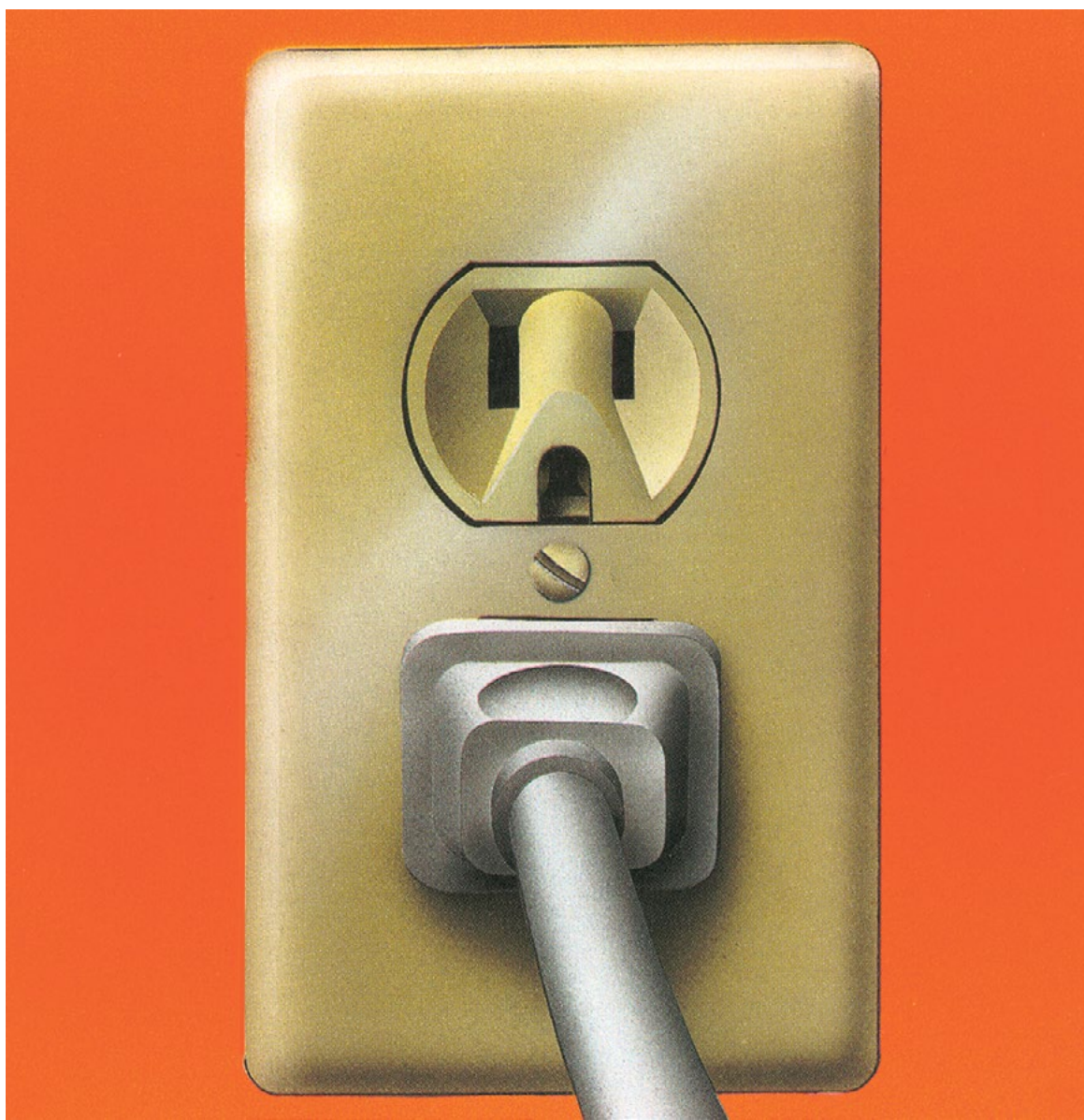


# L'électricité : êtes-vous au courant?

SCP-4011  
Guide d'apprentissage



**sofad**



# **L'ÉLECTRICITÉ : ÊTES-VOUS AU COURANT?**

**SCP-4011-2**

**GUIDE D'APPRENTISSAGE**

*L'électricité : êtes-vous au courant?* s'inscrit dans un ensemble de trois cours qui couvre le programme de *Sciences physiques* de 4<sup>e</sup> secondaire. La série comprend également :

SCP-4010-2 *Le nucléaire : de l'énergie dans la matière*

SCP-4012-2 *Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau*

## L'ÉLECTRICITÉ : ÊTES-VOUS AU COURANT?

Rédaction :	Céline Tremblay (chapitres 2 à 6) René Vézina (chapitres 1 et 7)
Mise à jour :	André Dumas Judith Sévigny Céline Tremblay
Responsables du programme :	Serge Leloup (DFGA) Pierrette Marcotte (DFGA)
Chargé de projets :	Jean-Simon Labrecque (SOFAD)
Chargée de projets, édition initiale :	Mireille Moisan (SOFAD)
Responsable de la production :	Pauline Pelletier (DFGA)
Révision linguistique :	Johanne St-Martin
Illustrations :	Jean-Philippe Morin
Grille graphique :	Science-Impact
Mise en pages :	Daniel Rémy
Première édition	Juin 1996

La version provisoire de ce document a été produite par la Direction de la formation générale des adultes (DFGA). Après une mise à l'essai, la mise à jour a été produite par la SOFAD. Nous avons profité de la mise à jour de 2010 pour remanier certains passages, ajouter des exercices et remplacer les annexes.



Réédition  
Juin 2011

Nous remercions les personnes suivantes qui ont contribué à la version provisoire du document.

M <sup>me</sup> Janine Gomel	Direction du développement de la formation à distance
M. Serge Marcil	Commission des écoles catholiques de Montréal

Nous remercions également les formatrices et les formateurs ayant participé à la mise à l'essai de la version provisoire du document.

M <sup>me</sup> Lise Allard	Commission scolaire de Trois-Rivières
M. Bruno Coulombe	Commission scolaire des Découvreurs
M <sup>me</sup> Danielle Gauthier	Commission scolaire de Matane
M. Gilles Lagueux	Commission scolaire de Matane
M <sup>me</sup> Monique Lussier	Commission scolaire Saint-Jean-sur-Richelieu
M <sup>me</sup> Dany Ouimet	Commission scolaire Rouyn-Noranda
M. Alain Tremblay	Commission scolaire de Chicoutimi
Une équipe de formateurs	Commission scolaire des Draveurs
Une équipe de formateurs	Commission scolaire de Le Gardeur

Nous remercions les personnes suivantes pour leur lecture attentive et leurs commentaires.

M. F. Dionne	Commission scolaire Harricana
M. Gilbert Lannoy	Commission scolaire des Mille-Îles

La forme masculine utilisée dans le présent document désigne aussi bien les femmes que les hommes et a pour but d'alléger le style.

© Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec

Tous droits de traduction et d'adaptation, en totalité ou en partie, réservés pour tous pays. Toute reproduction, par procédé mécanique ou électronique, y compris la microreproduction, est interdite sans l'autorisation écrite d'un représentant dûment autorisé de la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec.

Dépôt légal - 2010

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

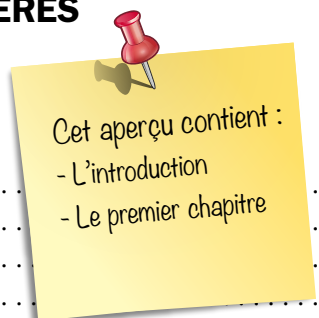
Bibliothèque et Archives Canada

ISBN 978-2-89493-403-6

# TABLE DES MATIÈRES

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Présentation	
Le programme de sciences physiques	13
Le module <i>L'électricité : êtes-vous au courant?</i>	13
Les objectifs	14
Consignes d'utilisation du guide d'apprentissage	23
Aux élèves inscrits en Formation à distance	25
Le rythme de travail	25
Le matériel	25
Les activités d'apprentissage	25
Les expériences	26
Les exercices	26
L'épreuve d'autoévaluation	27
Votre tutrice ou votre tuteur	27
Les devoirs	27
La sanction	28
Renseignements utiles	28
Préalables	29
Comment arrondir un nombre?	29
La propriété des proportions	30
Les formules	31
La notation scientifique	32
La loi des exposants	32
<i>L'électricité : êtes-vous au courant?</i>	34



## ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

<b>CHAPITRE 1 : L'ÉLECTRICITÉ AU CŒUR DE NOS VIES</b>	35
L'électricité et la société québécoise	37
L'énergie à travers les siècles	43
L'électricité, reine des formes d'énergie	47
Le charbon	47
Le gaz naturel	47
Le pétrole	48
L'uranium et le nucléaire	48
L'eau	49
Pour une décision éclairée	53
Mots clés du chapitre	54
Résumé	54
Exercices de synthèse	55

<b>CHAPITRE 2 : LES CIRCUITS SIMPLES</b> .....	57
Les composants, membres actifs d'un circuit .....	59
Activité 2.1 – Comparaison entre un circuit d'aquarium et un circuit électrique .....	61
Le retour aux sources .....	65
Les piles .....	65
Un choix éclairé .....	66
Les batteries et les accumulateurs .....	67
La première pile : une invention renversante .....	69
La f.é.m. et le voltage : attention à la tension .....	69
Le voltmètre .....	70
Êtes-vous au courant? .....	72
L'électron .....	72
La définition du courant .....	73
L'ampère-heure .....	76
Le sens du courant .....	77
L'ampèremètre .....	78
Expérience 2.1 – Mesures de voltage et de courant .....	79
Les conducteurs, les isolants et les semi-conducteurs .....	85
L'atome .....	86
La structure interne des isolants et des conducteurs .....	88
Les semi-conducteurs .....	88
On résiste ou non? .....	90
La définition de la résistance .....	91
La loi d'Ohm .....	92
Activité 2.2 – Facteurs influant sur la résistance d'un résistor .....	94
La résistance et la température .....	101
Les conducteurs .....	101
Les semi-conducteurs .....	102
Les supraconducteurs .....	102
Les résistors hauts en couleur .....	104
L'ohmmètre .....	106
Expérience 2.2 – Résistance et loi d'Ohm .....	106
<i>Mots clés du chapitre</i> .....	111
<i>Résumé</i> .....	111
<i>Exercices de synthèse</i> .....	113
<b>CHAPITRE 3 : LES CIRCUITS COMPLEXES</b> .....	115
À la queue leu leu ou côte à côte .....	117
Les circuits en série .....	120
Expérience 3.1 – Mesures sur un circuit en série .....	121
Activité 3.1 – Analyse d'un circuit de deux résistors en série .....	126
Les circuits de plusieurs résistors en série .....	128
Quand et quoi brancher en série? .....	130
Le contrôle de l'intensité du courant .....	130
Activité 3.2 – Contrôle de l'intensité du courant .....	131



Les fusibles et les disjoncteurs . . . . .	133
Les piles en série . . . . .	135
L'ampèremètre idéal . . . . .	136
Les circuits en parallèle . . . . .	139
Expérience 3.2 – Mesures sur un circuit en parallèle . . . . .	140
Activité 3.3 – Analyse d'un circuit de deux résistors en parallèle . . . . .	145
Les circuits de plusieurs résistors en parallèle . . . . .	148
Quand et quoi brancher en parallèle? . . . . .	150
Les courts-circuits . . . . .	151
Les piles en parallèle . . . . .	152
Le voltmètre idéal . . . . .	153
Les circuits mixtes . . . . .	155
Un exemple réel: le circuit électrique d'un séchoir à cheveux . . . . .	158
La puissance et l'énergie . . . . .	163
Les unités . . . . .	165
L'effet Joule . . . . .	166
La définition de la puissance . . . . .	169
Les formes d'énergie et les conversions . . . . .	170
La conservation de l'énergie, le rendement et l'efficacité énergétique . . . . .	171
Le joule (J), unité internationale d'énergie . . . . .	173
D'autres unités d'énergie . . . . .	173
Le calcul de l'énergie à partir de la puissance . . . . .	174
Le kilowattheure . . . . .	175
<i>Mots clés du chapitre</i> . . . . .	181
<i>Résumé</i> . . . . .	181
<i>Exercices de synthèse</i> . . . . .	183
<b>CHAPITRE 4 : LE COURANT, SON TRANSPORT ET SA DISTRIBUTION</b> . . . . .	189
Le courant continu et le courant alternatif . . . . .	192
Le courant continu . . . . .	192
Le courant alternatif . . . . .	194
L'adaptation de la tension . . . . .	198
Les circuits résidentiels . . . . .	202
Le branchement au réseau . . . . .	204
La distribution dans la maison : circulation dans les murs . . . . .	206
La grosseur des conducteurs . . . . .	206
Les prises de courant . . . . .	213
Activité 4.1 – Circuit électrique d'un chalet . . . . .	215
Les circuits industriels . . . . .	222
Le transport de l'électricité . . . . .	223
Les lignes de transport . . . . .	225
Les transformateurs . . . . .	226
Le transport à haute tension . . . . .	227
L'électricité : confort ou danger? . . . . .	231
Les chocs électriques . . . . .	231
Les fiches à trois broches . . . . .	233

Les câbles à haute tension : de bons perchoirs pour les oiseaux .....	234
<i>Mots clés du chapitre</i> .....	240
<i>Résumé</i> .....	240
<i>Exercices de synthèse</i> .....	242
<b>CHAPITRE 5 : L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET LE MAGNÉTISME</b> .....	247
L'épopée de l'électricité statique .....	250
La charge électrique et la matière .....	256
L'électrisation par frottement .....	257
L'électrisation par contact .....	258
Le contact entre un objet neutre et un objet chargé .....	258
Le contact entre deux objets chargés .....	258
Les isolants et les conducteurs .....	260
L'électrisation par induction (ou influence) .....	263
L'attraction d'un objet neutre par un corps chargé .....	264
Expérience 5.1 – Attraction entre un corps chargé et un corps neutre	264
Une décharge électrique : l'étincelle .....	268
L'électricité statique dans le monde moderne .....	270
Les précautions relatives à l'électricité statique .....	270
Les moyens de transport .....	270
Les constructions spéciales .....	271
Les courroies .....	271
Quelques applications de l'électricité statique .....	272
Le plastique d'emballage .....	272
La peinture au pistolet électrostatique .....	272
Les insecticides .....	273
La précipitation électrostatique .....	273
La xérographie .....	274
La force électrique et la loi de Coulomb .....	276
L'orientation de la force .....	276
L'influence de la charge .....	276
L'influence de la distance entre les charges .....	277
La loi de Coulomb .....	278
Le magnétisme .....	279
L'histoire du magnétisme .....	279
Les propriétés magnétiques .....	280
<i>Mots clés du chapitre</i> .....	285
<i>Résumé</i> .....	285
<i>Exercices de synthèse</i> .....	287
<b>CHAPITRE 6 : L'ÉLECTROMAGNÉTISME</b> .....	291
L'histoire de l'électromagnétisme .....	293
Les interactions entre aimants et courant .....	299
Le champ magnétique créé par un courant .....	299
Les électro-aimants .....	301

