

AUTOMATE PROGRAMMABLE EN LADDER ET FBD

# DOMOTIQUE AVEC ZELIO LOGIC

ÉTUDE – PROGRAMME – RÉALISATION – MISE EN SERVICE

contrôle d'accès

chauffe-eau

chauffage

extérieur

alimentation secourue

éclairage

intérieur

cage  
d'escalier

motorisation  
de volets

salon

station de  
pompage

convecteurs

24VDC Inputs I1...I4  
24VDC IB...IE  
Analog or 24VDC

projecteur  
extérieur

sécurité

confort

économies

délestage

logiciel

schéma  
électrique

étude et  
application

alarme

photovoltaïque

Zelio Soft

support pédagogique



Gérard Guihéneuf



ektor

DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER

ER • PARIS votre maison plus intelligente grâce à la domotique !

PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTA

R • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DI

ÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER •

PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER • DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTA

Gérard GUIHÉNEUF

**automate programmable  
en LADDER et FBD**

# **DOMOTIQUE avec ZELIO LOGIC**

**étude, programme,  
réalisation, mise en service**



[www.elektor.fr/domo-zelio](http://www.elektor.fr/domo-zelio)

## **Droit d'auteur**

En application de la loi du 11 mars 1957, toute reproduction ou copie de ce livre, même partielle et sur quelque support que ce soit, sans l'accord écrit de l'éditeur, est interdite.

Le code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit.

La protection du droit d'auteur s'étend non seulement au contenu mais également aux illustrations, y compris aux circuits imprimés et aux projets y relatifs. En conformité avec l'article 30 de la Loi sur les brevets, les circuits mentionnés ne peuvent être exécutés qu'à des fins particulières ou scientifiques et non pas dans ou pour une entreprise ; ces exécutions et/ou applications se font en dehors de toute responsabilité de l'éditeur.

L'éditeur remercie d'avance le lecteur qui prendra la peine de lui signaler les erreurs éventuelles qui auront échappé à sa vigilance.

Écrire à [webmaster@elektor.fr](mailto:webmaster@elektor.fr).

1<sup>ère</sup> édition - 1<sup>er</sup> tirage

Photos : Gérard GUIHÉNEUF, sauf mention contraire

Mise en page : Mariline THIEBAUT-BRODIER

Couverture : Ostinato

Coordination : Denis MEYER & Mariline THIEBAUT-BRODIER

Imprimé aux Pays-Bas par Wilco (07/2015)

ISBN : 978-2-86661-198-9

# Sommaire

## Introduction

---

### 1. Zelio Logic pour passer à la domotique

---

1.1	Bilan énergétique d'une installation électrique domestique	15
1.2	Définition et évolution de la domotique	19
1.3	Présentation de la gamme Zelio Logic	20
1.4	Suggestion et contenu d'un Pack Découverte	23
1.5	Schéma type de mise en œuvre	26
1.6	Conclusion	31

### 2. Premiers pas avec le module programmable Zelio Logic

---

2.1	Constituants nécessaires à la mise en œuvre du module Zelio Logic	34
2.2	Installation du logiciel Zelio Soft 2	34
2.3	Configuration du port USB de communication	38
2.4	Saisie d'un premier programme en langage LADDER	43
2.5	Vérification du bon fonctionnement du programme	47
2.5.1	Vérification du fonctionnement du programme par simulation	48
2.5.2	Vérification du programme par essai réel	49
	Mode opératoire	52
2.6	Saisie d'un premier programme en langage FBD	56

# Sommaire

---

<b>2.7</b>	<b>Vérification du bon fonctionnement du programme</b> .....	<b>59</b>
2.7.1	Vérification du fonctionnement du programme par simulation .....	60
2.7.2	Vérification du fonctionnement du programme en mode monitoring .	61
	Transfert du programme depuis l'ordinateur vers le module .....	61
<b>2.8</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>63</b>

## **3. Principaux modes de programmation**

---

<b>3.1</b>	<b>Station de pompage domestique (cahier des charges)</b> .....	<b>65</b>
<b>3.2</b>	<b>Résolution par le langage LADDER</b> .....	<b>67</b>
3.2.1	Élaboration d'un schéma électrique .....	67
3.2.2	Choix et inventaire des entrées/sorties .....	70
3.2.3	Construction progressive du programme .....	71
	Programmation en langage LADDER du circuit de commande initial	72
	Simulation et vérification du fonctionnement du programme partiel .	75
	Élaboration du programme LADDER complet .....	77
	Simulation et vérification du fonctionnement du programme complet	79
3.2.4	Principales fonctions du langage LADDER .....	81
	Temporisateurs T1 à TG .....	82
	Compteurs C1 à CG .....	84
	Compteur rapide TK1 .....	85
	Comparateurs de compteurs V1 à V8 .....	86
	Comparateurs analogiques A1 à A8 .....	87
	Fonction rétro-éclairage de l'afficheur .....	88
	Fonction Été/Hiver .....	88
<b>3.3</b>	<b>Résolution par le langage FBD</b> .....	<b>89</b>
3.3.1	Déclaration de la nature des entrées et des sorties .....	89
3.3.2	Programmation de la sortie Q1 .....	92
3.3.3	Programmation de la sortie Q2 .....	94
3.3.4	Programmation des sorties Q3 et Q4 .....	94
3.3.5	Programmation des blocs de texte .....	97
3.3.6	Vérification du fonctionnement du programme .....	98
<b>3.4</b>	<b>Résolution par l'utilisation des fonctions SFC</b> .....	<b>99</b>
3.4.1	Lecture commentée du GRAFCET de la station de pompage domestique .....	100
3.4.2	Programmation du GRAFCET de la station de pompage .....	102
3.4.3	Vérification du fonctionnement du programme .....	104

