéré.

3.2 - Calculer la tension dans un circuit électrique série

- La tension s'exprime en volts.

$$\begin{array}{rcccl}
 U_T & = & U_1 & + & U_2 & + & U_3 \\
 \text{Tension totale} & & \text{Tension de chaque récepteur} & & & & 
 \end{array}$$

Exemple

$$\begin{array}{l}
 \text{Si } U_1 = U_2 = U_3 \\
 = 4 \text{ volts}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 U_T = U_1 + U_2 + U_3 \\
 = 12 \text{ volts}
 \end{array}$$

Constatation : Dans le relevé des mesures le voltmètre sera toujours placé en parallèle par rapport au circuit.

.../...

## 3.3 - Exercice

En vous aidant du schéma précédent (si nécessaire) faites le branchement des voltmètres dans le circuit en parallèle.

1° Indiquer la tension totale ainsi que les tensions en  $V_1$  ;  $V_2$  ;  $V_3$ .

2° Le schéma est câblé en fils (cuivre) de  $\phi$  de 16/10 de mm, de longueur 20 m; résistivité du cuivre:

$$\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \text{ Utiliser: } \rho = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mm}^2/m, \pi = 3,14$$

calculer la résistance de la ligne.

$$PS : (\text{rappel des notions vues en première année } R = \rho \cdot \frac{L}{S})$$

Réponse en page n° 11

## 3.4 - Exercice

On branche dans un circuit en parallèle, une lampe de 6 W et une lampe de 9,6 W sous une tension de 12 V. Déterminer : (en vous aidant des formules de la page 10)

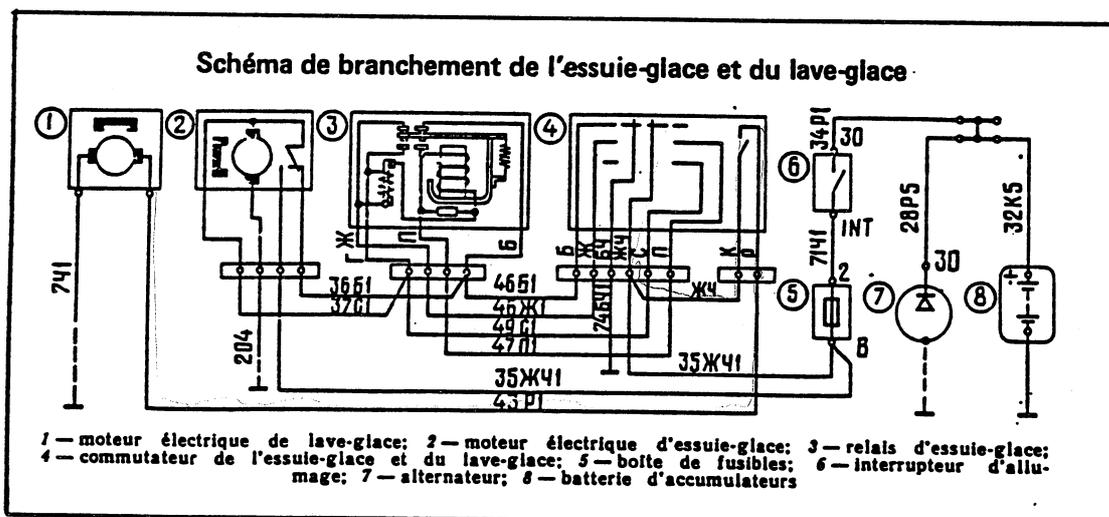
- l'intensité dans chaque lampe ;
- la résistance de chaque lampe ;
- l'intensité appelée par l'ensemble ;
- la résistance équivalente à l'ensemble. (avec  $U = RI$ )

Réponse en page n° 12

## 3.5 - Exercice

Recherchez le branchement du lave glace.

Indiquez à partir de la batterie le circuit à l'aide du schéma et des repères de la légende. Ex : 8 ; 6... etc.



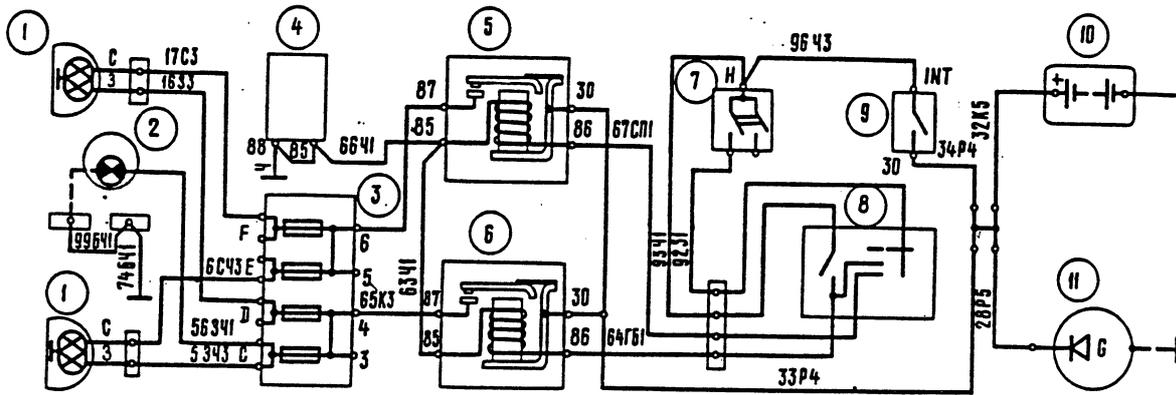
3.6 - Exercice

Recherchez le branchement des feux route en vous aidant du schéma et de la légende.

Indiquez en partant de la batterie les éléments concernés. Ex : 10,9...etc. Circuit alimentation et circuit de commande.

10, 9, 7, 8,

Schéma de branchement des phares



- 1 - phares; 2 - témoin d'éclairage route disposé dans le compteur de vitesse; 3 - boîte de fusibles; 4 - relais d'essuie-phares et de lave-phares; 5 - relais d'éclairage code; 6 - relais d'éclairage route; 7 - interrupteur d'éclairage extérieur; 8 - inverseur code-route; 9 - interrupteur d'allumage; 10 - batterie d'accumulateurs; 11 - alternateur

**Effet thermique du courant.**

Quand on établit une d.d.p. aux extrémités d'un conducteur, l'énergie communiquée aux électrons est plus grande. Dans leur déplacement, les électrons heurtent violemment des atomes. Les chocs provoquent un dégagement de chaleur.

— Loi de Joule. Énergie thermique  $W$  mise en jeu dans une portion de circuit pendant un temps déterminé  $t$  (formules 1 et 2). Le wattheure (Wh) est l'énergie mise en jeu pendant 1 heure par une puissance d'un watt; il vaut 3600 joules.

— Puissance des récepteurs thermiques. La puissance dégagée sous forme de chaleur dans un conducteur est donnée par les formules 3, 4 et 5.