Quelques applications modernes . . . . .	302
L'imagerie par résonance magnétique nucléaire . . . . .	302
Le magnétisme, outil de stockage d'information . . . . .	302
Les haut-parleurs . . . . .	303
L'action d'un champ magnétique sur un courant . . . . .	304
Les moteurs électriques . . . . .	304
Les générateurs . . . . .	307
Les transformateurs . . . . .	309
Les centrales électriques . . . . .	312
Les centrales hydroélectriques à barrage . . . . .	313
Les centrales thermiques . . . . .	314
La centrale thermique classique . . . . .	314
La centrale nucléaire. . . . .	315
La centrale diesel . . . . .	316
La centrale éolienne. . . . .	316
Les perturbations électromagnétiques . . . . .	318
Les aurores polaires. . . . .	319
Les orages magnétiques et les pannes . . . . .	319
Les lignes à haute tension et la santé : qui a raison? . . . . .	319
<i>Mots clés du chapitre</i> . . . . .	322
<i>Résumé</i> . . . . .	322
<i>Exercices de synthèse</i> . . . . .	324
<b>CHAPITRE 7 : LES CHOIX</b> . . . . .	327
Les différents choix et leurs conséquences . . . . .	335
Comment décider? . . . . .	338
Annexes . . . . .	343
Annexe 1 : <i>Brancher quatre milliards de personnes</i> . . . . .	345
Annexe 2 : <i>La demande d'électricité explose</i> . . . . .	346
Annexe 3 : <i>Une énergie presque donnée</i> . . . . .	347
Annexe 4 : <i>Hydro vise le Midwest et le Grand Nord</i> . . . . .	348
Annexe 5 : <i>Plus d'efficacité, moins de pollution</i> . . . . .	350
Annexe 6 : <i>L'œuvre d'Hydro-Québec</i> . . . . .	351
Annexe 7 : <i>Effets environnementaux des différents secteurs de l'énergie</i> . . . . .	352
<b>CONCLUSION</b> . . . . .	355
Synthèse. . . . .	357
Épreuve d'autoévaluation. . . . .	358
Formulaire . . . . .	372
Corrigé de l'épreuve d'autoévaluation. . . . .	373
Corrigé des exercices des chapitres . . . . .	383
Bibliographie. . . . .	447
Vocabulaire . . . . .	449



## INTRODUCTION GÉNÉRALE



## PRÉSENTATION

### **LE PROGRAMME DE SCIENCES PHYSIQUES**

Bienvenue au module *L'électricité : êtes-vous au courant?* qui fait partie du programme de sciences physiques de 4<sup>e</sup> secondaire. Vous trouverez dans ce programme deux autres modules : *Le nucléaire : de l'énergie dans la matière* et *Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau*.

Ce programme de sciences a été développé de façon à ce que vous puissiez acquérir des éléments de base en physique et en chimie. Ces connaissances de base ont pour but de permettre une meilleure compréhension des réalités sociales et technologiques d'une société moderne afin de former des citoyens éclairés. De plus, l'étude de ces trois modules vise à développer l'intérêt pour les sciences et la recherche et à fournir une préparation adéquate pour les programmes optionnels de 5<sup>e</sup> secondaire.

### **LE MODULE L'ÉLECTRICITÉ : ÊTES-VOUS AU COURANT?**

Le module *L'électricité : êtes-vous au courant?* est un cours de 4<sup>e</sup> secondaire. Il porte le sigle SCP-4011-2 et donne 2 unités si vous réussissez avec succès les démarches de sanction décrites dans la section « Aux élèves inscrits en Formation à distance ».

Ce module aborde l'évolution des connaissances fondamentales de base et les principales caractéristiques de l'électricité, du magnétisme et de l'électromagnétisme. Il permet, en outre, de mieux connaître les circuits résidentiels, les appareils électriques couramment utilisés et les règles de sécurité élémentaires associées à l'utilisation de l'électricité. De plus, il veut faire réaliser l'importance de la production et de la consommation d'énergie électrique dans notre société au moyen du débat actuel sur les enjeux relatifs à l'exploitation des sources d'énergie électrique.

## LES OBJECTIFS

### Chapitre 1 : L'électricité au cœur de nos vies

### Chapitre 2 : Les circuits simples

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Expliquer les caractéristiques et le rôle des composants d'un circuit électrique simple.	Décrire les composants d'un circuit électrique simple. Représenter schématiquement un circuit électrique. Définir les caractéristiques d'un circuit électrique. Préciser le rôle des composants d'un circuit électrique simple. Préciser l'influence de la résistance et de la force électromotrice d'une pile sur l'intensité du courant. Associer les caractéristiques et le rôle des composants d'un circuit électrique aux caractéristiques et aux rôles des composants d'un circuit hydraulique.
Comparer les piles, les batteries et les accumulateurs quant à leurs caractéristiques et à leur utilisation.	Décrire le fonctionnement d'une pile. Décrire les caractéristiques des différents types de piles. Définir les termes « tension » et « f.é.m. ». Comparer la capacité énergétique de différents types de piles. Distinguer pile, batterie et accumulateur. Préciser les avantages et les inconvénients des piles, des batteries et des accumulateurs dans des cas simples d'utilisation.
Distinguer l'ampèremètre, le voltmètre et l'ohmmètre quant à leur utilisation et à leur mode de branchement.	Préciser l'usage de l'ampèremètre, du voltmètre et de l'ohmmètre. Donner le mode de branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un ohmmètre. Représenter, sur un schéma de circuit électrique, le branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un ohmmètre. Mesurer les paramètres d'un circuit électrique à l'aide d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un ohmmètre.



Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Utiliser la définition du courant pour expliquer des situations concrètes simples.	<p>Associer le courant électrique au déplacement d'électrons dans un conducteur.</p> <p>Associer l'intensité du courant à un débit d'électrons dans un conducteur.</p> <p>Déterminer le sens conventionnel du courant dans un circuit simple donné.</p> <p>Utiliser correctement les unités de mesure de courant (ampère) et de charge (ampère-heure et Coulomb).</p> <p>Appliquer la relation <math>I = \frac{Q}{t}</math> dans des cas concrets simples.</p>
Expliquer l'utilisation de certains matériaux selon qu'ils sont conducteurs, semi-conducteurs ou isolants.	<p>Décrire les propriétés électriques des conducteurs, des isolants et des semi-conducteurs.</p> <p>Décrire le mouvement des électrons dans un conducteur, un isolant et un semi-conducteur.</p> <p>Donner des exemples de matériaux isolant, conducteur et semi-conducteur et de leurs utilisations.</p>
Utiliser la loi d'Ohm pour évaluer les conséquences de la variation de un ou de deux paramètres dans un circuit électrique simple.	<p>Définir la résistance.</p> <p>Trouver la valeur d'une résistance à partir d'un graphique de <math>U</math> en fonction de <math>I</math>.</p> <p>Énoncer la loi d'Ohm.</p> <p>Appliquer la loi d'Ohm dans des cas concrets simples.</p>
Utiliser la relation $R = \frac{\rho L}{A}$ pour évaluer les conséquences de la variation de un ou de deux paramètres sur la résistance d'un fil conducteur.	<p>Établir la relation qui existe entre la longueur d'un fil et sa résistance.</p> <p>Établir la relation qui existe entre la section d'un fil et sa résistance.</p> <p>Définir la résistivité comme la caractéristique électrique d'un matériau.</p> <p>Énoncer la relation entre les caractéristiques d'un conducteur et sa résistance.</p> <p>Associer <math>R</math>, <math>L</math>, <math>A</math> et <math>\rho</math> à leur unité de mesure respective.</p> <p>Interpréter le code des couleurs des résistors.</p> <p>Associer à un numéro de jauge des fils de différentes utilisations.</p>

### Chapitre 3 : Les circuits complexes

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Déterminer la valeur d'une ou de plusieurs des variables d'un circuit en série, soit l'intensité totale et l'intensité dans un résistor, la résistance équivalente et la résistance d'un résistor, la force électromotrice et la tension aux bornes des résistors.	Établir expérimentalement la relation entre la résistance équivalente et la résistance des résistors d'un circuit en série. Décrire la relation entre l'intensité totale et l'intensité dans un résistor d'un circuit en série. Décrire la relation entre la force électromotrice et la tension aux bornes des résistors d'un circuit en série. Calculer la valeur de la résistance équivalente d'un circuit en série. Tracer le circuit équivalent d'un circuit en série. Déterminer la valeur de la tension aux bornes de chaque résistor dans un circuit en série. Déterminer la valeur de l'intensité du courant dans chaque résistor d'un circuit en série.
Déterminer la valeur d'une ou de plusieurs des variables d'un circuit en parallèle, soit l'intensité totale et l'intensité dans un résistor, la résistance équivalente et la résistance d'un résistor, la force électromotrice et la tension aux bornes des résistors.	Établir la relation entre la résistance équivalente et la résistance des résistors d'un circuit en parallèle. Démontrer mathématiquement la relation entre la résistance équivalente et les résistances individuelles dans un circuit en parallèle. Décrire la relation entre l'intensité totale et l'intensité dans un résistor d'un circuit en parallèle. Décrire la relation entre la force électromotrice et la tension aux bornes des résistors d'un circuit en parallèle. Calculer la valeur de la résistance équivalente d'un circuit en parallèle. Tracer le circuit équivalent d'un circuit en parallèle. Déterminer la valeur de la tension aux bornes de chaque résistor dans un circuit en parallèle. Déterminer la valeur de l'intensité du courant dans chaque résistor d'un circuit en parallèle.
Expliquer la répartition des tensions et des courants dans un circuit mixte.	Distinguer, dans un circuit mixte, les résistors branchés en série de ceux qui sont branchés en parallèle.

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Justifier le choix de branchement en série ou en parallèle de certains composants d'un circuit électrique.	<p>Donner des exemples d'utilisation de branchements en série.</p> <p>Donner les avantages du mode de branchement en série.</p> <p>Donner des exemples d'utilisation de branchements en parallèle.</p> <p>Donner les avantages du mode de branchement en parallèle.</p>
Résoudre des problèmes relatifs à la puissance et à la consommation d'énergie de différents appareils électriques.	<p>Définir la puissance comme une énergie produite ou consommée par unité de temps.</p> <p>Calculer la puissance fournie par une source.</p> <p>Appliquer le principe de conservation de l'énergie à un circuit électrique.</p> <p>Calculer la puissance dissipée par un ou plusieurs éléments d'un circuit ou par un ou plusieurs appareils électriques.</p> <p>Calculer l'énergie consommée par un ou plusieurs éléments d'un circuit ou par un ou plusieurs appareils électriques.</p> <p>Utiliser correctement les unités de la puissance et de l'énergie, le watt et ses multiples, le joule et le kilowattheure.</p>
Expliquer l'effet Joule dans des situations concrètes selon que l'on cherche à l'exploiter ou à le minimiser.	<p>Énoncer le principe de conservation de l'énergie et de la puissance.</p> <p>Définir l'effet Joule.</p> <p>Calculer la puissance dégagée par l'effet Joule dans un résistor.</p> <p>Calculer le pourcentage de perte de puissance causée par l'effet Joule dans le transport de l'électricité.</p> <p>Définir ce qu'est le rendement.</p> <p>Donner des exemples d'exploitation de l'effet Joule.</p> <p>Donner des exemples de situations où on cherche à minimiser l'effet Joule.</p>

## Chapitre 4 : Le courant, son transport et sa distribution

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Distinguer courant alternatif et courant continu quant à leurs caractéristiques, leurs sources et leurs utilisations.	Donner les caractéristiques du courant continu. Donner les caractéristiques du courant alternatif. Calculer la puissance moyenne produite ou générée dans un circuit en courant alternatif. Distinguer intensité efficace et intensité maximale. Distinguer tension efficace et tension maximale. Nommer des sources de courant alternatif et des sources de courant continu. Donner des exemples d'utilisation du courant alternatif et du courant continu. Décrire le mode de branchement du transformateur au tableau de distribution d'une maison.
Justifier l'utilisation de certaines méthodes de branchement et de distribution dans les circuits électriques résidentiels.	Décrire le mode de branchement du transformateur au tableau de distribution d'une maison. Décrire le mode de branchement du tableau de distribution aux sorties. Décrire le mode de branchement des sorties d'une dérivation universelle. Décrire le mode de branchement de la sortie d'une dérivation simple. Distinguer le calibre habituel des fusibles pour les dérivations à 120 V de celui des fusibles pour les dérivations à 240 V. Décrire le mode de fonctionnement d'une prise double. Décrire les caractéristiques d'une prise de salle de bain. Décrire les utilisations de la prise de terre comme mesure de protection. Planifier l'installation d'un circuit électrique résidentiel simple.