# Sommaire

---

<b>3.5</b>	<b>Description des principales fonctions du langage FBD</b> .....	<b>105</b>
<b>3.6</b>	<b>Programmation d'une macro-fonction</b> .....	<b>110</b>
3.6.1	Exemple .....	111
3.6.2	Construction d'une macro-fonction .....	112
	Méthode n°1 (mode opératoire) .....	112
	Méthode n°2 (mode opératoire) .....	114
<b>3.7</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>117</b>

---

## PROJETS

119

---

### 4-I. Gestion de l'éclairage intérieur d'une habitation Éclairage multi-mode

---

<b>4-I.1</b>	<b>Cahier des charges</b> .....	<b>121</b>
<b>4-I.2</b>	<b>Aspects normatifs complémentaires au cahier des charges</b> .....	<b>123</b>
	Situation n°1 .....	124
	Situation n°2 .....	126
	Situation n°3 .....	126
<b>4-I.3</b>	<b>Élaboration et simplification du programme</b> .....	<b>127</b>
<b>4-I.4</b>	<b>Vérification du fonctionnement du programme</b> .....	<b>132</b>
<b>4-I.5</b>	<b>Schéma électrique multifilaire de l'installation</b> .....	<b>133</b>
<b>4-I.6</b>	<b>Réalisation de l'installation</b> .....	<b>137</b>
<b>4-I.7</b>	<b>Mise en service de l'installation – Essais</b> .....	<b>140</b>
<b>4-I.8</b>	<b>Pour en savoir davantage...</b> .....	<b>142</b>
4-I.8.1	Des économies d'énergie à ne pas négliger .....	142
4-I.8.2	Pour s'y retrouver parmi les différentes lampes commercialisées ...	144
<b>4-I.9</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>145</b>

# Sommaire

---

<b>4-II.</b>	<b>Gestion de l'éclairage intérieur d'une habitation</b> <b>Arrêt automatique – Commande centralisée –</b> <b>Affichage de l'énergie électrique consommée</b>	
<b>4-II.1</b>	<b>Cahier des charges</b> .....	<b>147</b>
<b>4-II.2</b>	<b>Mesure et comptage de l'énergie électrique domestique</b> .....	<b>149</b>
<b>4-II.3</b>	<b>Analyse du fonctionnement du programme</b> .....	<b>150</b>
4-II.3.1	Organisation du programme complet .....	150
4-II.3.2	Analyse partielle du fonctionnement du programme .....	151
<b>4-II.4</b>	<b>Vérification du fonctionnement du programme</b> .....	<b>155</b>
<b>4-II.5</b>	<b>Schéma électrique multifilaire de l'installation</b> .....	<b>157</b>
<b>4-II.6</b>	<b>Réalisation de l'installation</b> .....	<b>159</b>
<b>4-II.7</b>	<b>Mise en service de l'installation – Essais</b> .....	<b>159</b>
<b>4-II.8</b>	<b>Pour en savoir davantage...</b> .....	<b>162</b>
4-II.8.1	kW et kVA... quelle différence ? .....	162
4-II.8.2	Efficacité énergétique des lampes .....	163
<b>4-II.9</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>165</b>
<b>4-III.</b>	<b>Gestionnaire de chauffage pour convecteurs</b> <b>avec fil pilote – Gestion de deux zones –</b> <b>Quatre modes de fonctionnement par fil pilote</b>	
<b>4-III.1</b>	<b>Cahier des charges</b> .....	<b>167</b>
<b>4-III.2</b>	<b>Modes de commande d'un convecteur électrique</b> .....	<b>170</b>
4-III.2.1	Les différents modes de commande .....	170
4-III.2.2	Les six ordres du fil pilote .....	172
4-III.2.3	Les ordres du fil pilote réalisables avec le module Zelio Logic .....	173
<b>4-III.3</b>	<b>Analyse du fonctionnement du programme</b> .....	<b>174</b>
4-III.3.1	Obtention des modes de commande .....	174
4-III.3.2	Gestion de l'affichage .....	180
<b>4-III.4</b>	<b>Vérification du fonctionnement du programme</b> .....	<b>182</b>
<b>4-III.5</b>	<b>Schéma électrique multifilaire de l'installation</b> .....	<b>184</b>