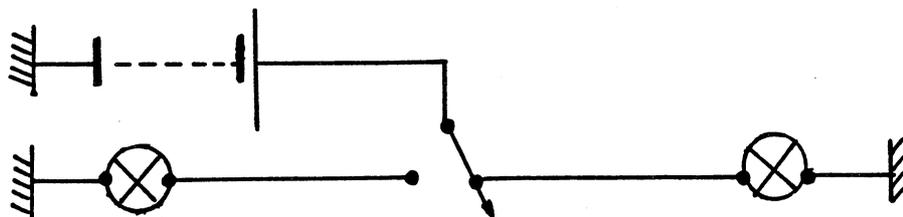
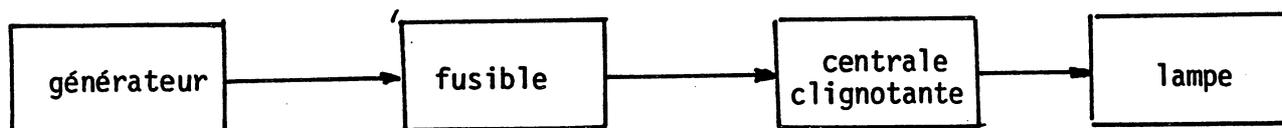
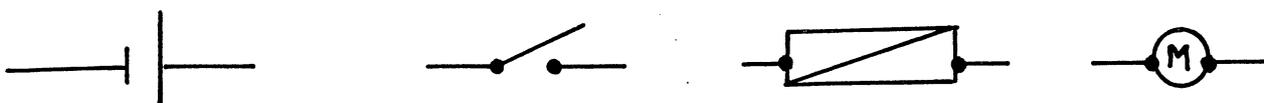
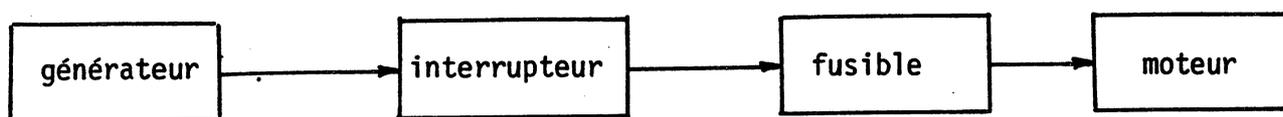
— Quantité de chaleur dégagée dans un conducteur. On exprime souvent l'énergie produite dans un conducteur par le passage du courant à l'aide de l'ancienne unité : calorie (ou microthermie) et son multiple kilocalorie (ou milithermie). Ancienne formule : formule 6. La milithermie est la quantité de chaleur capable d'élever de 1 °C la température de 1 kg d'eau.

4,18 joules transformés en chaleur produisent 1 μth, donc  $J = \frac{1}{4,18} = 0,24 \mu th$ .

— Densité de courant  $J$  : intensité du courant par unité de section (formule 7).

— Conséquences de l'effet thermique : effets utiles (chauffage, éclairage par incandescence, protection par fusibles); effets nuisibles (diminution du rendement des machines et des lignes de transport).

<p>①</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="4"><math>W = R \cdot I^2 \cdot t</math></td></tr> <tr><td>J</td><td>Ω</td><td>A</td><td>s</td></tr> </table>	$W = R \cdot I^2 \cdot t$				J	Ω	A	s	<p>③</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="3"><math>P = U \cdot I</math></td></tr> <tr><td>W</td><td>V</td><td>A</td></tr> </table>	$P = U \cdot I$			W	V	A	<p>⑥</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="3"><math>q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t</math></td></tr> <tr><td>μth</td><td>Ω</td><td>A s</td></tr> <tr><td>ou</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>cal</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>1th = 10<sup>3</sup>mth = 10<sup>6</sup>μth 1mth = 1kcal = 10<sup>3</sup>cal</p>	$q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$			μth	Ω	A s	ou			cal		
$W = R \cdot I^2 \cdot t$																												
J	Ω	A	s																									
$P = U \cdot I$																												
W	V	A																										
$q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$																												
μth	Ω	A s																										
ou																												
cal																												
<p>②</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="4"><math>W = U \cdot I \cdot t</math></td></tr> <tr><td>Wh</td><td>V</td><td>A</td><td>h</td></tr> </table>	$W = U \cdot I \cdot t$				Wh	V	A	h	<p>④</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="3"><math>P = R \cdot I^2</math></td></tr> <tr><td>W</td><td>Ω</td><td>A</td></tr> </table>	$P = R \cdot I^2$			W	Ω	A	<p>⑦</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="2"><math>J = \frac{I}{S}</math></td></tr> <tr><td>A/mm<sup>2</sup></td><td>A/mm<sup>2</sup></td></tr> </table>	$J = \frac{I}{S}$		A/mm <sup>2</sup>	A/mm <sup>2</sup>								
$W = U \cdot I \cdot t$																												
Wh	V	A	h																									
$P = R \cdot I^2$																												
W	Ω	A																										
$J = \frac{I}{S}$																												
A/mm <sup>2</sup>	A/mm <sup>2</sup>																											
<p>⑤</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="2"><math>P = \frac{U^2}{R}</math></td></tr> <tr><td>W</td><td>V/Ω</td></tr> </table>	$P = \frac{U^2}{R}$		W	V/Ω																								
$P = \frac{U^2}{R}$																												
W	V/Ω																											

FICHE AUTOCORRECTIVEExercice n° 1.1Exercice n° 1.3

Ceux-ci ne représentent que deux exemples pris au hasard.  
Je pense que vous en avez sûrement imaginé d'autres.

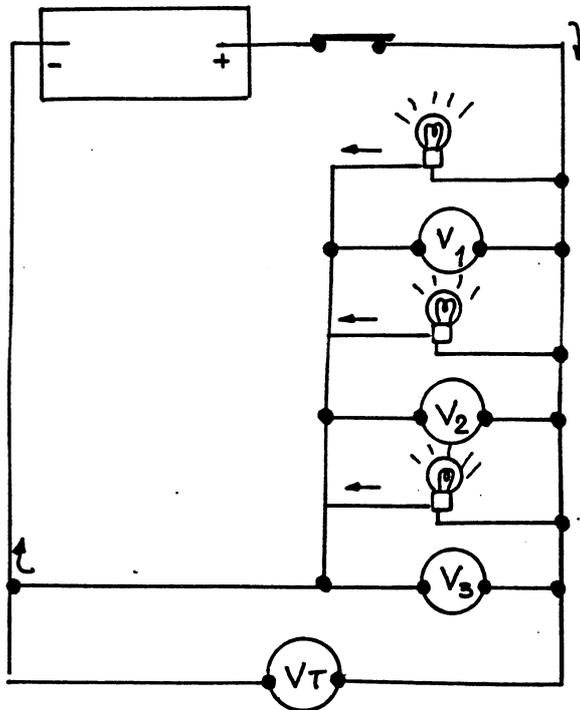
Exercice n° 2.2

1 - Moteur électrique de climatiseur ; 2 - résistance additionnelle ; 3 - interrupteur de soufflerie de climatiseur ; 4 - boîtes de fusibles ; 5 - interrupteur d'allumage ; 6 - alternateur ; 7 - batterie d'accumulateurs.

Exercice n° 3.3

La tension totale  $U_T$  aux bornes de l'ensemble des récepteurs est égale à la tension de chaque récepteur.

$$U_T = U_1 = U_2 = U_3$$



$$\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

$$\rho = 1,7 \times 10^{-2} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$l = 20 \text{ m}$$

$$s = 3,14 \times (0,8)^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}$$

$$R = \frac{1,7 \times 10^{-2} \times 20}{3,14 \times 64 \times 10^{-2}}$$

$$R = \frac{34}{3,14 \times 64} = 0,17 \Omega$$

Exercice n° 3.5

Branchement du lave glace.

Ordre de branchement bat n° 8 ; 6 ; 5 ; 4 ; 1.

Exercice n° 3.6

Branchement des feux de route.

Alimentation bat 10 ; 6 ; 3 ; 2 ; 1.

Commande bat 10 ; 9 ; 7 ; 8 ; 6 ; 5 ; 4.

Exercice n° 3.4

a) l'intensité = 0,5 A ; 0,8 A

b) la résistance = 24  $\Omega$  ; 15  $\Omega$

c) l'intensité = 1,3 A

d) la résistance = 9,23  $\Omega$

$$a) P = UI = \frac{P}{U} = \frac{6}{12} \text{ et } \frac{9,6}{12} = 0,5 \text{ et } 0,8$$

$$b) R = \frac{U^2}{P} \quad R = \frac{144}{6} \text{ et } \frac{144}{9,6} = 24 \text{ et } 15$$

$$c) I_T = I_1 + I_2 \Rightarrow 0,5 + 0,8 = 1,3 \text{ A}$$

$$d) U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{12}{1,3} = 9,235$$

## TEXTE SÉRIE 2

## ELECTRICITE AUTOMOBILE

- . THEME : Le générateur statique de courant continu basse tension : la batterie d'accumulateurs au plomb.
- . Objectif de la série 2 : Etre capable de :
  - . 1 - Identifier les caractéristiques d'une batterie.
  - . 2 - Brancher plusieurs batteries en série ou parallèle et calculer la tension et la capacité nominale équivalentes du nouveau montage.
  - . 3 - Nommer la fonction et les paramètres fonctionnels de la batterie.