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
<p>Décrire les caractéristiques du transformateur et le rôle de celui-ci dans le transport et l'utilisation de l'électricité.</p>	<p>Distinguer le rôle du transformateur de celui de l'onduleur et du redresseur.</p> <p>Définir les termes « primaire » et « secondaire » rattachés au transformateur.</p> <p>Comparer la puissance au primaire à celle du secondaire dans un transformateur.</p> <p>Associer le rôle de dévolteur ou de survolteur d'un transformateur au rapport du nombre de tours au secondaire à celui du primaire.</p> <p>Donner des exemples d'utilisation de transformateurs dévolteurs et survolteurs.</p> <p>Résoudre des problèmes à l'aide des rapports</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$
<p>Expliquer les risques et les dangers associés à l'utilisation de l'électricité.</p>	<p>Définir les termes « choc électrique » et « électrocution ».</p> <p>Expliquer la fonction protectrice de certaines pièces d'un appareil électrique.</p> <p>Relever des situations associées à l'utilisation de l'électricité qui représentent un risque ou un danger.</p>

### Chapitre 5 : L'électricité statique et le magnétisme

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
<p>Illustrer, à l'aide d'exemples puisés dans l'histoire de l'électricité ou du magnétisme, les liens qui existent entre la science, la technologie et la société.</p>	<p>Relever, en les situant dans leur contexte historique, les principales étapes ayant mené aux connaissances actuelles de l'électricité.</p> <p>Relever, en les situant dans leur contexte historique, les principales étapes ayant mené aux connaissances actuelles du magnétisme.</p>

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Utiliser la loi de Coulomb pour évaluer les conséquences de la variation d'un paramètre sur la force électrique.	<p>Énoncer la loi de la conservation de la charge qui s'applique lorsque deux corps électrisés sont mis en contact.</p> <p>Décrire le phénomène d'électrisation par contact d'un corps neutre à l'aide d'un corps chargé.</p> <p>Décrire le phénomène d'électrisation par frottement de deux corps isolants.</p> <p>Décrire le phénomène d'électrisation par frottement ou par contact d'un conducteur.</p> <p>Décrire l'effet de mise à la terre sur un conducteur chargé.</p> <p>Décrire le phénomène d'électrisation par induction.</p> <p>Décrire des exemples de décharge électrique.</p>
Utiliser la loi de Coulomb pour évaluer les conséquences de la variation d'un paramètre sur la force électrique.	<p>Énoncer la loi de Coulomb.</p> <p>Prédire la variation de la force électrique résultant d'une variation de la valeur d'une charge.</p> <p>Prédire la variation de la force électrique résultant d'une modification de la distance entre les deux charges.</p>
Illustrer les lignes de champ magnétique entre deux pôles d'un aimant ou d'un électro-aimant.	<p>Tracer les lignes de champ magnétique autour d'un aimant ou entre les pôles identiques ou différents de deux aimants.</p> <p>Reconnaître les pôles d'un aimant d'après le sens des lignes du champ magnétique.</p> <p>Tracer les lignes de champ magnétique autour d'un électro-aimant ou entre les pôles identiques ou différents de deux électro-aimants.</p>
Décrire diverses utilisations de l'électricité statique et les dangers qui sont associés à cette forme d'électricité.	<p>Nommer diverses utilisations de l'électricité statique.</p> <p>Expliquer, dans des situations données, en quoi l'électricité statique peut constituer un danger.</p>

## Chapitre 6 : L'électromagnétisme

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Illustrer, à l'aide d'exemples puisés dans l'histoire de l'électromagnétisme, les liens qui existent entre la science, la technologie et la société.	Relever, en les situant dans leur contexte historique, les principales étapes ayant mené aux connaissances actuelles de l'électromagnétisme.
Décrire quelques applications de l'électromagnétisme ainsi que le principe de fonctionnement d'un moteur et d'un générateur.	Décrire le phénomène d'induction électromagnétique. Décrire brièvement quelques utilisations de l'induction électromagnétique. Expliquer brièvement le fonctionnement d'un moteur électrique. Expliquer brièvement le fonctionnement d'un générateur. Décrire les conversions d'énergie mises en cause dans le fonctionnement d'un moteur et d'un générateur.
Expliquer comment chaque type de centrale électrique transforme une source d'énergie en une autre.	Décrire le fonctionnement général d'une centrale électrique. Décrire sommairement le fonctionnement d'une centrale hydroélectrique. Décrire sommairement le fonctionnement d'une centrale thermique conventionnelle. Décrire sommairement le fonctionnement d'une centrale nucléaire. Décrire sommairement le fonctionnement d'une centrale au diesel. Décrire sommairement le fonctionnement d'une éolienne.
Décrire les avantages et les inconvénients liés à la localisation, à la construction et à l'utilisation des différents types de centrale électrique et les problèmes liés au transport de l'électricité.	Décrire les avantages et les inconvénients liés à la construction de chaque type de centrale électrique. Décrire les avantages et les inconvénients liés à l'utilisation de chaque type de centrale électrique. Décrire les problèmes liés au transport de l'électricité.

## Chapitre 7 : Les choix

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Illustrer, par l'analyse d'un cas concret, la complexité du choix d'un mode de production d'électricité.	

---



## CONSIGNES D'UTILISATION DU GUIDE D'APPRENTISSAGE

Le présent guide d'apprentissage est un instrument qui tend à respecter les caractéristiques principales de l'apprentissage individualisé.

Ainsi, par ce mode d'apprentissage, on veut favoriser chez vous :

- la plus grande participation possible,
- la prise en charge de votre cheminement,
- le respect de votre rythme,
- la mise à profit de votre expérience et de vos connaissances.

Par ce mode, vous pourrez, tout au long de votre cheminement, faire la constatation de vos succès ou de vos échecs, déterminer les causes de ceux-ci ainsi que les moyens à prendre pour continuer à progresser dans votre apprentissage.

Au cours de votre travail, vous pourrez consulter votre formateur. Si un point vous semble plus difficile, il ne faut pas hésiter à avoir recours à cette aide précieuse. Le formateur fournira, selon le cas, conseils, animation, critiques et commentaires en adaptant ces divers services à vos besoins.

Ce guide d'apprentissage individualisé comporte trois sections : l'introduction générale, les activités d'apprentissage et la conclusion.

La première section, l'introduction générale que vous êtes en train de lire, vous présente le cours, les objectifs qu'il permet d'atteindre et l'information pertinente pour vous préparer à aborder le contenu proposé. Vous y trouverez également une partie « Préalables » portant sur différentes notions qu'il est utile d'avoir en mémoire avant de débiter votre apprentissage.

La deuxième section renferme les activités d'apprentissage regroupées en sept chapitres. Chacun de ces chapitres comprend un certain nombre de thèmes appuyés par des textes, des tableaux, des illustrations, des exercices, des expériences et des activités. Au début de chacun des chapitres, vous trouverez l'énumération des objectifs à atteindre ainsi qu'un schéma situant le chapitre dans une vue d'ensemble du cours. Pour vous aider à en réviser le contenu, vous trouverez aux dernières pages de chacun les mots clés du chapitre, un résumé et des exercices de synthèse. En annexe des chapitres 1 et 7, vous trouverez des lectures complémentaires.

Le dernier chapitre est très riche quant aux informations sur les débats sociaux. La consultation des annexes vous permettra de développer l'habileté à saisir le sens des situations et des débats rapportés dans les journaux.

Telle qu'elle est structurée, cette section doit être travaillée chapitre par chapitre. Les questions et les exercices sont là pour vous permettre d'évaluer votre maîtrise des connaissances au fur et à mesure que vous progressez.

Tout au long du texte, différents signes et pictogrammes vous guident dans votre apprentissage. En voici un résumé.

## Gras

Les mots en caractères gras apparaissent dans le texte en y étant accompagnés de leur signification. Cette première définition peut, dans certains cas, être complétée par la suite et une définition plus formelle est donnée dans la partie « Vocabulaire » à la fin du guide. Ces mots se retrouvent également dans la section « Mots clés du chapitre », un document d'accompagnement où vous devrez écrire dans vos mots votre compréhension de ces termes.



Un texte coiffé d'une ampoule ajoute un complément d'informations : il ne fait pas directement partie de l'apprentissage et aucune question de l'épreuve d'évaluation finale (sommative) ne portera sur son contenu.

## Activité

Les parties notées « Activités » vous présentent des exercices guidés qui facilitent l'apprentissage des notions étudiées.



Le flacon précède les parties du texte notées « Expérience ». Afin de mieux comprendre une situation ou expliquer un phénomène, vous aurez à effectuer des expériences en laboratoire ou à l'aide de la trousse d'expérimentation de la Formation à distance.



Le crochet coiffe un encadré qui rassemble tous les mots clés du chapitre.



Le trombone précède le résumé du chapitre.



Le crayon précède les exercices de synthèse du chapitre.



La punaise à babillard précède les annexes du chapitre, s'il y a lieu.

La troisième section, la conclusion, vous propose une synthèse de l'ensemble des cours du programme poursuivi ainsi qu'une épreuve d'autoévaluation dans le but de vous aider à déterminer si vous avez bien assimilé les apprentissages réalisés et si vous êtes en mesure de vous présenter à l'évaluation finale. Cette section regroupe aussi le corrigé de cette épreuve, celui des exercices de chacun des chapitres ainsi que celui des activités, des expériences et des exercices de synthèse. Elle présente également une bibliographie que vous pourrez consulter afin d'approfondir vos apprentissages ainsi que le vocabulaire comprenant, entre autres, la définition des mots clés.

Bonne étude!

## **AUX ÉLÈVES INSCRITS EN FORMATION À DISTANCE**

Le présent guide d'apprentissage constitue votre principal instrument de travail pour le cours *L'électricité : êtes-vous au courant?* Il a été conçu de manière à tenir compte le plus possible des conditions et des particularités des adultes inscrits en Formation à distance.

L'apprentissage à distance est une formule souple qui présente plusieurs avantages, dont celui de travailler à son propre rythme, dans le confort de son foyer. Toutefois, cela entraîne également des contraintes : vous devez prendre en charge votre apprentissage et vous motiver à fournir un effort constant.

Voici quelques points qui vous aideront dans votre cheminement.

### **LE RYTHME DE TRAVAIL**

- Établissez-vous un horaire d'étude en tenant compte de vos dispositions et de vos besoins ainsi que de vos obligations familiales, professionnelles et autres.
- Essayez de consacrer quelques heures par semaine à l'étude, de préférence en blocs de une ou deux heures à la fois.
- Respectez, autant que possible, l'horaire que vous avez choisi.

### **LE MATÉRIEL**

Ayez sous la main tout le matériel dont vous aurez besoin.

- Matériel d'apprentissage : votre guide accompagné d'un cahier de notes où vous consignerez en résumé les notions importantes à retenir en relation avec la liste des objectifs donnée dans l'introduction du guide et le supplément « Mots clés des chapitres » où vous complétez la définition dans vos propres mots de tous les termes en caractères gras de votre guide.
- Matériel de référence : un dictionnaire, une calculatrice.
- Matériel divers : un crayon à la mine pour inscrire vos réponses et vos notes dans votre guide, un stylo de couleur pour corriger vos réponses, un surligneur pour souligner les idées importantes, une gomme à effacer, etc.
- La trousse d'expérimentation et le guide d'utilisation du multimètre.

### **LES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE**

Le présent guide comprend une partie théorique ainsi que des activités pratiques sous forme d'exercices accompagnés d'un corrigé. Vous y trouverez également quelques expériences qui exigent des manipulations simples que vous pourrez effectuer à l'aide de la trousse d'expérimentation que vous vous êtes procuré avec ce guide. Il est important de bien prendre le temps d'exécuter les manipulations proposées, car elles vous aideront à mieux comprendre la théorie.

Pour mener à bien l'étude de chacun des chapitres, commencez par faire un survol rapide de l'ensemble des sections pour en examiner le contenu et les principales parties. Puis, lisez attentivement la théorie :

- surlignez les points importants;
- prenez des notes dans les marges;
- cherchez les mots nouveaux dans un dictionnaire;
- résumez dans votre cahier de notes les passages importants;
- portez attention aux figures;
- dans le supplément « Mots clés des chapitres », définissez dans vos propres mots les termes en caractères gras dans le texte et comparez ensuite vos définitions à celles données dans le vocabulaire;
- et, si vous ne comprenez pas une idée, notez vos questions.

### **LES EXPÉRIENCES**

Afin d'atteindre les objectifs de ce cours, des expériences accompagnent les activités d'apprentissage. Ces expériences sont obligatoires : c'est pourquoi vous avez dû vous procurer une trousse d'expérimentation et un multimètre. La trousse comprend les pièces importantes qui pourraient s'avérer plus difficiles à trouver. Conservez les éléments de cette trousse : ils seront réutilisés dans les cours de chimie de 5<sup>e</sup> secondaire. Vous devrez vous procurer vous-même quelques éléments : nous ne les avons pas inclus afin de maintenir les frais d'expédition de la trousse au plus bas.

- Pour les expériences 2.1 et 2.2 : une batterie de 6 V, un couteau, deux citrons, deux clous et deux pièces de 1 ¢.
- Pour les expériences 3.1 et 3.2 : une batterie de 6 V.
- Pour l'expérience 5.1 : un peigne en plastique, des bouts de papier (ou confettis), un carré de feutre ou de lainage, un ballon.

### **LES EXERCICES**

Les exercices sont accompagnés d'un corrigé que l'on retrouve à la fin du guide sur les feuilles de couleur, à la suite de l'autoévaluation.

- Faites tous les exercices proposés.
- Lisez attentivement les directives et les questions avant d'inscrire vos réponses.
- Faites les exercices de votre mieux sans consulter le corrigé. Relisez les questions et vos réponses et modifiez celles-ci, s'il y a lieu. Ensuite, reprenez vos réponses en les comparant avec celles du corrigé et essayez de comprendre vos erreurs, le cas échéant.
- Afin de mieux vous préparer à l'évaluation finale, complétez l'étude du chapitre avant d'y faire les exercices de synthèse et faites ensuite ceux-ci en référant le moins souvent possible à votre texte de cours. Toutefois, vous n'avez pas à connaître par cœur les dates et autres données numériques de même que les noms des chercheurs. Il faut plutôt viser à acquérir une vue d'ensemble, à établir des liens et à développer votre jugement.

## **L'ÉPREUVE D'AUTOÉVALUATION**

L'épreuve d'autoévaluation est une étape de préparation à l'évaluation finale. Avant de vous y attaquer, vous devrez compléter votre étude : relisez votre cahier de notes et les définitions des mots clés des chapitres, mettez-les en relation avec les objectifs du cours cités dans l'introduction générale du guide. Assurez-vous de bien comprendre le sens de ces objectifs. Faites ensuite l'épreuve d'autoévaluation sans consulter votre texte de cours ni le corrigé. Comparez ensuite vos réponses avec celles du corrigé et complétez votre étude, au besoin.

## **VOTRE TUTRICE OU VOTRE TUTEUR**

Votre tutrice ou votre tuteur est la personne qui vous soutient dans votre démarche : il demeure à votre disposition pour répondre à vos questions, corriger et annoter vos devoirs.

En fait, c'est la personne-ressource à qui vous faites appel en cas de besoin. Si ses heures de disponibilité et ses coordonnées ne vous ont pas été transmises avec ce guide, elles le seront bientôt. N'hésitez pas à la consulter si vous éprouvez des difficultés avec la théorie ou les exercices, ou si vous avez besoin d'encouragement pour poursuivre votre étude. Notez vos questions par écrit et communiquez avec elle pendant ses heures de disponibilité et, au besoin, écrivez-lui.

Votre tutrice ou votre tuteur vous guide tout au long de votre apprentissage et vous fournit les conseils, les critiques et les commentaires susceptibles d'assurer le succès de votre projet de formation.

## **LES DEVOIRS**

Le présent cours comporte trois devoirs : l'un suit l'étude des chapitres 1, 2 et 3, le deuxième est à la suite des chapitres 4 et 5, et le dernier fait suite aux chapitres 6 et 7. De plus, le dernier devoir peut contenir des questions sur l'ensemble des objectifs du cours. Il est important d'attendre d'avoir reçu la correction d'un devoir avant d'envoyer le suivant.

Les devoirs indiquent à votre tutrice ou votre tuteur que vous comprenez bien la matière et que vous êtes en mesure de poursuivre votre apprentissage. Si ce n'est pas le cas, il le précisera sur votre devoir en consignant des commentaires et des suggestions pour vous aider à vous remettre sur la bonne voie. Il importe donc que vous preniez connaissance des corrections et des annotations apportées à vos devoirs.