1. - Identification :

Les véhicules automobiles actuels (tant essence que diesel) sont en général tous équipés de batteries d'accumulateurs au plomb. Malgré un principe de fonctionnement identique et le fait que tous ces générateurs statiques soient apparemment semblables, ils n'en restent pas moins spécifiques à chaque modèle de véhicule et possèdent des caractéristiques différentes. Afin de faire un choix judicieux selon le type de véhicule rencontré (ex : pour un devis ou une expertise) vous devez être en mesure d'identifier correctement la batterie à choisir.

1.1. Exercice : (cet exercice est obligatoire)

En vous aidant du schéma (1.5) et après avoir pris connaissance de la nomenclature; donnez la signification du marquage apposé sur la face de la batterie.

Ce marquage (qu'il ne faut pas confondre avec la référence commerciale du fabricant) est normalisé, on le trouve sur toutes les batteries et il indique les principales caractéristiques électriques de la batterie.

\* Après avoir effectué l'exercice 1.1

Comparez vos résultats avec la correction (1.6) page 3. Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer à l'exercice suivant (exercice 1.2.).

Par contre si vous avez des difficultés ou si vous voulez réviser, alors compulsez ou étudiez la correction expliquée (1.6) page 3.

1.2. Exercice :

En vous aidant de revues ou de votre expérience, donnez le nom de dix fabricants de batteries.

\* Après avoir effectué l'exercice 1.2

Allez voir la correction (1.8) page 3.

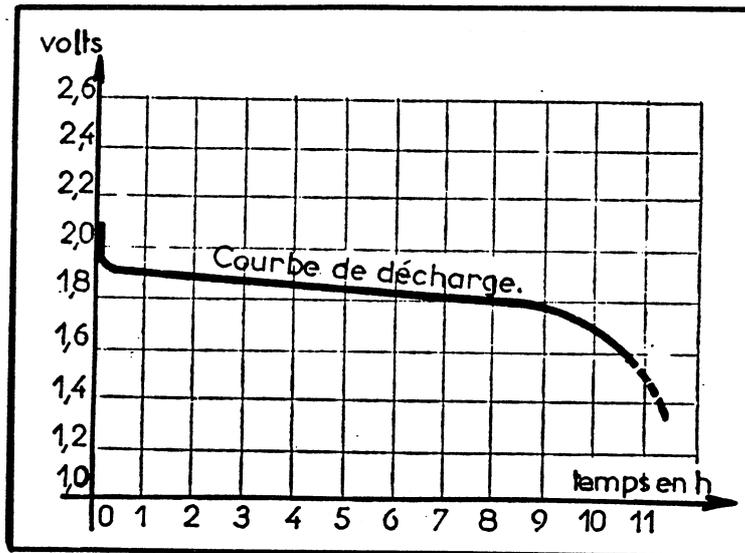
.../...

1.3. Définition :

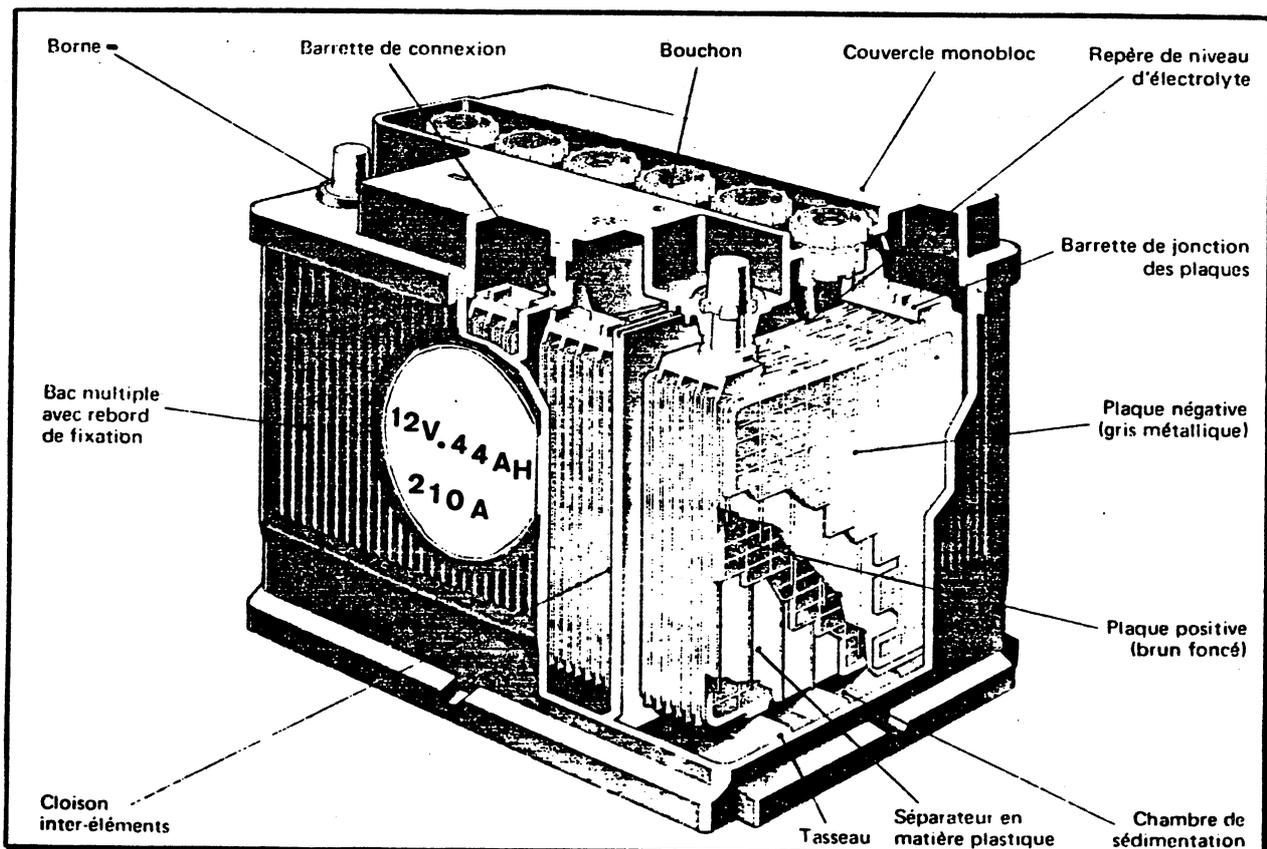
Une batterie d'accumulateurs au plomb est un réservoir qui permet de stocker l'énergie électrique et de la restituer sans délai, à la demande de l'utilisateur sous une tension pratiquement constante.

(Pour une intensité avec un débit normal de 1/10 de la capacité).

1.4. Schéma : (Courbe de décharge pendant 10 heures d'un élément de batterie au plomb de tension nominale 2,2 Volts).



1.5. Schéma : (Constitution d'une batterie au plomb).



1.6. Correction de l'exercice (1.1) page 1 :

Vous pouvez lire sur la batterie (schéma (1.5) page 2)  
. 12 V . 44 AH. 210 A.

- Explication :

12 V ← indique la TENSION nominale en Volt : ce qui correspond au nombre d'éléments de 2,2 Volts constituant la batterie.

44 AH ← se lit 44 Ampères-Heure et indique la CAPACITE nominale de la batterie. Elle est fonction de la surface active des éléments de la batterie et correspond à la quantité de courant disponible en 20 heures, c'est-à-dire : un débit possible de 2,2 Ampères de courant pendant 20 heures ou ( $44/20 = 2,2$  Ampères par heure).  
P.S (ou pendant 10 heures : selon la normalisation).

210 A ← indique l'INTENSITE nominale en Ampères : ce qui correspond à l'intensité maxi débitée pendant 210 secondes à une température de : 20 degrés C. (essai en laboratoire).

. Remarque : (La correspondance entre 2,2 V. et 2,2 A. ainsi que 210 A. et 210 Sec. n'est qu'un pur hasard).

- Allez à la page 1 et faites l'exercice (1.2)1.7. Exercice d'application : (obligatoire)

Après avoir pris connaissance du chapitre (1.3) page 2 et en vous aidant du graphique : schéma (1.4) calculez l'intensité théorique débitée par cet élément de 2,2 Volts pendant la décharge, sachant qu'il possède une capacité nominale de 45 AH.

\* Après avoir effectué l'exercice 1.7

Comparez vos résultats avec la correction (2.4) page 5. Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer à l'exercice suivant : exercice (2.1) page 4.

1.8. Correction de l'exercice (1.2) page 1 :

Noms des principaux fabricants de batteries :

- Baroclem - Steco - Fulmen - Bosch - Ducelliers - SEV Marchal - Lucas - Tudor - Autolite - Dinin - Prestolite - Femsa - Saft - (Cette liste n'est pas limitative...).

1.9. Résumé :

Une batterie d'accumulateurs au plomb est principalement identifiable par trois caractéristiques électriques : la TENSION nominale, la CAPACITE nominale et l'INTENSITE nominale.

. Remarque : A l'achat ne pas oublier de tenir compte de la position des bornes (+) et (-) ; ex : (borne (+) à droite ou à gauche, bornes en diagonale ou en bouts).

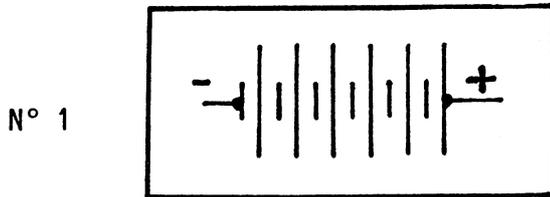
. Rappel : Pour identifier la borne (+) de la borne (-), en cas d'absence de marquage des bornes ; il faut se repérer au diamètre des bornes : (le diamètre de la borne (+) étant le plus gros).

.../...

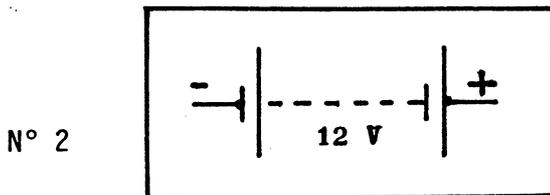
## 2. - Branchement des batteries en série et en parallèle

. Rappel : La présentation schématique des batteries d'accumulateurs au plomb est parfois symbolisée de différentes façons :

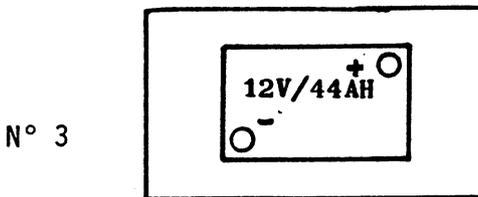
. Exemple :



Ici on n'indique pas la tension nominale car elle est implicitement représentée : puisque l'on dessine 6 éléments de 2,2 Volts.



Dans ce cas de symbolisation il faut indiquer la tension nominale.



Ici on indique la tension nominale et la capacité nominale.

### 2.1 Exercice : (Cet exercice est obligatoire)

En vous aidant de la représentation symbolique n° 3.

2.1.1 Faites le schéma d'un circuit comprenant trois batteries de : (12 V/44 AH) associées en parallèle ainsi qu'une lampe et un interrupteur (en position ouvert).

2.1.2 Calculez la tension et la capacité nominale équivalentes à votre schéma.

\* Après avoir effectué l'exercice 2.1

Comparez vos résultats avec la correction (2.3) page 5. Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer à l'exercice suivant (exercice 2.2).

Par contre si vous avez des difficultés ou si vous voulez réviser, alors compulsez ou étudiez la correction expliquée (2.3) page 5.

### 2.2 Exercice : (Cet exercice est obligatoire).

En vous aidant de la représentation symbolique n° 3.

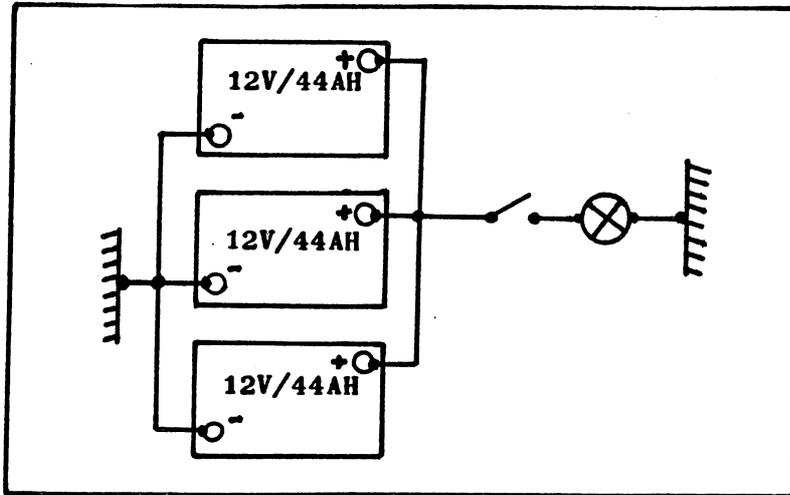
2.2.1 Faites le schéma d'un circuit comprenant trois batteries de : (12V/44 AH) associées en série ainsi que deux lampes branchées en parallèle et un interrupteur (en position ouvert).

2.2.2 Calculez la tension et la capacité nominale équivalentes à votre schéma.

\* Après avoir effectué l'exercice 2.2

Comparez vos résultats avec la correction (2.6) page 6. Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer à l'exercice suivant (exercice 2.5) page 5.

Par contre si vous avez des difficultés ou si vous voulez réviser, alors compulsez ou étudiez la correction expliquée (2.3) page 5.

2.3. Correction de l'exercice (2.1) page 42.3.1 Schéma : du montage en parallèle.

2.3.2 Calcul de la tension nominale équivalente au schéma ci-dessus en PARALLELE la tension nominale reste toujours identique : donc la tension nominale = 12 Volts.

- Calcul de la capacité nominale équivalente au schéma ci-dessus en PARALLELE la capacité nominale équivalente prend la valeur de la somme des capacités des batteries branchées :

la capacité nominale : 132 AH :  $(44 + 44 + 44 = 132)$

- Allez à la page 4 et faites l'exercice (2.2.)

2.4 Correction de l'exercice (1.7) page 3 :

Si l'élément d'accumulateur au plomb possède une capacité de 45 AH et si comme l'indique le schéma (1.4) il se décharge en 10 heures. L'intensité théoriquement débitée = 4,5 Ampères :  $(45/10 = 4,5 \text{ A})$

- Allez à la page 3 : Prenez connaissance du résumé (1.9.)  
Puis passez au chapitre (2) page 4

2.5 Exercice d'application : (Cet exercice est obligatoire)

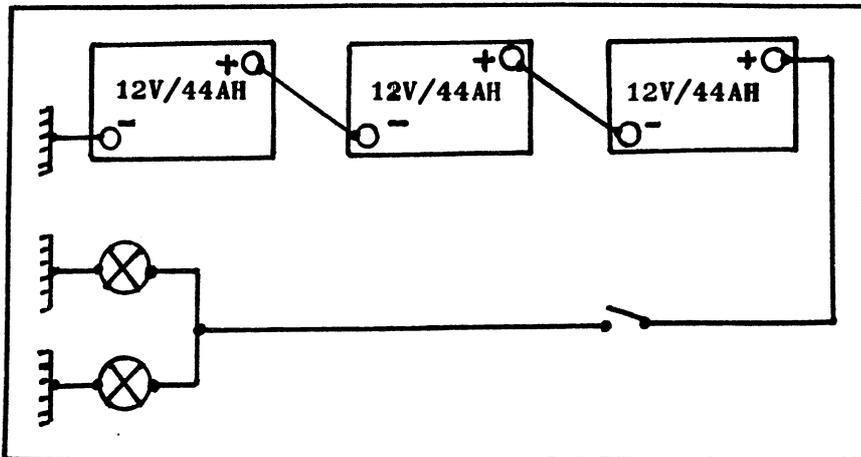
En vous aidant de la représentation symbolique n° 3 page 4, faites le schéma d'un circuit comprenant quatre batteries de (6 V/55 AH) ainsi que deux lampes branchées en parallèle et un interrupteur (en position ouvert) : votre montage devra être organisé afin d'obtenir une alimentation correspondante à une capacité nominale et une tension nominale équivalentes à : (12 V/110 AH).