Vous devez obtenir une moyenne d'au moins 60 % pour les trois devoirs si vous voulez être admis à passer l'épreuve (examen) vous permettant d'obtenir les unités attribuées à ce cours.

Les devoirs ressemblent à l'épreuve finale qui se déroule sous la surveillance d'un responsable et sans notes de cours. Il est donc à votre avantage de faire les devoirs sans consulter votre guide d'apprentissage et de profiter des corrections de votre tutrice ou votre tuteur pour ajuster votre tir. C'est là une excellente façon de se préparer à l'épreuve.

N'oubliez pas ! Attendez d'avoir reçu la correction de votre devoir avant d'envoyer le suivant.

## **LA SANCTION**

Si vous avez obtenu une moyenne de 60 % ou plus pour vos devoirs, vous serez autorisé à vous présenter à l'épreuve finale pour obtenir vos unités. L'épreuve est composée de deux parties distinctes.

La première partie est une épreuve écrite dans laquelle on retrouve des questions à choix multiples, des associations et des questions à réponses courtes. Cette première partie compte pour 78 % de la note finale et se fait en une seule séance de deux heures. Un formulaire<sup>1</sup> (liste des formules) est fourni et l'usage de la calculatrice est permis.

La deuxième partie est aussi une épreuve écrite dans laquelle on retrouve une ou des questions à développement permettant d'exprimer une synthèse des acquis de ce cours quant à l'utilisation de différents types de centrales électriques. Cette deuxième partie compte pour 22 % de la note finale et se fait en une seule séance de 90 minutes.

Les deux parties se déroulent sous la surveillance d'un responsable et sans notes de cours.

Pour obtenir les unités attribuées à ce cours, vous devez obtenir une note de 60 % au total des deux parties de l'épreuve. Les résultats des devoirs ne font donc pas partie de la note finale.

## **RENSEIGNEMENTS UTILES**

Nombre d'unités :	2 unités de 4 <sup>e</sup> secondaire
Durée de la formation :	50 heures de travail (approximativement)
Nombre de devoirs :	3 devoirs
Moyenne de passage :	60 % pour les devoirs 60 % pour l'évaluation finale

---

1. Ce formulaire est reproduit avec l'épreuve d'autoévaluation.

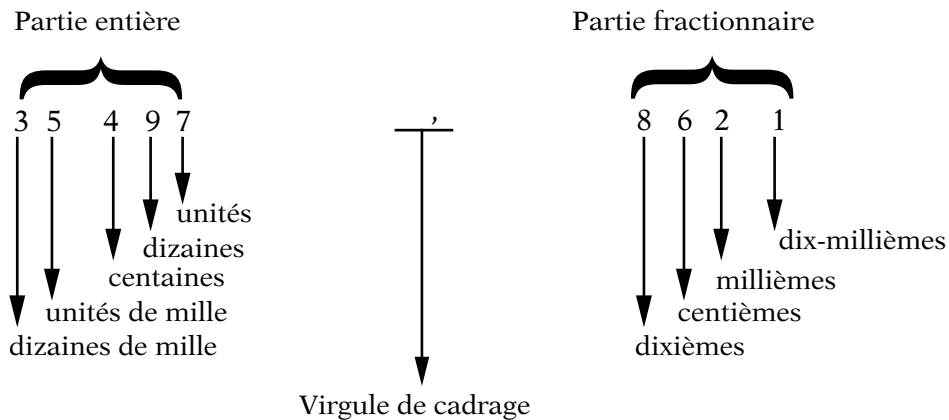
## PRÉALABLES

Les préalables sont un rappel de notions qui doivent être connues afin de travailler avec plus de facilité dans le module. Lisez-les attentivement et, au besoin, revenez-y en faisant votre étude.

### COMMENT ARRONDIR UN NOMBRE?

On peut, pour différentes raisons, vouloir arrondir un nombre à l'unité près, au dixième près ou à toute autre position. Pour répondre à cette question, il importe tout d'abord de connaître les noms accordés à chacune des positions des chiffres d'un nombre décimal. Prenons, par exemple, le nombre 35 497,862 1 : la valeur de position accordée à chacun de ses chiffres se lit comme suit.

**Le nombre décimal 35 497,862 1**



Si, maintenant, on désire arrondir ce nombre à l'une ou l'autre des différentes positions, les étapes à suivre sont les suivantes.

- Repérer le chiffre qui correspond à l'ordre de grandeur demandé.
- Identifier le premier chiffre à droite de la position demandée :
  - s'il est 0, 1, 2, 3 ou 4, le chiffre de la position demandée reste le même;
  - s'il est 5, 6, 7, 8 ou 9, le chiffre de la position demandée augmente de 1.
- Tous les chiffres à droite de la position demandée :
  - deviennent zéro s'ils sont dans la partie entière du nombre;
  - disparaissent s'ils sont dans la partie fractionnaire du nombre.

### Exemple

Arrondissez le nombre 35 497,862 1 à l'unité près, au dixième près et au centième près.

- À l'unité près

Le chiffre 7 correspond aux unités. Le premier chiffre à droite de 7 est 8; donc, 7 (les unités) augmente de 1 pour devenir 8. Tous les autres chiffres à droite des unités disparaissent. On obtient 35 498.

- Au dixième près

Le chiffre 8 correspond aux dixièmes. Le premier chiffre à droite de 8 est 6; donc, 8 (les dixièmes) augmente de 1 pour devenir 9. Les chiffres à la droite des dixièmes disparaissent. On obtient 35 497,9.

- Au centième près

Le chiffre 6 correspond aux centièmes. Le premier chiffre à droite de 6 est 2; donc, le 6 (les centièmes) ne change pas. Les chiffres à la droite des centièmes disparaissent. On obtient 35 497,86.

## LA PROPRIÉTÉ DES PROPORTIONS

Dans toute proportion, le produit des extrêmes est égal au produit des moyens. Cette règle est souvent appelée « produit croisé ».

En effet, puisque deux rapports égaux forment une proportion, on peut écrire  $\frac{1}{2} = \frac{4}{8}$ . D'où, si 1 et 8 sont les extrêmes, et 2 et 4 les moyens, on obtient  $1 \times 8 = 2 \times 4$ .

Cette propriété est fort utile pour transformer une quantité exprimée dans une certaine unité de mesure en une quantité équivalente exprimée dans une autre unité de mesure.

### Exemple

Soit une distance évaluée à 5 300 mètres. Exprimez cette distance en kilomètres.

Le mètre est l'unité de base du Système international d'unités (SI) et le préfixe kilo indique que l'unité de base est multipliée par 1 000. On peut donc écrire que 1 km est égal à 1 000 m. D'où :

Si 1 km correspond à 1 000 m, alors		1 km → 1 000 m
? km correspondent à 5 300 m.		? km → 5 300 m

On peut alors établir la proportion suivante :

$$\frac{1 \text{ km}}{x} = \frac{1\,000 \text{ m}}{5\,300 \text{ m}}$$

En appliquant la propriété des proportions :

$$1\,000 \text{ m} \times x = 5\,300 \text{ m} \times 1 \text{ km}$$



En résolvant l'équation :

$$x = \frac{5\,300 \cancel{\text{ m}} \times 1 \text{ km}}{1\,000 \cancel{\text{ m}}}$$

$$x = 5,3 \text{ km}$$

Une distance de 5 300 m est alors équivalente à 5,3 km.

## LES FORMULES

Les formules sont souvent des applications de la géométrie ou de lois de la physique. Une formule contient généralement plusieurs variables reliées par un symbole égal (=). Il est souvent utile de transformer ces formules afin de pouvoir déterminer l'une ou l'autre des variables. On peut y arriver en appliquant les règles de résolution des équations.

La formule pour déterminer le volume d'un prisme rectangulaire est  $V = L \times l \times h$  où  $V$  représente le volume,  $L$  la longueur,  $l$  la largeur et  $h$  la hauteur. Connaissant la longueur, la largeur et la hauteur, on peut alors déterminer le volume. Mais quelle serait la formule qui permettrait de déterminer la hauteur?

### Exemple

Soit la formule  $V = L \times l \times h$ . Quelle est la formule qui permet de déterminer la hauteur  $h$ ?

Pour déterminer la hauteur, il faut isoler la variable  $h$  dans l'équation. Or, pour isoler une variable, on peut diviser les deux membres d'une équation par la même valeur et simplifier l'équation obtenue.

$$V = L \times l \times h$$

$$\frac{V}{L \times l} = \frac{\cancel{L} \times \cancel{l} \times h}{\cancel{L} \times \cancel{l}}$$

$$\frac{V}{L \times l} = h$$

On obtient alors la formule  $h = \frac{V}{L \times l}$ .

## LA NOTATION SCIENTIFIQUE

La notation scientifique permet d'exprimer de très gros ou de très petits nombres, tout en évitant une écriture lourde et peu commode.

Rappelons tout d'abord la notation de quelques puissances de 10.

10 000	= 10 × 10 × 10 × 10	= 10 <sup>4</sup>
1 000	= 10 × 10 × 10	= 10 <sup>3</sup>
100	= 10 × 10	= 10 <sup>2</sup>
10	= 10	= 10 <sup>1</sup>
1	= 1	= 10 <sup>0</sup>
0,1	= 1/10	= 1/10 <sup>1</sup> = 10 <sup>-1</sup>
0,01	= 1/100	= 1/10 <sup>2</sup> = 10 <sup>-2</sup>
0,001	= 1/1 000	= 1/10 <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup>
0,000 1	= 1/10 000	= 1/10 <sup>4</sup> = 10 <sup>-4</sup>

Un nombre quelconque peut s'exprimer de plusieurs façons. Prenons, par exemple, le nombre 4 560. Voici quelques manières de l'exprimer.

$$\begin{aligned}4\ 560 &= 4\ 560 \times 1 &&= 4\ 560 \times 10^0 \\4\ 560 &= 456 \times 10 &&= 456 \times 10^1 \\4\ 560 &= 45,6 \times 100 &&= 45,6 \times 10^2 \\4\ 560 &= 4,56 \times 1\ 000 &&= 4,56 \times 10^3 \\4\ 560 &= 0,456 \times 10\ 000 &&= 0,456 \times 10^4\end{aligned}$$

Un nombre est exprimé en notation scientifique quand le premier terme qui le représente est un nombre compris entre 1 et 10 et que celui-ci est multiplié par la puissance de 10 requise pour obtenir ce nombre. Dans l'exemple ci-dessus, la notation scientifique de 4 560 est  $4,56 \times 10^3$ .

### Exemple

Les nombres suivants sont exprimés en notation scientifique.

$$\begin{aligned}13\ 400\ 000 &= 1,34 \times 10^7 \\1\ 994 &= 1,994 \times 10^3 \\740 &= 7,40 \times 10^2 \\53,004 &= 5,300\ 4 \times 10^1 \\0,5 &= 5 \times 10^{-1} \\0,000\ 467 &= 4,67 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

## LA LOI DES EXPOSANTS

On peut effectuer le produit de plusieurs puissances d'un même nombre en effectuant la somme de leurs exposants.

$$\begin{aligned}\text{En effet,} \quad &10^3 \quad \times \quad 10^2 \quad = ? \\&10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \quad = 100\ 000 \\&10^5 \quad = 100\ 000\end{aligned}$$

On peut alors écrire:  $10^3 \times 10^2 = 10^{3+2} = 10^5$

On peut effectuer le quotient de plusieurs puissances d'un même nombre en effectuant la différence de leurs exposants.

$$\text{en effet, } \frac{10^4}{10^2} = \frac{10 \times 10 \times 10 \times 10}{10 \times 10} = 100 = 10^2 \text{ ou}$$

$$\frac{10^4}{10^2} = 10^{4-2} = 10^2$$

$$\text{Rappel : } 0,001 = \frac{1}{1\,000} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$$

$$0,1 = \frac{1}{10} = 10^{-1}$$

$$10 = 10^1$$

$$1 = 10^0$$

### Exemple

Soit à effectuer les deux opérations suivantes.

$$\text{a) } \frac{8,4 \times 10^7}{4 \times 10^3} \text{ et } \text{b) } \frac{150 \times 10^{-8}}{3,22 \times 10^{-7}} \times 2$$

En appliquant la loi des exposants pour les nombres ayant la même base, on obtient :

$$\text{a) } \frac{8,4 \times 10^7}{4 \times 10^3} = \frac{8,4}{4} \times 10^{7-3} = 2,1 \times 10^4 = 21\,000$$

$$\text{b) } \frac{150 \times 10^{-8}}{3,22 \times 10^{-7}} \times 2 = \frac{150 \times 2}{3,22} \times 10^{-8-(-7)} = 93,17 \times 10^{-1} = 9,32$$

Ces opérations peuvent aussi se faire à l'aide de la calculatrice : référez-vous au guide d'utilisation de celle-ci.

## L'ÉLECTRICITÉ : ÊTES VOUS AU COURANT?

Magique, mystérieuse, dangereuse... l'électricité se mérite des qualificatifs exceptionnels, souvent dus, avouons-le, à la méconnaissance que nous en avons.

Dans notre quotidien, l'électricité signifie également confort, éclairage, appareils électroménagers, téléviseurs, ordinateurs, etc. Elle est devenue indispensable, certes, mais peu d'entre nous en connaissent les rudiments.

Qu'est-ce que l'électricité? Comment la produit-on? Que se passe-t-il quand on branche un appareil à une prise de courant? Que cachent les nombreux fils électriques qui font désormais partie du paysage?

Dans un premier temps, ce cours répondra à ces questions. Le premier chapitre présente un portrait de l'utilisation de l'énergie, dont l'électricité est une forme privilégiée. Les chapitres suivants expliquent l'électricité, les lois physiques qui la régissent, la production, le transport, la distribution et quelques utilisations modernes. Les notions sont abordées dans un contexte abondamment illustré et riche en anecdotes historiques.

Le parcours proposé vous permet de comprendre les principes à la base des phénomènes électriques et vous prépare à mieux aborder les questions d'actualité.