\* Après avoir effectué l'exercice 2.5

Comparez vos résultats avec la correction(2.7) page 6 . Si vous pensez maîtriser ce type d'exercice et si votre résultat correspond au corrigé vous pouvez passer au chapitre suivant (3) page 7 .

Par contre si vous avez des difficultés ou si vous voulez réviser : alors refaites les exercices proposés.

.../...

2.6 Correction de l'exercice (2.2) page 42.6.1 Schéma : du montage en série.

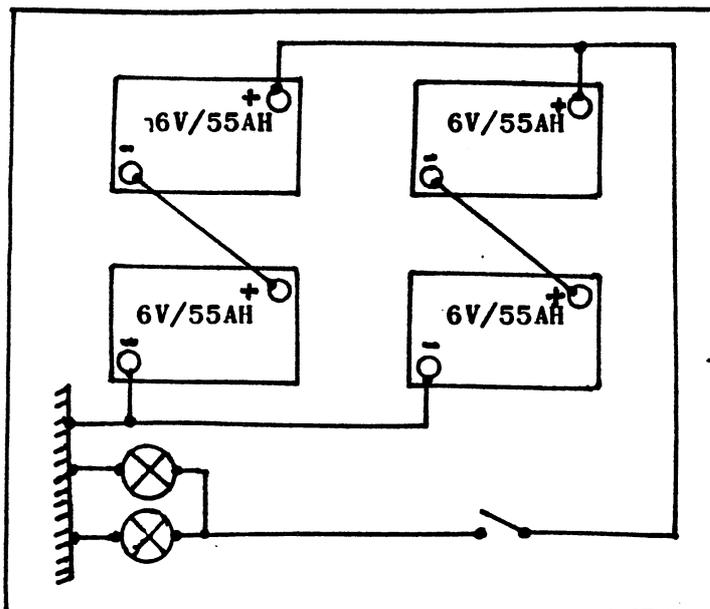
2.6.2 Calcul de la capacité nominale équivalente au schéma ci-dessus en SERIE la capacité nominale reste toujours identique ; donc : la capacité nominale = 44 AH.

- Calcul de la tension nominale équivalente au schéma ci-dessus en SERIE la tension nominale équivalente prend la valeur de la somme des tensions des batteries branchées ; donc : la tension nominale = 36 Volts :  $(12 + 12 + 12 = 36)$ .

- Allez à la page 5 et faites l'exercice (2.5).

2.7 Correction de l'exercice (2.5) page 5

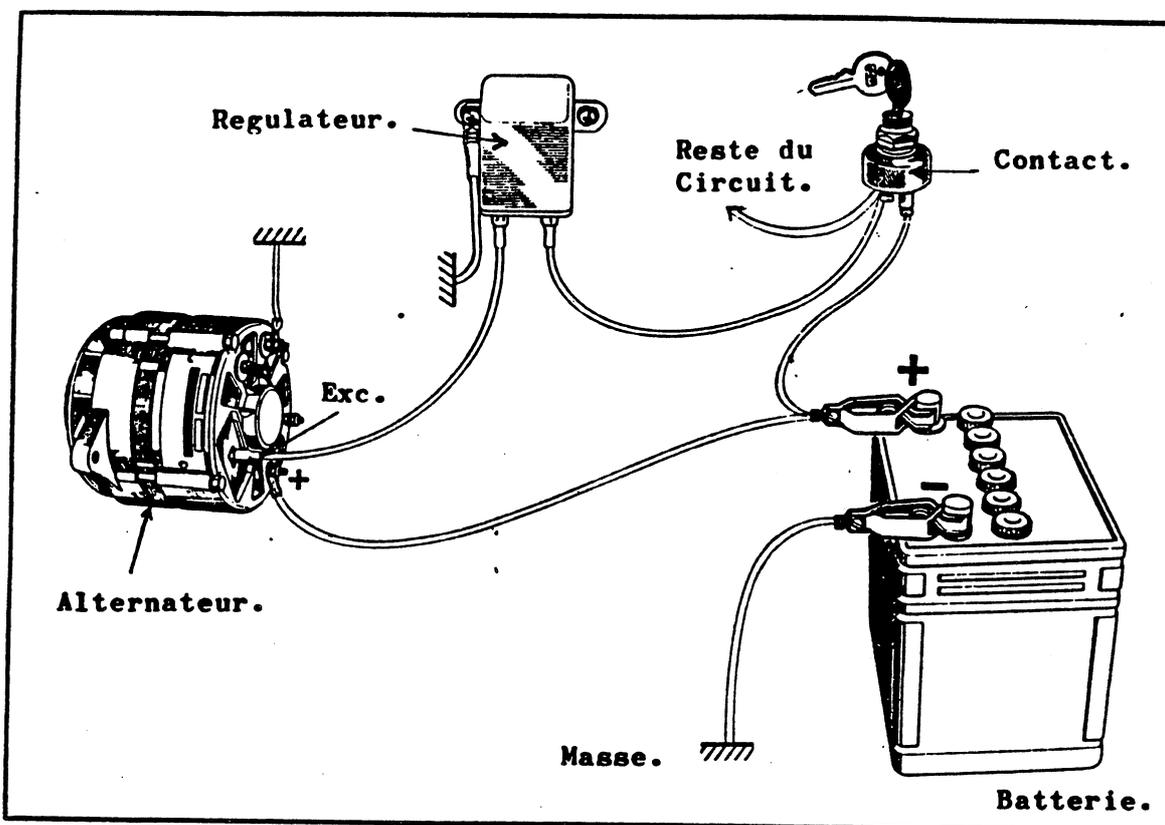
. Schéma : Montage de deux batteries en série + batteries en parallèle.



.../...

3. - Fonction et paramètres fonctionnels3.1 Mise en situation

## 3.1.1 Schéma : simplifié d'organisation électrique d'un circuit

3.1.2 Exercice :

A l'aide du schéma ci-dessus faites un tableau synoptique d'organisation générale de ce circuit électrique mettant en évidence l'emplacement de la batterie.

\* Après avoir effectué l'exercice 3.1.2, comparez votre résultat avec la correction : (3.9.3), page 11.

Puis passez à l'exercice suivant : (3.1.3).

3.1.3 Exercice :

Citez-en quelques lignes la fonction principale de la batterie.

. Sachant que la batterie est un générateur statique : composé d'un ensemble d'accumulateurs au plomb de 2,2 volts de F.E.M. (Force Electro-Motrice emmagasinée sous forme d'énergie chimique) ; qu'elle permet lorsque le véhicule est arrêté d'alimenter les différents organes (selon sa capacité), puis lorsque le moteur tourne qu'un autre générateur (l'alternateur) est nécessaire pour recharger cette batterie afin de maintenir dans l'ensemble du circuit électrique une tension pratiquement constante quel que soit le débit du courant demandé pendant les différentes phases de fonctionnement.

\* Après avoir effectué l'exercice 3.1.3, comparez votre résultat avec la correction : (3.6) page 10.

Puis passez à l'exercice suivant (3.9.2) page 11.

.../...

3.2 Rappel : Notions électriques.

Un générateur statique est caractérisé par une borne positive (P) et une borne négative (n), ainsi dans le fonctionnement en phase "générateur" on a toujours :

$$U = V(P) - V(n) > 0 \quad U = \text{D.D.P (Différence de potentiel)}.$$

3.2.1 Définition :

La D.D.P à vide est la D.D.P (U) qui existe entre les bornes du générateur quand celui-ci ne débite pas ( $I = 0$ ).