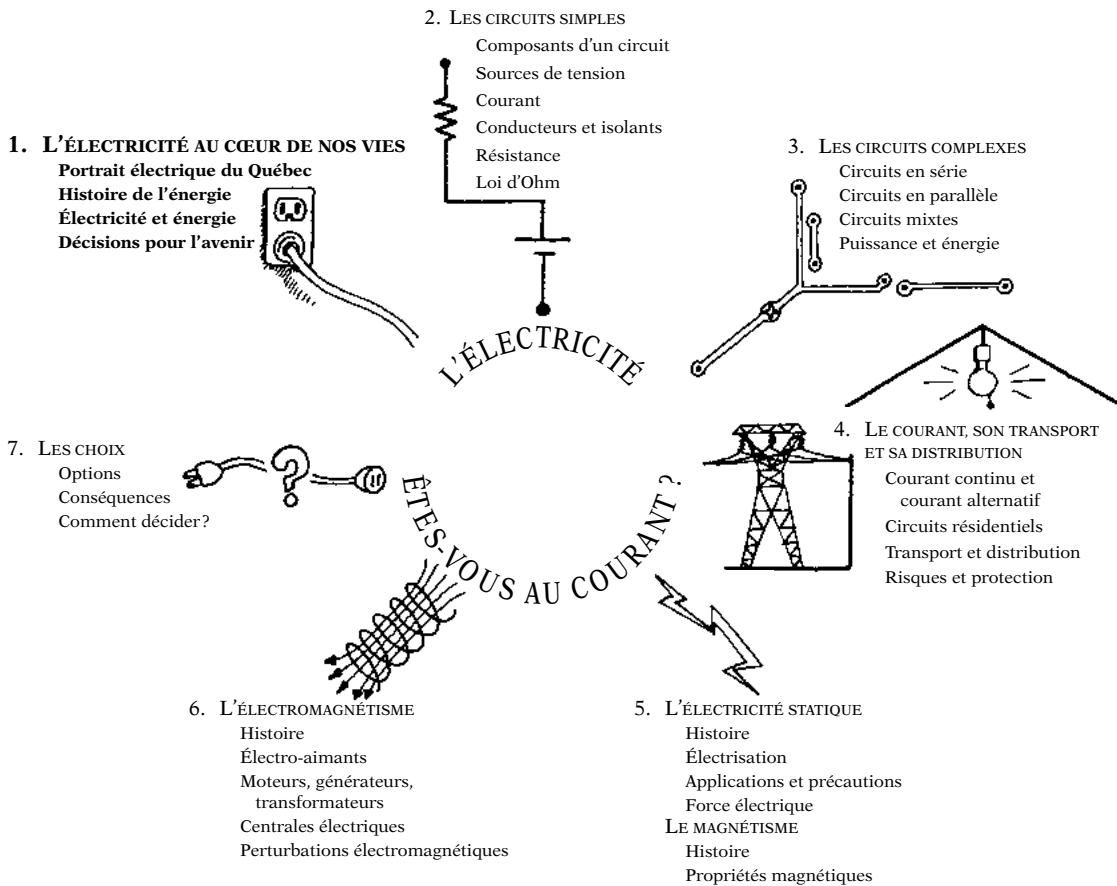
Pourquoi nous demande-t-on de réduire notre consommation d'électricité? Pourquoi le Québec a-t-il opté pour l'hydroélectricité alors que plusieurs pays construisent des centrales nucléaires et des centrales au charbon? Le Québec doit-il poursuivre dans cette voie? Quels sont les choix qui s'offrent à nous?

Au dernier chapitre, vous serez invité à évaluer les enjeux des choix que nos dirigeants devront faire pour satisfaire à la demande sans cesse croissante d'électricité. La question n'est pas simple, car chaque solution porte en elle-même ses avantages et ses inconvénients.

## CHAPITRE 1

### L'ÉLECTRICITÉ AU CŒUR DE NOS VIES





L'électricité est présente partout dans nos vies. Elle contribue à nous éclairer, à nous chauffer, à nous faire à manger et même à nous distraire. Sans électricité, il faut chauffer au mazout, au gaz ou au bois et jouer aux cartes à la lueur d'une chandelle! Il est bien plus facile de régler un thermostat et de tourner un commutateur. En outre, sans elle, certains usages seraient tout bonnement impossibles. Avez-vous déjà essayé de faire fonctionner un téléviseur ou un ordinateur avec du charbon?

L'électricité donne parfois l'impression d'être magique. On ne la voit pas, mais il suffit pourtant d'une pression du doigt pour l'obtenir. Nos grands-parents l'appelaient la « fée électricité ». Il faut dire que son entrée en scène, au tournant du siècle dernier, a représenté une véritable révolution. Elle a permis, par exemple, de grandement améliorer l'éclairage dans les rues, les maisons, les manufactures et les lieux publics. En fait, l'électricité fait tellement partie de notre quotidien qu'il faut presque une panne pour nous rappeler son existence.



### **Quand le courant est interrompu...**

Ce qu'on a appelé, « la crise du verglas » a commencé le lundi 5 janvier 1998. Des pluies abondantes se sont transformées en verglas à la suite d'une chute de la température. Les câbles de transmission d'électricité se sont recouverts à certains endroits d'une couche de glace suffisamment épaisse pour que s'effondrent des pylônes et des poteaux de bois supportant les câbles. Un million de foyers sont touchés et un abonné sur quatre est privé d'électricité et de chauffage. Des dizaines de milliers de personnes doivent abandonner leur résidence pour fuir le froid. Des centres d'hébergement d'urgence furent créés et l'armée canadienne vint aider la Sécurité civile.

Le prix des chandelles, des piles et batteries, des génératrices de courant à essence montent en flèche, la demande et la rareté se faisant sentir.

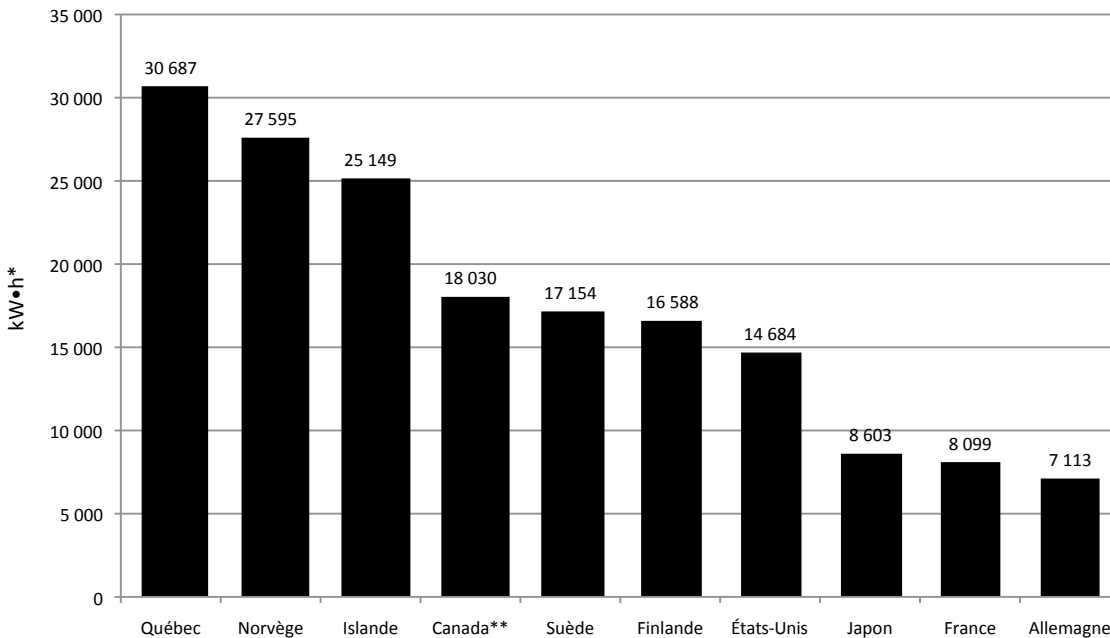
Montréal, l'Outaouais, la Montérégie, l'Estrie, les Laurentides, le Centre du Québec sont les régions les plus touchées.

Les impacts de cette crise ont été catastrophiques : 2 millions de québécois sinistrés, 450 centres d'hébergements mis sur pied, 20 000 poteaux de bois et 1 000 pylônes hors d'usage, 20 pertes de vie accidentelles. L'économie est tombée au ralenti à hauteur de 1,5 milliard de dollars.

## **L'ÉLECTRICITÉ ET LA SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE**

Notre société tout entière dépend de l'électricité. Le fonctionnement de l'industrie, des commerces, des services publics est étroitement lié à sa disponibilité. La circulation automobile dans les villes, par exemple, deviendrait vite anarchique sans les feux de signalisation alimentés par le courant électrique. En fait, l'électricité a pris une telle importance chez nous qu'on ne pourrait plus s'en passer. La situation est la même pour la plupart des pays industrialisés.

**Figure 1.1 – Consommation moyenne d’électricité par habitant dans le monde - Québec et principaux pays (2000)**



*La présence d’industries très énergivores au Québec hausse la consommation.*

\* Kilowattheure : unité de mesure de l’énergie électrique.

\*\* Incluant le Québec.

Source : Ministère des Ressources naturelles. *L’énergie au Québec*, édition 2004, p. 71.

Reproduit avec la permission du ministère des Ressources naturelles.

Les données qui précèdent indiquent une moyenne, calculée en divisant la consommation globale du pays par le nombre d’habitants. Si cette moyenne est moins élevée au Japon qu’au Québec, malgré que sa population soit 16 fois plus grande, ce n’est pas uniquement parce que les Japonais sont plus soucieux que nous de ne pas gaspiller l’électricité. Au Québec, la vie économique repose en bonne partie sur le secteur primaire, c’est-à-dire sur l’exploitation et la transformation des ressources naturelles, comme le bois et les minerais. Or, les industries papetière et minière consomment beaucoup d’électricité. En revanche, l’économie japonaise est basée surtout sur le secteur secondaire, notamment sur la fabrication d’appareils électroniques, qui est moins énergivore.



**Figure 1.2 – Tableau de la consommation moyenne annuelle d'électricité dans certaines industries (2002)**

Type d'industrie	Millions de kW-h	(%)
Fonte et affinage*	47 121	50,03
Pâtes et papiers	21 485	22,81
Produits chimiques	4 867	5,17
Sidérurgie	2 768	2,94
Mines	2 736	2,90
Ciment	449	0,48

\* Fonderies, alumineries, usines de bouletage du fer, etc.

Source : Ministère des Ressources naturelles. *L'énergie au Québec*, édition 2004, p. 70.

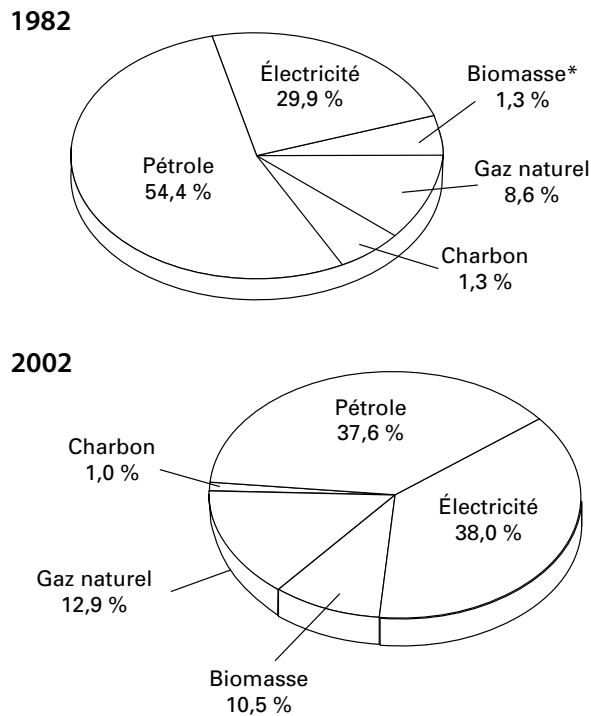
Reproduit avec la permission du ministère des Ressources naturelles.

Mise à part la distinction que nous venons de faire, on peut généralement différencier les pays riches des pays pauvres en évaluant combien leurs habitants consomment d'électricité. Par exemple, selon des données de l'Organisation des Nations-Unies, en 1990, un pays comme le Tchad, en Afrique, avait une consommation d'électricité moyenne par habitant de 14 kilowattheures, alors qu'en Chine cette consommation s'établissait à 546; pendant cette même période, aux États-Unis, on consommait 12 170 kilowattheures et au Québec 22 492. Pour l'ensemble de la planète, cette même consommation moyenne s'établit à 2 207 kilowattheures. La différence avec le Québec reste encore importante et on peut être considéré comme très énergivore. Toutefois, on peut sûrement s'attendre à plusieurs changements dans les années à venir. En effet, la pression démographique et l'accélération du progrès économique produisent une augmentation importante de la demande d'électricité dans les pays en voie de développement.

Mais comment peut-on expliquer une telle disproportion dans la consommation en électricité?

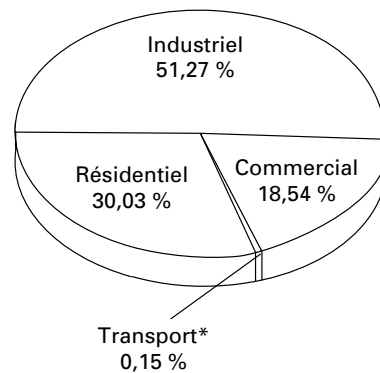
Le niveau de vie dans les pays riches est plus élevé que celui dans les pays pauvres : les personnes qui y habitent utilisent plus d'appareils électroménagers, ont de plus grandes maisons ou de plus vastes appartements à éclairer, etc. L'écart n'est pas seulement dû au niveau de vie. Il dépend également du climat. Beaucoup de pays riches sont situés dans l'hémisphère Nord où l'électricité sert aussi au chauffage. Par ailleurs, d'autres raisons expliquent la forte consommation d'électricité au Québec. Nous avons choisi d'accueillir des industries qui exigent beaucoup d'électricité comme les alumineries ou les papeteries. En même temps, nos dirigeants font tout pour répandre l'usage de l'électricité et réduire celui des autres formes d'énergie. Le Québec cherche à utiliser l'hydroélectricité qu'il produit, d'autant plus que ce mode de production est plus propre que ceux utilisant le pétrole ou le charbon comme matière première. L'électricité comble une forte proportion de nos besoins globaux en énergie, comme on peut le voir sur la figure 1.3.

**Figure 1.3 – Bilan énergétique du Québec**



\* Biomasse : matière organique, à base de carbone, qui englobe aussi bien les arbres que les déchets urbains.  
Source : Ministère des Ressources naturelles. *L'énergie au Québec*, édition 2004, p. 101.  
Reproduit avec la permission du ministère des Ressources naturelles.

**Figure 1.4 – Part de chaque secteur dans la consommation d'électricité (2002)**



\* Consommation liée au fonctionnement du métro.  
Source : Ministère des Ressources naturelles. *L'énergie au Québec*, édition 2004, p. 69.  
Reproduit avec la permission du ministère des Ressources naturelles.

L'électricité a connu et connaît encore une hausse impressionnante de popularité, tant au Québec que dans le reste du monde. De toutes les grandes sources d'énergie, c'est celle qui a le plus gagné de terrain. La consommation québécoise d'électricité représente plus de 1 % de la consommation mondiale. Les États-Unis sont, de loin, le principal pays consommateur d'électricité mondiale avec 26 %. La Chine qui a plus que doublé sa consommation entre 1990 et 2001, vient au 2<sup>e</sup> rang avec 9 %.