Pour la D.D.P en fonctionnement : quand le générateur débite ( $I > 0$ ) l'expérience montre que pour la plupart des générateurs, la courbe représentative de la D.D.P est une droite de pente négative ou nulle : (selon la valeur de la résistance interne), dont l'équation s'écrit :

$$f(I) = U = E - rI$$

U = D.D.P (différence de potentiel) ← en Volt

E = F.E.M (force électromotrice) ← en Volt

I = Intensité ← en Ampère.

r = Résistance interne ← en Ohm

Remarque : Il apparaît que pour  $U = U$  ← c'est-à-dire :  
pour la D.D.P à vide ← on a  $I = 0$

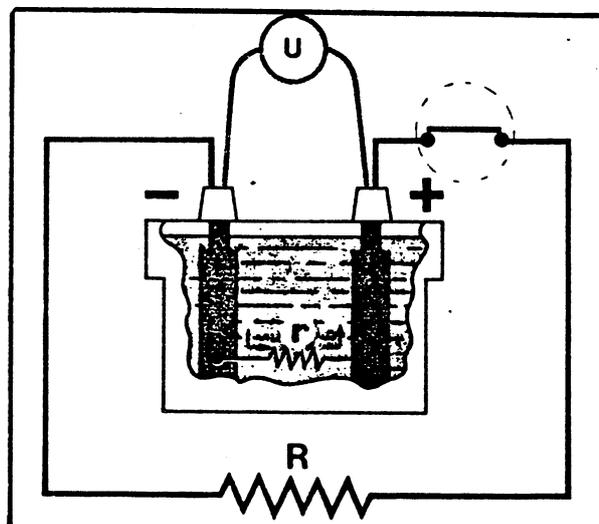
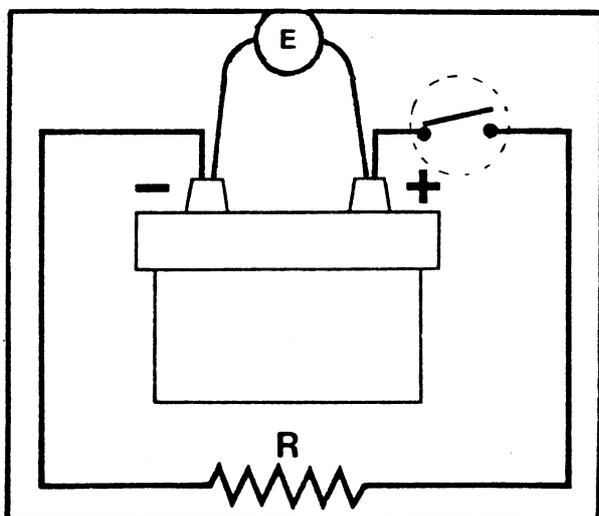
Donc si :  $U = E - rI$  ←  $U = E$

Théorème : La F.E.M d'un générateur statique est égale à sa D.D.P à vide.

En résumé : La D.D.P (différence de potentiel) entre les bornes d'un générateur statique est égale à sa F.E.M (force électro-motrice) diminuée du produit de sa résistance interne par l'intensité qu'il débite.

On a avec  $E > U$  ← ( $U = E - rI$ ) ou ( $E = U + rI$ ).

Schémas :



3.3 Exercice : (Obligatoire)

Après avoir pris connaissance des paragraphes : (3.2) et (3.4) pages 8 et 9 , complétez le tableau suivant en appliquant la formule :  $(U = E - rI)$

\* E (volts) : 120 : 12 : 135 : ? : 220 : 48 \*

\* U (volts) : ? : 10 : 119 : 3,7 : ? : 45 \*

\* r (ohms) : 0,1 : 0,2 : ? : 2 : 0,05 : 0,6\*

\* I (ampères) : 50 : ? : 40 : 0,4 : 140 : ? \*

\* Après avoir effectué l'exercice 3.3., comparez votre résultat avec la correction (3.9.1) page 11

Puis passez à l'exercice suivant (3.5.) en bas de page.

3.4 Notion : (suite) la courbe caractéristique de  $I = f(U)$  : c'est-à-dire l'intensité débitée en fonction de la D.D.P est une droite, dont l'équation s'écrit :

pour  $I = f(U)$  on a  $I = \frac{E - U}{r}$  ← car pour  $U = f(I)$  on avait  $U = E - rI$

Remarque : Pour les générateurs parfaits (dont la résistance interne est nulle  $r = 0$ ) la D.D.P est constante quel que soit I : on a  $U = E$ .

Théorème : Tout générateur de F.E.M (E) et de résistance interne (r) est équivalent à l'association d'un générateur parfait de F.E.M (E) et d'une résistance montés en série.

Remarque : Chaque fois que vous aurez des calculs à effectuer sur un générateur (qu'il fonctionne en générateur ou en récepteur : pendant la charge), prenez soin de la remplacer par un générateur parfait associé en série à une résistance équivalente à sa résistance interne (ce qui facilitera votre raisonnement).

Cas particulier : Lorsque la batterie se comporte en récepteur (au moment de la charge) la D.D.P aux bornes de ce récepteur est égale à sa F.C.E.M (Force Contre Electro-Motrice) augmentée du produit de sa résistance interne par l'intensité du courant absorbé :

$$(U = E' + rI) \text{ ou } (E' = U - rI)$$

U = D.D.P ← en Volt  
E' = F.C.E.M ← en Volt  
r = Résistance ← en Ohm  
I = Intensité ← en Ampère

3.5 Exercice : (Obligatoire)

Une batterie de résistance interne : 0,5 ohm et F.C.E.M : 11 volts fonctionne en récepteur (au moment de la charge). Calculez la D.D.P d'alimentation sachant qu'un courant de 4 ampères traverse la batterie et la quantité de courant apportée pendant 3 heures.

.../...

\* Après avoir effectué l'exercice : 3.5 page 9 comparez votre résultat avec la correction (3.8)

Puis passez à l'exercice suivant : (3.9.2) page 11 .

### 3.6. Correction de l'exercice (3.1.3) page 7

Définition : La batterie d'accumulateurs a pour fonction de transformer l'énergie électrique (courant continu basse tension) en énergie chimique (moment de la charge) afin de la stocker.

Puis (selon les besoins de l'utilisateur) de transformer cette énergie chimique en énergie électrique directement utilisable.

### 3.7. Correction de l'exercice : (3.9.2) page 11

Calcul de l'intensité (I) batterie :

$$\text{Si } U = E - rI \text{ et } U = E' + r'I$$

$$\text{on a } E - rI = E' + r'I$$

$$\text{Donc : } I = \frac{E - E'}{r + r'} \leftarrow I = \frac{14,5 - 12,5}{2} = \underline{1 \text{ ampère}}$$

Calcul de la D.D.P (U) :

$$\text{Si } U = E - rI \leftarrow U = 14,5 - (1,5 \times 1) = \underline{13 \text{ volts}}$$

$$\text{ou } U = E + r'I \leftarrow U = 12,5 + (0,5 \times 1) = \underline{13 \text{ volts}}$$

### 3.8 Correction de l'exercice (3.5) page 9

Calcul de la D.D.P (U) :

$$\text{Si } U = E' + rI \leftarrow U = 11 + (0,5 \times 4) = \underline{13 \text{ volts}}$$

Calcul de la quantité de courant transportée

Rappel : Définition de l'ampère : un ampère est l'intensité nécessaire à transporter un coulomb pendant une seconde.

$$I = \frac{Q}{t} \quad \begin{array}{l} I \leftarrow \text{Ampère} \\ Q \leftarrow \text{Coulomb} \\ t \leftarrow \text{temps en seconde} \end{array}$$

$$\text{Donc : } Q = I \times t \leftarrow Q = 4 \times (3 \times 3600) = \underline{43200 \text{ Coulombs.}}$$

Remarque :

La charge d'un électron est de :  $1,6 \times 10^{-19}$  coulomb et 1 coulomb =  $6,242 \times 10^{18}$  charge d'électron.

.../...

3.9.1 Correction de l'exercice (3.3.) page 9Tableau complet avec ( $U = E - rI$ )

* E (volts)	: 210	: 12	: 135	: 4,5	: 220	: 48	*
* U (volts)	: 115	: 10	: 119	: 3,7	: 213	: 45	*
* r (ohms)	: 0,1	: 0,2	: 0,4	: 2	: 0,05	: 0,6	*
* I (ampères)	: 50	: 10	: 40	: 0,4	: 140	: 5	*

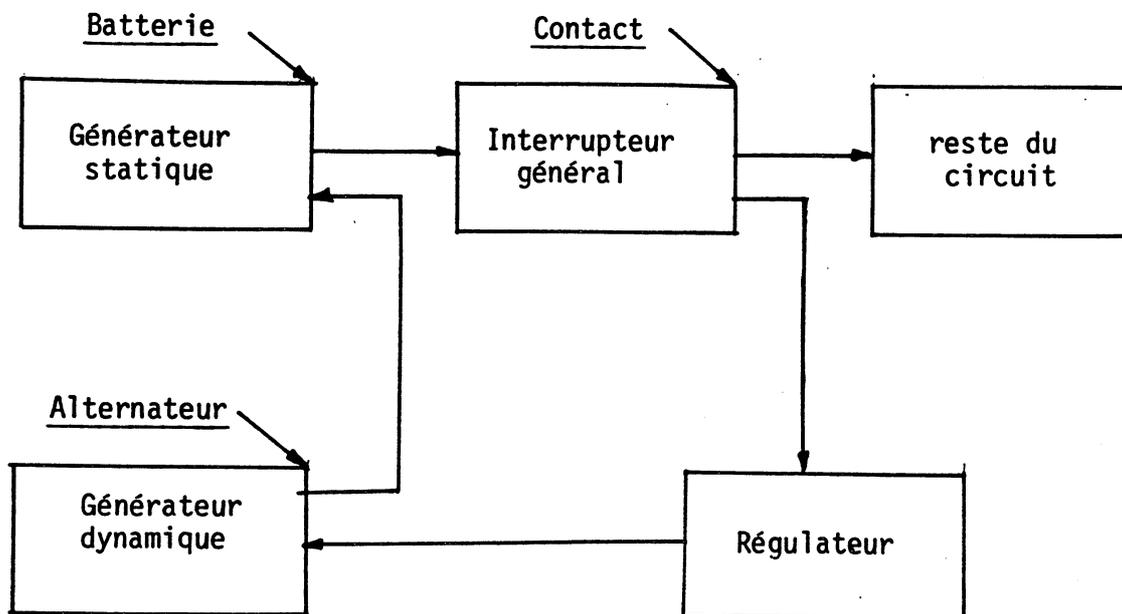
3.9.2 Exercice (d'application)

Soit un circuit comprenant une batterie de F.C.E.M :  $E' = 12,5$  volts et de résistance interne :  $r' = 0,5$  ohm, chargée par un alternateur de F.E.M :  $E = 14,5$  volts et de résistance  $r = 1,5$  ohm.

Calculez l'intensité circulant dans la batterie et la D.D.P aux bornes du circuit.

\* Après avoir effectué l'exercice : 3.9.2. ci-dessus. Comparez votre résultat avec la correction (3.7.) page 10 .

Puis passez au chapitre suivant :

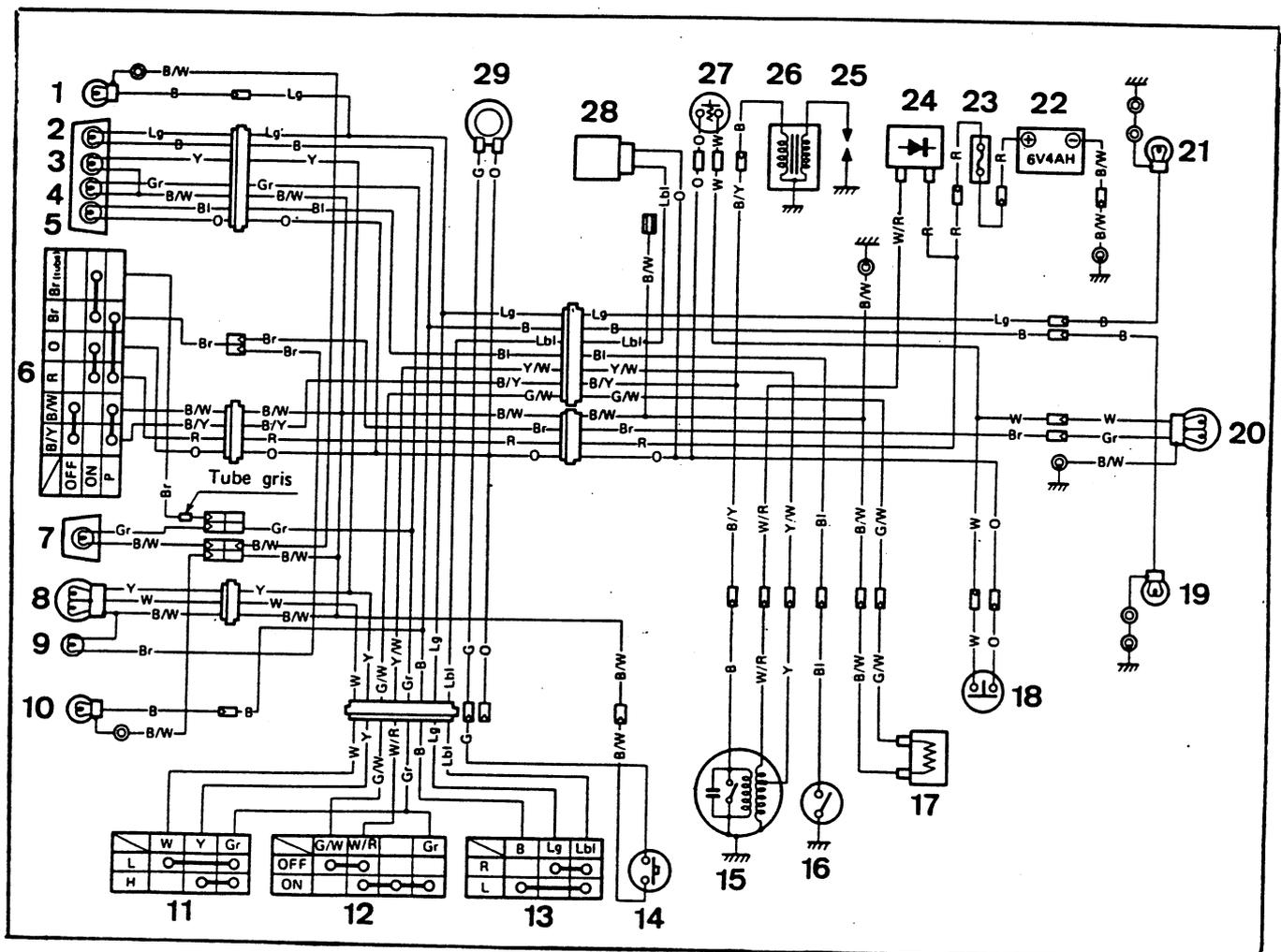
3.9.3 Correction de l'exercice :(3.1.2) page 7

..../....

## Exercice n° 4 :

## SCHEMA DE CABLAGE ELECTRIQUE DES 125

1. Clignotant avant droit - 2. Témoin de clignotants - 3. Témoin de plein phare - 4. Eclairage de compte-tours - 5. Témoin de point mort - 6. Contacteur à clé - 7. Eclairage de compteur de vitesse - 8. Ampoule code/phare - 9. Veilleuse .10. Clignotant avant gauche - 11. Inverseur code/phare - 12. Contacteur d'éclairage - 13. Inverseur de clignotants - 14. Bouton d'avertisseur sonore - 15. Volant magnétique - 16. Contacteur de point mort - 17. Résistance régulatrice en position jour - 18. Contacteur de stop sur pédale de frein arrière - 19. Clignotant arrière gauche - 20. Feu rouge/stop - 21. Clignotant arrière droit - 22. Batterie - 23. Fusible - 24. Diode redresseuse - 25. Bougie - 26. Bobine d'allumage Haute Tension - 27. Contacteur de stop sur frein avant - 28. Relais de clignotants.