Nous pourrions utiliser encore moins d'électricité sans nous compliquer la vie. Nous utilisons trop souvent, par exemple, nos appareils électroménagers en pleine heure de pointe, quand

la demande atteint son maximum. Il serait pourtant si facile de faire la lessive plus tard en soirée! Évidemment, l'heure à laquelle nous faisons la lessive ne modifie en rien le montant de notre facture d'électricité, mais le fait d'en tenir compte pourrait changer les choses si l'on examine la situation d'un autre point de vue. L'électricité ne peut pratiquement pas être emmagasinée. La quantité produite par Hydro-Québec à un moment donné dépend donc directement de la demande des consommateurs. En conséquence, les centrales peuvent fonctionner, par exemple, à 90 % de leur capacité pendant quelques heures par jour, alors qu'en d'autres moments, la demande exige seulement 50 % du potentiel de production.

Analysons deux scénarios dans lesquels la demande d'électricité varie de la même façon. Dans le premier cas, l'augmentation est répartie proportionnellement sur l'ensemble de la journée de sorte que, pour satisfaire à la demande pendant l'heure de pointe, Hydro-Québec doit construire une centrale supplémentaire. Dans le second cas, nous faisons tous un effort pour utiliser nos appareils électriques en dehors des heures de pointe à chaque fois que c'est possible. Résultat : la consommation augmente dans les heures creuses mais elle demeure la même dans les heures de pointe. Hydro-Québec peut satisfaire à la demande sans ajouter de centrale au réseau déjà existant!

L'électricité n'est pas un cadeau du ciel. C'est une forme d'énergie qu'il a souvent fallu aller chercher très loin. Construire des centrales hydroélectriques exige en effet de grands travaux qui bouleversent l'environnement. Il faut aussi d'interminables lignes de transmission pour acheminer le courant à domicile. Du début à la fin, des ingénieurs et des techniciens accomplissent des prouesses pour produire et transporter cette précieuse énergie que nous consommons... et que nous payons.

L'électricité fait partie d'une grande famille, celle de l'énergie. L'électricité est un produit fabriqué : pour en obtenir, il faut, par exemple, utiliser la force de l'eau, la combustion du pétrole ou du gaz ou encore l'action du vent en construisant des centrales hydroélectriques et thermiques ou des éoliennes. C'est pourquoi l'on en parle comme d'une énergie secondaire, alors que les sources énumérées ci-dessus représentent des énergies primaires que l'on peut utiliser sans les transformer. C'est le cas notamment du gaz naturel qui peut être directement brûlé dans les fournaies pour produire de la chaleur.

L'énergie peut être mesurée. Vous avez souvent entendu parler de calorie<sup>1</sup> (cal). C'est une mesure d'énergie. Le mot latin *calor* veut dire « chaleur ». La kilocalorie (kcal), c'est-à-dire 1 000 calories, demeure l'une des unités de base pour évaluer une quantité d'énergie.

Dans le système international (SI), l'unité de l'énergie est le **joule** (J). Cependant, pour des raisons pratiques, plusieurs autres unités sont utilisées. La figure 1.5 regroupe les principales et donne leur équivalent en joules. Nous les expliquerons en détail au chapitre 3. Pour l'instant, mentionnons seulement que pour exprimer une très grande quantité d'énergie, la consommation totale d'un pays par exemple, on utilise la **tonne équivalent charbon** (tec) qui correspond à l'énergie fournie par la combustion de 1 tonne de charbon, ou encore la **tonne équivalent pétrole** (tep), une fois et demie supérieure à la tec et qui correspond à l'énergie fournie par la combustion de 1 tonne de pétrole.

---

1. Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C la température de 1 gramme d'eau pure. Notez cependant que les « calories alimentaires » sont en réalité des kilocalories. Les explications seront données au chapitre 3.

**Figure 1.5 – Tableau des principales unités de mesure de l'énergie**

Unité de mesure de l'énergie	Équivalence en joules (J)
Joule (J)	1
Calorie (cal)	4,18
Kilowattheure (kW·h)	3 600 000
Tonne équivalent charbon (tec)	29 000 000 000
Tonne équivalent pétrole (tep)	43 500 000 000

**Ex. 1.1** Toute panne de courant électrique perturbe grandement nos activités quotidiennes. Nommez quatre activités que vous vous proposez de faire dans les prochaines 24 heures et, pour chacune d'elles, dites quelles formes d'énergie de remplacement pourraient être utilisées en cas de panne.

Activités	Énergie de remplacement
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Ex. 1.2** Comment expliquez-vous que, au Québec, la consommation d'électricité par habitant soit parmi les plus élevées au monde?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Ex. 1.3** a) En vous référant à la figure 1.4, indiquez quel secteur est le plus grand consommateur d'énergie?

\_\_\_\_\_

b) Nommez quelques industries qui se trouvent dans votre région et qui consomment beaucoup d'électricité.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) Quel rang le secteur résidentiel occupe-t-il?

\_\_\_\_\_

**Ex. 1.4** Expliquez pourquoi la consommation d'électricité par habitant est plus élevée dans les pays riches que dans les pays pauvres.

---

---

---

---

---

## L'ÉNERGIE À TRAVERS LES SIÈCLES

Au fil du temps, les êtres humains ont employé de nombreuses formes d'énergie. La première, la plus vitale, demeure l'énergie tirée des aliments. Malgré tout, manger ne suffit pas, car il faut aussi se vêtir, se déplacer, accomplir toutes sortes de tâches qui exigent un apport d'énergie. Les grandes révolutions économiques ont souvent découlé de la mise en valeur de nouvelles ressources énergétiques.

On estime que, dans les premiers temps de l'humanité, la consommation d'énergie moyenne par habitant était d'environ 2 000 kilocalories par jour, soit l'équivalent de 0,1 tec par année. L'essentiel de cette consommation d'énergie se résumait en nourriture, le seul souci important étant en effet de survivre, en chassant pour pouvoir manger. À cet égard, les êtres humains ne se distinguaient pas vraiment des animaux.

Par la suite survient la conquête du feu. C'est le premier événement clé. À partir de ce moment, les êtres humains utilisent la chaleur, c'est-à-dire l'énergie thermique, pour se chauffer, faire cuire les aliments et, assez rapidement, travailler des métaux. On peut alors estimer qu'en incluant la nourriture, leur consommation moyenne d'énergie passe à 5 000 kilocalories par jour, soit l'équivalent d'environ 0,25 tec par année. La société change. La vie devient moins difficile; ainsi, plus de gens peuvent survivre. Bientôt, on apprendra à cultiver les champs et à domestiquer des animaux pour aider aux travaux.

À la Renaissance, soit aux XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles, la consommation moyenne atteint 25 000 kilocalories par jour, soit 1,25 tec par année. Plusieurs autres formes d'énergie sont alors exploitées par les êtres humains. La force des animaux est encore mise à profit et celle du vent ou de l'eau sert à faire tourner les moulins.

Puis, au XVIII<sup>e</sup> siècle, on fait une découverte d'une importance capitale. La vapeur produite par l'ébullition de l'eau peut faire plus que soulever le couvercle des marmites; elle peut aussi faire fonctionner des machines. L'énergie de la vapeur est transformée en énergie mécanique. La machine à vapeur vient d'être inventée. Elle va provoquer ce qu'on appelle la « révolution industrielle »<sup>2</sup> parce que les industries vont pouvoir s'équiper de machines à vapeur pour le tissage, le traitement du bois et d'autres tâches considérées jusqu'alors difficiles... Le transport lui-même sera bouleversé. Vous vous rappelez ces images des locomotives qui sifflent en fonçant sur les rails? Eh bien, la vapeur a permis la naissance du train, des navires qui ne dépendent plus des caprices du vent et des transports modernes à vrai dire!

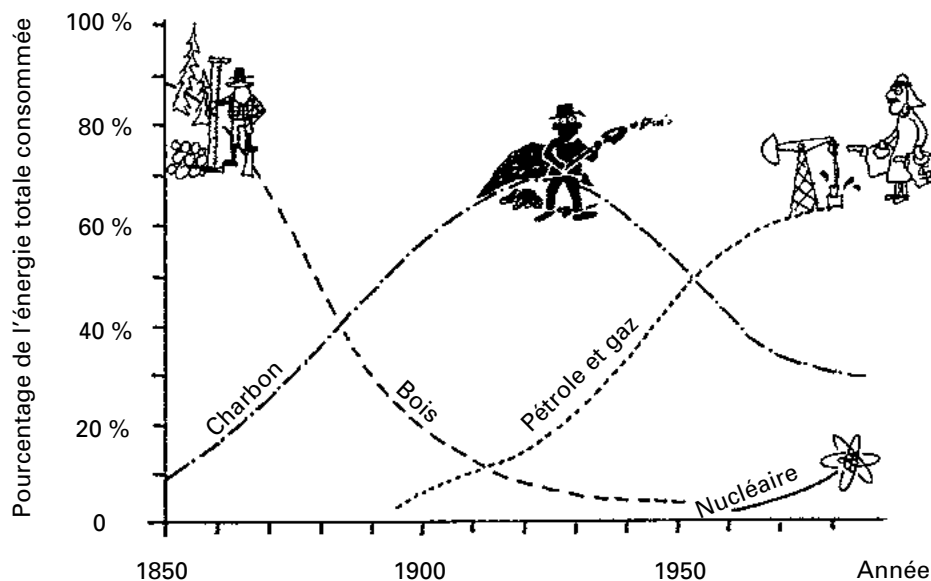
2. Période historique couvrant la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle en Europe, caractérisée par l'apparition de la machine à vapeur, l'industrialisation et la croissance rapide des villes.

L'énergie n'est plus liée à la seule survivance jour après jour. Elle intervient à tout moment de la vie, c'est-à-dire pour se nourrir, se déplacer, travailler. La population mondiale, maintenant pourvue du nécessaire pour subsister, est en forte croissance et la consommation d'énergie aussi. Vers 1850, elle se situe, en moyenne, déjà à 70 000 kilocalories par jour, soit environ 3,5 tec par année.

On a depuis écrit plusieurs autres chapitres de l'histoire de l'énergie. L'utilisation du charbon se répand avec les machines à vapeur. On découvre peu à peu les propriétés de l'électricité. Benjamin Franklin, par exemple, montre que la nature en rassemble des quantités colossales dans la foudre. De son côté, Thomas Edison met au point une invention très utile, l'ampoule à incandescence. Ainsi, le XX<sup>e</sup> siècle devient vite le siècle de l'énergie.

Avec l'entrée en scène des hydrocarbures<sup>3</sup>, puis du nucléaire, l'humanité dispose des grandes ressources énergétiques dont elle a besoin actuellement. Toutefois, ces ressources ne sont pas éternelles et leur usage entraîne des problèmes de pollution tels que l'effet de serre<sup>4</sup> ou l'accumulation de déchets nucléaires. Voilà pourquoi il est maintenant question d'énergies renouvelables comme celles du vent et du soleil. Le vent ne cessera jamais de souffler, ni le soleil de briller. Il reste à mettre au point des techniques efficaces pour canaliser leur puissance et obtenir des énergies dites « douces » parce qu'elles sont moins dommageables pour l'environnement.

**Figure 1.6 – Graphique des cycles énergétiques**



*En 1850, le bois constituait la principale source d'énergie utilisée.*

*Le charbon l'a progressivement remplacé pour atteindre son apogée vers 1925.*

*L'exploitation du pétrole débute à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle*

*et sa consommation monte en flèche pour supplanter celle du charbon un peu après 1950*

*et se stabiliser à environ 60 % de l'énergie consommée au début des années 1980.*

*Le nucléaire apparaît au début des années 1960 et sa part augmente depuis.*

3. Composés formés d'hydrogène et de carbone comme le pétrole, l'essence ou le gaz naturel.

4. Augmentation de la température moyenne de la planète, consécutive à l'augmentation de la quantité de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère. Une quantité importante de ce gaz est produite lors de la combustion du pétrole et de ses dérivés.

Juste avant que ne survienne la première grande crise du pétrole en 1973, la consommation moyenne d'énergie par habitant dans les pays industrialisés était de 230 000 kilocalories par jour, soit presque 12 tec par année! La consommation dans les pays en voie de développement est beaucoup plus modeste, soit environ 2 tec par habitant, car on y trouve peu d'industries et, surtout, le niveau de vie y est moins élevé.

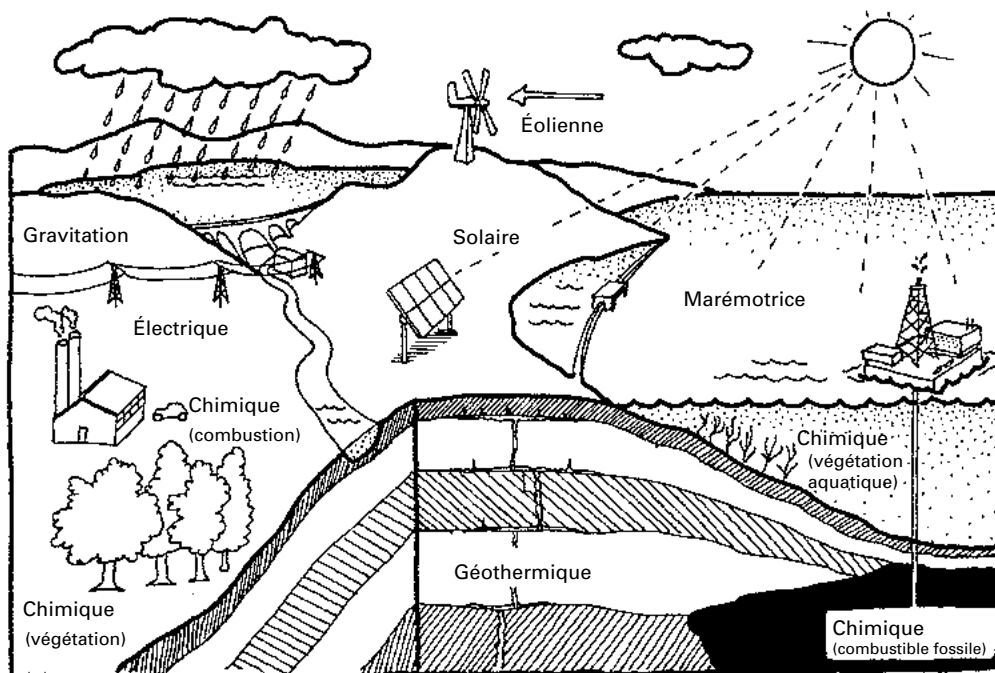
Au cours des dernières années, la consommation moyenne d'énergie, toutes catégories confondues, a légèrement diminué dans les pays industrialisés, plus particulièrement en Amérique du Nord.

La raison? Les appareils que nous utilisons sont devenus plus efficaces, énergétiquement parlant. De même, l'usage de plus petites voitures s'est répandu, ce qui a entraîné une baisse de la consommation d'essence. Ainsi, en 2002, la consommation moyenne des Canadiens était d'environ 160 000 kilocalories, soit presque 8,5 tec par année.

Sans énergie, une société comme la nôtre ne peut fonctionner. On l'a vu à la fin des années 1970 avec le « choc pétrolier ». Les pays producteurs de pétrole, en rationnant la distribution vers les pays industrialisés, ont provoqué un important ralentissement de l'activité économique. Depuis lors, on s'interroge de plus en plus sur la quantité des ressources énergétiques disponibles à l'échelle planétaire. En outre, on cherche par tous les moyens à avoir assez d'énergie pour satisfaire nos besoins.

Fournir de l'énergie en quantité suffisante devrait être facile. Regardez l'illustration qui suit : l'énergie est véritablement présente partout autour de nous dans la nature.

**Figure 1.7 – Partout autour de nous, l'énergie se présente sous différentes formes**



*La végétation terrestre et aquatique de même que le pétrole et ses dérivés renferment de l'énergie chimique. Celle-ci se transforme en énergie thermique (chaleur) dans le processus de combustion. Un barrage hydroélectrique transforme l'énergie de gravitation de l'eau en énergie électrique. Les énergies éolienne, solaire et marémotrice sont des formes renouvelables d'énergie. Les fluctuations qu'elles subissent au gré des caprices de la nature rendent cependant leur exploitation difficile.*

Il existe donc une grande diversité de ressources énergétiques. Il faut les exploiter d'une manière efficace parce que la population mondiale va continuer d'augmenter. Elle devrait doubler d'ici l'an 2050. On comptera alors 11 milliards de personnes sur la terre. Plus de gens signifie inévitablement plus de besoins en énergie à satisfaire.

**Ex. 1.5** Remplissez le tableau ci-dessous en précisant, pour chacune des époques mentionnées, les nouvelles sources d'énergie utilisées ainsi que la consommation quotidienne d'énergie par habitant.

	Sources d'énergie utilisées	Consommation quotidienne d'énergie en kcal par habitant
Âge de pierre		
Domestication du feu		
Renaissance XV <sup>e</sup> et XVI <sup>e</sup> siècles		
Révolution industrielle XVIII <sup>e</sup> et XIX <sup>e</sup> siècles		
XX <sup>e</sup> siècle		

**Ex. 1.6** De la conquête du feu à celle de l'énergie nucléaire, la mise en valeur des différentes formes d'énergie a marqué d'importants changements sociaux et économiques. Quelle importance sociale ont eue les étapes suivantes de la domestication de diverses formes d'énergie?

a) La conquête du feu.

---

b) L'utilisation de la force des animaux.

---

c) L'utilisation de la vapeur.

---



---

**Ex. 1.7** Nommez d'autres formes d'énergie que l'électricité.

---



---



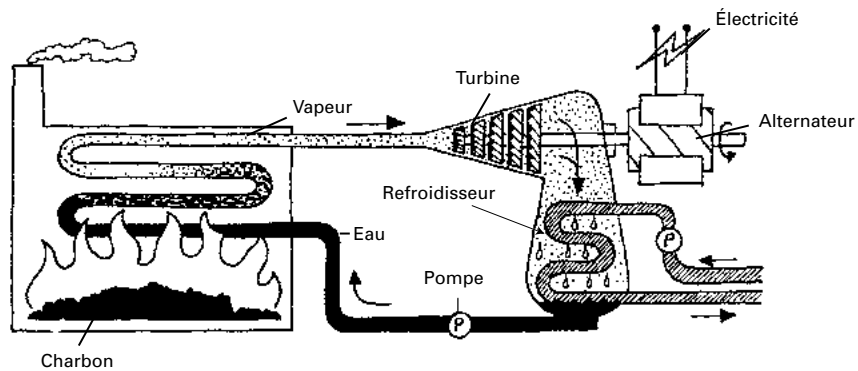
---



## L'ÉLECTRICITÉ, REINE DES FORMES D'ÉNERGIE

L'électricité est l'une des formes d'énergie les plus employées. On en produit de plusieurs façons. Le mode de production le plus répandu dans le monde demeure la centrale thermique. Comme son nom l'indique, celle-ci produit de l'électricité à partir de la chaleur dégagée en brûlant un combustible ou lors d'une réaction nucléaire. La chaleur transforme d'abord de l'eau en vapeur. Cette vapeur fait tourner des turbines qui entraînent, à leur tour, les génératrices d'électricité (alternateur). On classe les centrales thermiques selon le type de combustible utilisé. Les principaux combustibles sont le charbon, le pétrole, le gaz naturel qu'on brûle ainsi que l'uranium dont on met à profit la chaleur dégagée par sa fission.

Figure 1.8 – Centrale thermique au charbon



*Les centrales thermiques classiques produisent de l'électricité en extrayant l'énergie chimique contenue dans le charbon.*

### LE CHARBON

L'utilisation du charbon dans les machines à vapeur a peu à peu diminué au début du XX<sup>e</sup> siècle, mais ce combustible continue tout de même d'occuper une place importante avec la mise en place de centrales thermiques pour produire de l'électricité. C'est un phénomène intéressant puisque les réserves de charbon sont encore considérables un peu partout sur la planète. Cependant, comme le charbon contient souvent beaucoup de soufre, quand on le brûle, ce dernier se transforme en gaz sulfureux (SO<sub>2</sub>) et s'envole dans l'atmosphère. Combiné à la vapeur d'eau dans l'air, il produit de l'acide donc contribue aux précipitations acides.

### LE GAZ NATUREL

Le Québec représente un vaste territoire dont le potentiel en hydrocarbures demeure encore largement sous exploré et sous exploité. Au début des années 1900, des chercheurs ont été attirés par des suintements de liquide noirâtre à la surface du sol, principalement en Gaspésie et sur des terres de la rive sud longeant le fleuve Saint-Laurent. À cause des techniques d'exploration et d'extraction rudimentaires, les exploitations demeurèrent restreintes. Au Québec, seulement trois puits « conventionnels » ont été exploités commercialement : à Pointe-du-Lac (1966 - 1976), à Saint-Flavien (1980 - 1994) et à Galt (2002 - ...).

Aujourd'hui, de nouvelles techniques de forage combinées à la montée des prix, permettent d'extraire du gaz naturel emprisonné dans les shales de manière rentable. Le shale est

une roche sédimentaire argileuse et de tels dépôts ont été identifiés dans les Basses-terres du Saint-Laurent, la Gaspésie et le Golfe Saint-Laurent. Ces zones de shales s'étendent du Texas à Terre-Neuve. Certaines de ces zones aux États-Unis produisent présentement du gaz en très grande quantité. C'est pourquoi certaines entreprises gazières se sont de nouveau intéressées aux dépôts sédimentaires laissés par les océans il y a 300 à 400 millions d'années sur la rive sud du Québec.

En février 2010, une première firme a annoncé avoir commencé l'exploitation expérimentale d'un puits de gaz « non conventionnel » à environ 75 km de Québec. Le potentiel de tels puits serait considérable, mais nous ne connaissons pas l'impact environnemental d'une telle exploitation. Aux États-Unis, l'Agence fédérale de protection de l'environnement a lancé une étude à ce sujet. Cette histoire est à suivre dans les médias où l'on emploie généralement le terme « schiste », bien que les géologues canadiens recommandent le terme « shale ».

## **LE PÉTROLE**

Notre société a connu depuis un siècle une forte expansion commerciale et industrielle. Cette expansion n'aurait pas pu se produire sans l'utilisation massive du pétrole<sup>5</sup>. Tout comme le gaz, le pétrole a d'abord servi à l'éclairage. L'expérience des machines à vapeur au charbon a plus tard permis de créer un moteur possédant un rendement nettement supérieur : le moteur à explosion, comme celui qu'on trouve encore sous le capot des voitures modernes. En plus d'être une source d'énergie polyvalente, le pétrole représente maintenant une matière première précieuse pour fabriquer divers matériaux couramment utilisés comme le plastique. En outre, on s'en sert abondamment comme combustible pour les centrales thermiques. Cette utilisation est moins répandue au Québec, mais, ailleurs en Amérique du Nord, c'est la forme de production la plus courante, malgré les problèmes écologiques qui en découlent. Au Québec, la plus importante centrale thermique au mazout est située à Tracy, près de Sorel.



### **Une ressource non renouvelable**

L'utilisation de combustibles fossiles tels que le pétrole ne peut cependant être éternelle. L'évaluation des réserves pétrolières indique qu'il est urgent de ne plus en dépendre. En effet, on aurait consommé près de la moitié du pétrole tiré des nappes conventionnelles de la Terre vers l'an 2000. On les dit « conventionnelles » parce qu'il existe d'autres gisements, plus difficiles à exploiter, qui s'additionnent à nos réserves. Par exemple, des gisements non conventionnels se trouvent au nord de l'Alberta, où de vastes dépôts souterrains de sable agissent comme des éponges à pétrole. Il s'agit des sables bitumineux. Bien qu'en extraire le pétrole coûte beaucoup plus cher et est beaucoup plus polluant que l'exploitation d'un gisement conventionnel, son exploitation, bien que très controversée, se fait aujourd'hui à grande échelle.

## **L'URANIUM ET LE NUCLÉAIRE**

L'uranium a d'abord été utilisé pour faire des bombes, mais on s'est rendu compte, après

5. Le pétrole est une source d'énergie non renouvelable formée de la lente décomposition par des bactéries de végétaux et organismes marins il y a 500 millions d'années. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon sont des exemples de combustibles fossiles. L'énergie que l'on en tire est appelée « énergie fossile ».

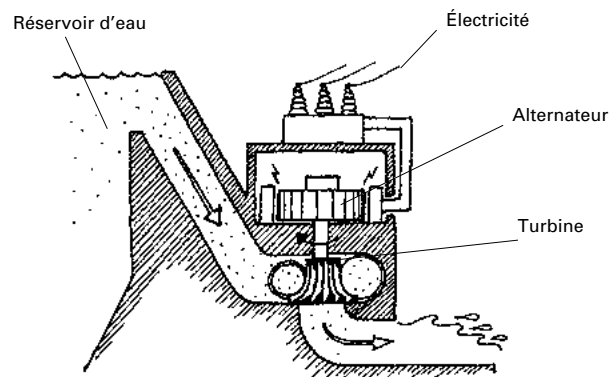
la Deuxième Guerre mondiale, que l'énergie nucléaire pouvait également produire de l'électricité.

Des centrales thermiques nucléaires se trouvent maintenant dans plusieurs pays, mais elles ne sont pas à l'abri de tout problème. De graves événements, comme celui, en 1986, de l'explosion de la centrale de Tchernobyl en Ukraine, ont donné une mauvaise image au nucléaire. Les centrales canadiennes sont réputées plus sûres. Malgré tout, on ne sait pas encore vraiment quoi faire avec les déchets qui demeurent dangereux. Au Québec, on ne compte qu'une seule centrale nucléaire, celle de Gentilly, et on a pour l'instant décidé de ne pas explorer davantage cette voie. La richesse de notre territoire en rivières aménageables justifie cette décision. L'énergie nucléaire demeure souvent le recours des pays dépourvus d'autres ressources énergétiques. Donc, au Québec, on a privilégié l'hydroélectricité.

## L'EAU

Reste la force hydraulique, ou force de l'eau, pour produire de l'électricité. C'est une méthode que nous connaissons bien ici, mais qui est moins répandue ailleurs sur la planète. De toute l'électricité produite dans le monde, à peine 6 % est d'origine hydraulique; cette contribution vient surtout de grands pays comme le Canada, la Russie et les États-Unis qui disposent de plusieurs cours d'eau à grand débit.

**Figure 1.9 – Centrale hydroélectrique**



*En tombant, l'eau du réservoir fait tourner une turbine : celle-ci entraîne à son tour un alternateur qui produit l'électricité.*

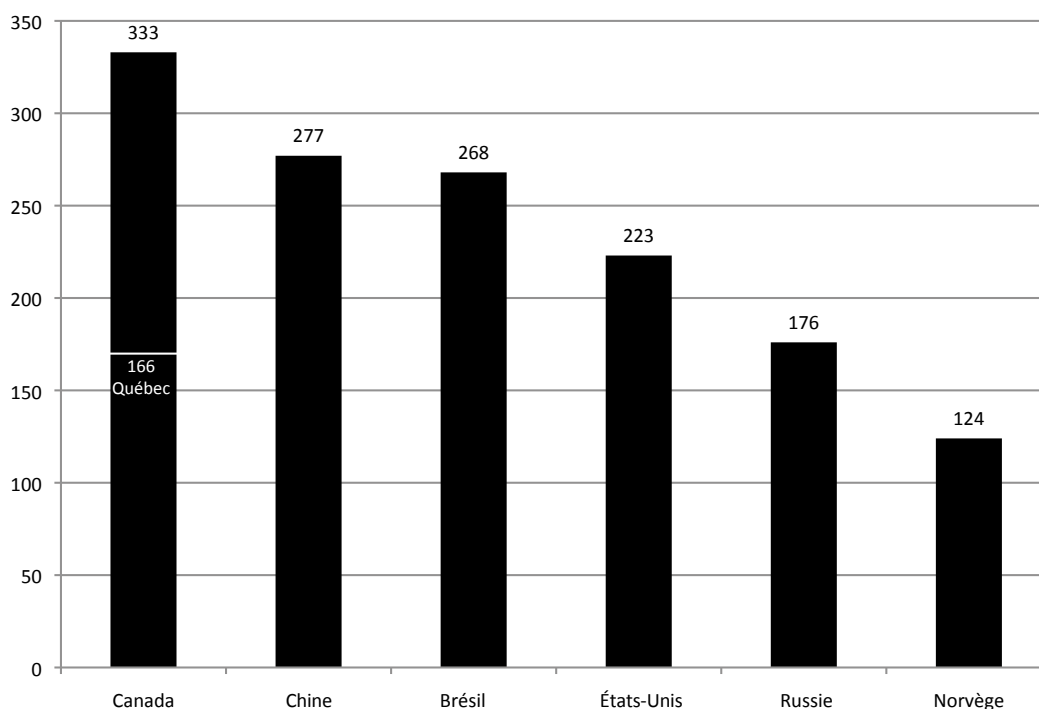
Le Québec est l'un des plus grands producteurs d'hydroélectricité au monde. Tout a débuté à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle lorsqu'on a décidé de construire des barrages hydroélectriques sur le fleuve Saint-Laurent, à Beauharnois, près de Montréal, et sur la rivière Saint-Maurice. À l'époque, les grandes lignes de transmission n'existaient pas puisqu'il était impossible, sur le plan technique, de transporter le courant électrique sur de longues distances. Les villes situées près des centrales hydroélectriques avaient donc un avantage. C'est dire que l'exploitation de l'électricité a permis aux régions de Montréal et de la Mauricie d'accueillir beaucoup d'usines.