## CODE DES COULEURS

B . . . .	Noir	Bl . . . .	Bleu
W . . . .	Blanc	Lbl . . . .	Bleu clair
Y . . . .	Jaune	B/W . . . .	Noir avec filet blanc
R . . . .	Rouge	W/R . . . .	Blanc avec filet rouge
O . . . .	Orange	G/W . . . .	Vert avec filet blanc
G . . . .	Vert	B/Y . . . .	Noir avec filet jaune
Lg . . . .	Vert clair	Y/R . . . .	Jaune avec filet rouge
Br . . . .	Brun	Y/W . . . .	Jaune avec filet blanc
Gr . . . .	Gris		

Afin d'identifier les circuits d'éclairage et de signalisation sur le schéma ci-dessus, surlignez à l'aide de crayons de couleurs les dits circuits :  
exemple : rouge pour les stops,  
bleu pour les codes, etc...

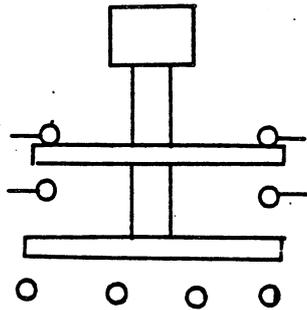
Exercices d'applications :  
( Correction à la page suivante ).

Exercice de schématisation :

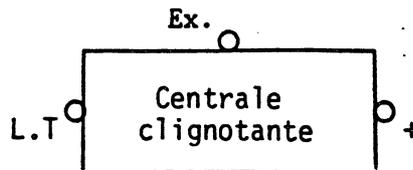
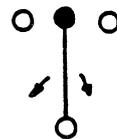
Complétez ce schéma représentant un système de signalisation avec un signal de détresse.



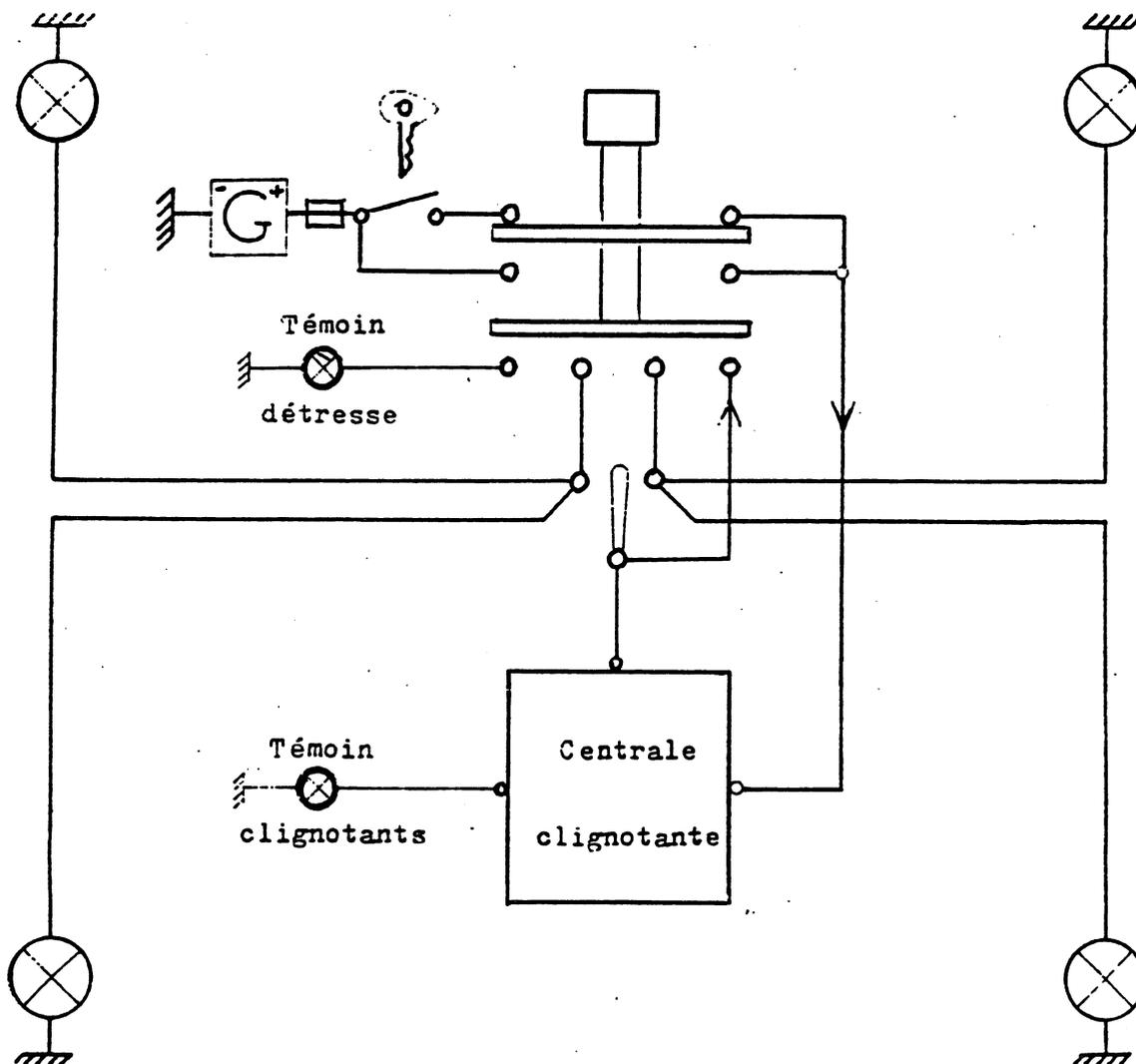
L. Témoin  
de détresse



L. Témoin



Correction de l'exercice de schématisation :



.../...

- Exercices d'applications -  
( correction à la page suivante )

Exercice n°1 :

-----  
Une batterie débite un courant de 10 Amps. sous une D.D.P  
12,7 Volts .

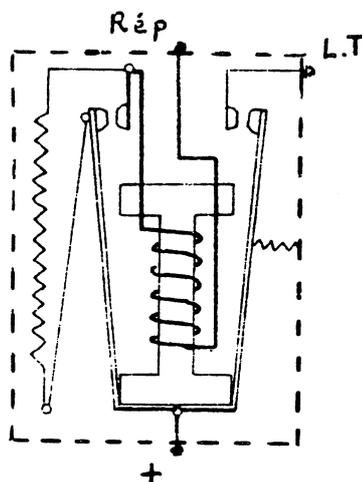
Sachant que sa force électromotrice est de 13,2 Volts .

- Calculer :

- 1° La résistance interne de la batterie .
- 2° La différence de potentiel qu'elle aurait si elle débitait dans une résistance de  $2,15 \Omega$  .

Exercice n°2 :

-----  
Complétez cette centrale clignotante avec :  
des lampes , un contacteur ( gauche/droite ) , une  
protection et un générateur , etc... Afin de représenter  
un circuit de signalisation de changement de direction .



Corrigé de l'exercice n°1 :

1° La résistance interne (r) est :

$$\text{Si : } E = U + r \cdot I \quad r = \frac{E - U}{I}$$

$$r = \frac{13,2 - 12,7}{10} = 0,05 \, \Omega$$

2° La D.D.P (U) est :

a) Il faut d'abord calculer (I) :

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{13,2}{2,15 + 0,05} = \frac{13,2}{2,2} = 6 \, \text{A}$$

b) Puis (U) :

$$U = E - r \cdot I \quad U = 13,2 - (0,05 * 6) = 12,9 \, \text{V}$$

Corrigé de l'exercice n°2 :