Puis est venue la création d'Hydro-Québec par le gouvernement du Québec, en 1944. À ses débuts, Hydro-Québec ne s'occupait que de la région de Montréal. Les autres régions étaient encore desservies par des sociétés privées comme la Shawinigan Water and Power Company ou la Quebec Power. Dans des régions plus éloignées et moins peuplées, comme en Gaspésie

ou en Abitibi, les zones rurales étaient pour leur part mal desservies. C'est, entre autres choses, pour jouer à fond la carte de l'hydroélectricité et favoriser l'électrification rurale que le gouvernement de Jean Lesage a décidé, en 1963, de confier plus de responsabilités à Hydro-Québec en achetant la quasi-totalité des sociétés privées. C'est ce qu'on a appelé la nationalisation de l'électricité. De grands projets ont suivi : sur la rivière Manicouagan d'abord, puis à la Baie-James. Hydro-Québec est ainsi devenue l'une des plus importantes entreprises publiques québécoises.

En 2003, les différentes centrales hydroélectriques en service pouvaient fournir 42 950 mégawatts (MW) d'électricité. On évaluait à 44 000 MW le potentiel qui reste à aménager sur le territoire. Encore faudrait-il régler les problèmes politiques et environnementaux qui font souvent la manchette. Comme on le verra à la fin du présent guide d'apprentissage, nous devons soigneusement peser nos actions quand il est question de choisir la meilleure stratégie pour nous approvisionner en énergie.

**Figure 1.10 – Principaux producteurs d'hydroélectricité dans le monde (2001)**



*Le Canada est le plus grand producteur d'hydroélectricité dans le monde, suivi de près par la Chine et le Brésil. À lui seul, le Québec fournit 166 milliards de kilowattheures, soit la moitié de la production canadienne.*

Source : Ministère des Ressources naturelles. *L'énergie au Québec*, édition 2004, p. 61.  
Reproduit avec la permission du ministère des Ressources naturelles.

L'électricité existe aussi à l'état naturel. La preuve, vous avez déjà « pris un choc » sans toucher un fil électrique, au contact d'une poignée de porte par exemple. En pareil cas, la responsable est l'électricité statique qui s'accumule sur vous ou dans l'environnement. Il existe même des poissons, telles les lamproies, qui se défendent en paralysant leurs agresseurs par des décharges électriques! La foudre est évidemment beaucoup plus puissante; elle peut électrocuter sur place les personnes imprudentes ou malchanceuses.

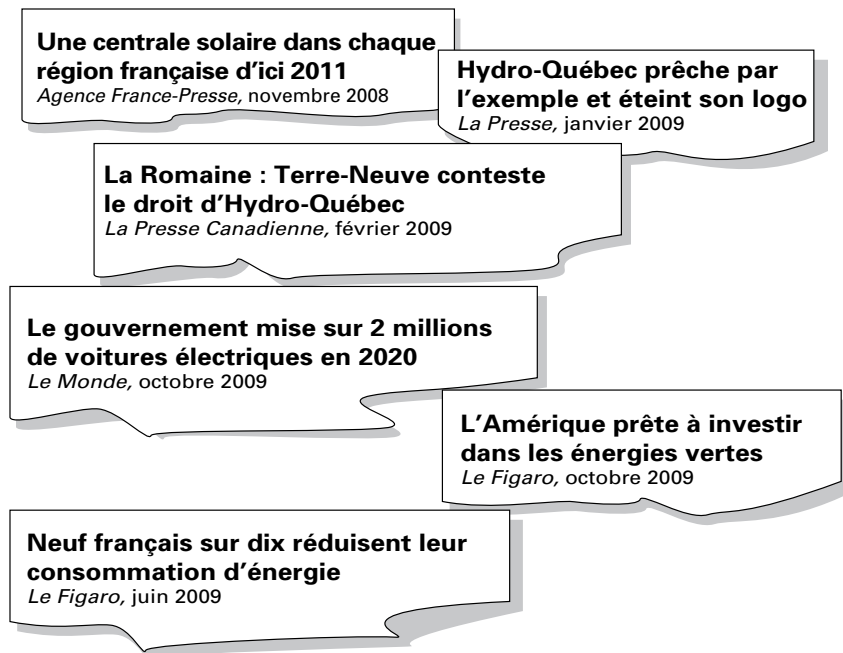
## ÉPHÉMÉRIDES DE L'ÉLECTRICITÉ AU QUÉBEC

- 1879** Premier éclairage public de rue au Canada sur la rue De Bleury à Montréal.
- 1884** Fondation de la Royal Electric Company pour la gestion de la distribution de l'électricité à Montréal.
- 1885** Première centrale hydroélectrique en opération au Canada sur la rivière Montmorency, près de Québec.
- 1898** Fondation de la Shawinigan Water and Power Company, qui détient les droits d'aménagement de la rivière Saint-Maurice.
- 1901** La Royal Electric Company devient la Montreal Light, Heat and Power Company.
- 1931** Début de la construction de la centrale de Beauharnois.
- 1944** Adoption, par le gouvernement d'Adélard Godbout, à Québec, de la loi créant la Commission hydroélectrique du Québec... qui devient vite connue sous le nom d'Hydro-Québec. On exproprie l'actif de la Montreal Light, Heat and Power Company. Hydro-Québec en assure dorénavant la gestion. Son champ d'action est cependant limité à la région de Montréal. La puissance de son réseau est alors de 696 mégawatts.
- 1953** Hydro-Québec s'étend et entreprend d'aménager la rivière Bersimis, sur la Côte-Nord.
- 1959** Début des travaux sur les rivières aux Outardes et Manicouagan.
- 1963** Nationalisation de l'électricité. Hydro-Québec couvre l'ensemble du territoire québécois. Le gouvernement de Jean Lesage, conseillé par le ministre de l'Énergie, René Lévesque, achète 10 entreprises privées, comme la Shawinigan Water and Power Company, la Quebec Power, etc.
- 1965** Inauguration de la première ligne de transmission de 735 kilovolts au monde entre Manicouagan et Lévis.
- 1967** Création de l'IREQ (Institut de recherche en électricité du Québec [Hydro-Québec]).
- 1968** Le premier ministre Daniel Johnson meurt la veille de l'inauguration du barrage Manic 5, qui portera désormais son nom.
- 1969** Hydro-Québec signe un contrat avec Terre-Neuve pour acheter les 5 225 mégawatts produits par la centrale de Churchill Falls, au Labrador.
- 1971** Annonce, par le premier ministre Robert Bourassa, du projet d'aménagement des rivières du bassin de la Baie-James et adoption, par le gouvernement libéral, de la loi créant la Société de développement de la Baie-James (SDBJ) et la Société d'énergie de la Baie-James (SEBJ).
- 1972** Début des travaux à la Baie-James avec l'ouverture du premier chantier sur la rivière La Grande.
- 1973** Début des travaux à la centrale nucléaire Gentilly-2.
- 1975** Signature de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois, par laquelle le gouvernement du Québec s'entend avec les autochtones pour la réalisation des aménagements prévus à la Baie-James.
- 1979** Inauguration de la ligne de transmission de 735 kilovolts entre le complexe La Grande et la région de Montréal. Les premiers groupes de la centrale LG 2 sont mis en marche.
- 1984** Inauguration de la centrale La Grande 4, dernier maillon de la phase I du complexe La Grande.
- 1985** Le plus important contrat de vente d'électricité de l'histoire d'Hydro-Québec est signé avec la New England Utilities.
- 1990** Début des travaux sur la ligne sous-fluviale entre Grondines et Lotbinière.
- 1993** Inauguration de la centrale à gaz de Bécancour et mise en service des dernières centrales de la phase II du complexe La Grande : Brisay et Laforge 1.
- 1994** La puissance installée du réseau d'Hydro-Québec est de 30 100 mégawatts; la société emploie plus de 20 000 personnes.
- 1996** Le gouvernement du Québec met sur pied la Régie de l'énergie du Québec, un organisme responsable de l'encadrement réglementaire du transport et de la distribution de l'énergie ainsi que de l'approbation des tarifs d'électricité au Québec.
- 1997** Ouverture des marchés de gros de l'électricité en Amérique du Nord
- 2000** Pour la première fois, le bénéfice net d'Hydro-Québec dépasse le milliard de dollars.
- 2002** Signature de « La paix des braves », une entente historique entre le gouvernement du Québec et le Grand Conseil des Cris ouvrant la porte à la relance des grands projets hydroélectriques.
- 2009** Début du projet du complexe de la Romaine et dérivation de la rivière Rupert en vu des projets Eastmain-1-A et Sarcelle-Rupert.

Adaptation d'un article de Guy Pinard publié dans La Presse, cahier spécial, 16 avril 1994. Les événements plus récents sont tirés du site d'Hydro-Québec.

Théoriquement, on pourrait produire de l'électricité à l'infini. Le vent, le soleil, les marées sont autant de sources d'énergie qu'on peut transformer en énergie électrique. Ce sont des énergies renouvelables, contrairement aux combustibles fossiles. Il faudra cependant perfectionner les techniques existantes pour en arriver à obtenir de l'électricité à des prix concurrentiels à ceux de la production dite « classique ».

**Figure 1.11 – Manchettes**



*Depuis la hausse du prix du pétrole à 150,00 \$ le baril en 2008, l'hydroélectricité et l'exploitation des énergies renouvelables à des prix concurrentiels représentent un intérêt certain.*

**Ex. 1.8** a) Dans votre région, y a-t-il production d'hydroélectricité? De quelle centrale s'agit-il?

---



---

b) Dans votre région, y a-t-il une autre forme de production d'électricité? Laquelle?

---



---

**Ex. 1.9** En quelques mots, expliquez le principe de fonctionnement des centrales thermiques.

---



---



---



---



---

**Ex. 1.10** Qu'est-ce qui distingue une centrale thermique d'une centrale hydroélectrique?

---

---

---

---

**Ex. 1.11** Nommez trois personnages qui ont contribué au développement du réseau hydroélectrique québécois et, pour chacun, dites ce qu'a été sa contribution.

---

---

## POUR UNE DÉCISION ÉCLAIRÉE

Ce qui nous importe au Québec, c'est de savoir si nous aurons assez d'électricité pour combler nos besoins. Hydro-Québec s'attend à ce que la demande en électricité augmente approximativement de 2 % par année. Considérant que la population augmente constamment et que l'activité économique sera plus forte, nos besoins en électricité devraient logiquement être plus grands dans les années à venir.

Dans certains pays en voie de développement, l'augmentation de la demande est encore plus considérable. Il leur faut davantage d'électricité pour faire fonctionner les nouvelles usines. Ayant plus d'argent, les gens achètent des appareils électroménagers en plus grand nombre. On dit qu'en Chine, par exemple, les besoins vont ainsi grimper de 6 % par année. À ce rythme-là, ils doubleront en 12 ans! C'est pourquoi la Chine a construit de nouvelles centrales, comme celle des Trois-Gorges, sur l'un de ses grands fleuves.

Dans le contexte actuel, nous devons utiliser judicieusement les ressources disponibles. La demande de ressources telles que l'eau, le pétrole ou autres pour produire de l'énergie sera de plus en plus forte; cependant, les techniques mises au point pour les domestiquer ne sont pas parfaites. Celles-ci comportent souvent de graves dangers pour l'environnement. C'est un aspect important à ne pas oublier.

En fait, aucune production d'électricité n'est inoffensive. Les centrales thermiques polluent, les centrales hydrauliques obligent à inonder de vastes territoires et les centrales nucléaires produisent des déchets radioactifs dangereux et difficiles à éliminer. Dans chaque cas, il faut convertir l'énergie en essayant d'en perdre le moins possible. Chaque choix que nous faisons comporte des avantages et des inconvénients. Pour l'avenir, nous pouvons également miser sur l'efficacité en changeant notre façon de consommer l'électricité. Au départ, il s'agit d'une question personnelle, qui devient un enjeu collectif étant donné l'importance que l'électricité occupe dans la société québécoise.

L'électricité peut prendre tellement de formes – faire partie de notre quotidien ou illuminer le ciel pendant un orage – qu'elle paraît magique. La vérité est plus simple. L'électricité n'est pas une fée. C'est un phénomène physique relativement simple. Encore faut-il comprendre ce qui est en jeu afin d'en tirer le meilleur parti possible. C'est ce que nous allons voir dans les chapitres qui suivent.



## Mots clés du chapitre

- Joule (J)
- Tonne équivalent charbon (tec)
- Tonne équivalent pétrole (tep)



## Résumé

Nous vivons dans un monde qui porte le sceau de l'énergie. Notre bien-être personnel et l'ensemble du développement économique en dépendent.

Le besoin en énergie existe depuis des millénaires, mais il a pris une dimension nouvelle depuis l'avènement de la société industrielle. Le charbon, le pétrole, l'hydroélectricité et aujourd'hui le nucléaire ont modifié nos rapports avec la nature.

Au Québec, nous disposons de l'énergie nécessaire pour vivre confortablement. Ce n'est pas le cas partout sur la planète. Le partage des ressources énergétiques provoque des discordes qui vont jusqu'à la guerre.

Par ailleurs, la production et la consommation d'énergie pèsent lourd sur l'environnement au point de compromettre le fragile équilibre de la nature.

Comment agir pour réduire les risques tout en conservant nos acquis? Nous pouvons décider d'économiser, nous pouvons également choisir les sources d'énergie les plus efficaces.

L'électricité n'est pas une fée comme l'appelait la population du début du siècle dernier. C'est un phénomène physique relativement simple. Il faut comprendre ce qui est en jeu afin d'en tirer le meilleur parti possible.





## Exercices de synthèse

**Ex. 1.12** Trouvez des usages de l'électricité qui ont facilité la vie en société et dont la disparition nous causerait bien des ennuis.

---

---

---

**Ex. 1.13** En 1991, quel rang au monde le Québec occupait-il quant à sa consommation d'électricité par habitant? Comment expliquez-vous ce fait?

---

---

---

---

---

**Ex. 1.14** Le secteur industriel est un grand consommateur d'électricité. Deux types d'industries sont particulièrement énergivores. Quels sont ces deux types d'industries?

---

---

**Ex. 1.15** Comparez la part de l'électricité dans le bilan énergétique du Québec pour les années 1982 et 2002. Comment peut-on expliquer cette augmentation?

---

---

---

---

---

---

**Ex. 1.16** En ce qui a trait à la consommation d'énergie, quelles préoccupations marquent la fin du XX<sup>e</sup> siècle?

---

---

---

---

---

---

**Ex. 1.17** a) Quel type de centrale électrique est le plus courant au Québec?

---

b) Quels autres types de centrales électriques y retrouve-t-on? Donnez un exemple.

---

---

---

---

---

**Ex. 1.18** Donnez deux raisons qui ont motivé le gouvernement de Jean Lesage à nationaliser l'électricité en 1963?

---

---

---