# Sommaire

---

<b>4-III.6</b>	<b>Réalisation de l'installation</b> .....	<b>186</b>
<b>4-III.7</b>	<b>Mise en service de l'installation – Essais</b> .....	<b>187</b>
4-III.7.1	Réglage du mode confort de chaque convecteur .....	188
4-III.7.2	Vérification du fonctionnement automatique de l'installation .....	189
<b>4-III.8</b>	<b>Pour en savoir davantage...</b> .....	<b>191</b>
4-III.8.1	Section des conducteurs, calibre des disjoncteurs... Quelles valeurs ? .....	191
4-III.8.2	Aspects normatifs liés au fil pilote .....	192
<b>4-III.9</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>194</b>
<hr/>		
<b>4-IV.</b>	<b>Centrale de chauffage biénergie à accumulation Radiateur à accumulation – Chauffe-eau électrique</b>	
<hr/>		
<b>4-IV.1</b>	<b>Cahier des charges</b> .....	<b>195</b>
<b>4-IV.2</b>	<b>Tarifs et économies financières envisageables</b> .....	<b>197</b>
	Cas n°1 - L'utilisateur a souscrit un abonnement selon l'option de base .....	199
	Cas n° 2 - L'utilisateur est abonné à l'option heures creuses .....	199
	Cas n°3 - L'utilisateur a souscrit un contrat avec l'option Tempo ...	199
<b>4-IV.3</b>	<b>Fonctionnement des appareils de chauffage retenus</b> .....	<b>200</b>
4-IV.3.1	Radiateur à accumulation .....	200
4-IV.3.2	Fonctionnement du radiateur APPLIMO Accuro 2 (version Classic) .....	203
4-IV.3.3	Chauffe-eau électrique blindé .....	206
<b>4-IV.4</b>	<b>Mesure effective du courant de chaque appareil de chauffage</b> ..	<b>208</b>
4-IV.4.1	Capteurs magnétiques de courant – Conversion courant/tension 0 - 10 V .....	209
	Capteurs magnétiques de courant ou transformateurs de courant ...	209
	Conversion courant/tension 0 - 10 V .....	209
4-IV.4.2	Réalisation pratique et réglage des deux mesureurs de courant ...	212
<b>4-IV.5</b>	<b>Analyse et vérification du fonctionnement du programme</b> .....	<b>216</b>
	Valeur entière convertie par chaque entrée analogique .....	218
	Affichage du courant absorbé par chaque récepteur .....	219
	Calcul et affichage des énergies consommées .....	220
<b>4-IV.6</b>	<b>Schéma de l'installation</b> .....	<b>220</b>
<b>4-IV.7</b>	<b>Réalisation pratique</b> .....	<b>222</b>



# Sommaire

---

<b>4-IV.8</b>	<b>Essai et vérification du fonctionnement de l'installation</b>	<b>223</b>
<b>4-IV.9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>225</b>
<b>4-V.</b>	<b>Optimisation de la gestion du chauffage et de l'énergie – Délestage des circuits électriques pour allier économie et confort</b>	
<b>4-V.1</b>	<b>Délestage de circuits électriques</b>	<b>227</b>
4-V.1.1	Choisir le bon abonnement pour faire des économies	227
4-V.1.2	Contacteur-délesteur	230
4-V.1.3	Délesteur	233
	Analyse de la procédure de délestage/relestage	236
<b>4-V.2</b>	<b>Cahier des charges</b>	<b>238</b>
<b>4-V.3</b>	<b>Analyse fonctionnelle du programme (lecture commentée)</b>	<b>241</b>
<b>4-V.4</b>	<b>Vérification du fonctionnement du programme</b>	<b>246</b>
	Observation de la temporisation initiale (voir fig. 4-V-14)	246
	Observation d'un délestage adapté de trois voies (voir fig. 4-V-15)	248
	Observation d'une situation de délestage inefficace	249
<b>4-V.5</b>	<b>Schéma de l'installation</b>	<b>250</b>
<b>4-V.6</b>	<b>Essai et vérification du fonctionnement de l'installation</b>	<b>253</b>
<b>4-V.7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>258</b>
<b>4-VI.</b>	<b>Alimentation secourue de circuits spécialisés Maintien de l'alimentation de récepteurs sensibles</b>	
<b>4-VI.1</b>	<b>Cahier des charges</b>	<b>259</b>
<b>4-VI.2</b>	<b>Dimensionnement et choix des matériels</b>	<b>263</b>
	Puissance maximale demandée et énergie moyenne journalière consommée	263
	Gisement solaire disponible	264
	Dimensionnement des panneaux photovoltaïques	266
	Choix de l'onduleur	267
	Choix des batteries	269

# Sommaire

---

Choix du régulateur de charge des batteries .....	270
Conclusion .....	270
<b>4-VI.3 Programme du module Zelio Logic en langage FBD .....</b>	<b>272</b>
<b>4-VI.4 Vérification du fonctionnement du programme .....</b>	<b>276</b>
<b>4-VI.5 Réalisation pratique .....</b>	<b>278</b>
4-VI.5.1 Lecture commentée du schéma de l'installation .....	278
4-VI.5.2 Alimentation permanente du module Zelio Logic .....	284
Structure et fonctionnement d'un redresseur-chargeur élémentaire ..	284
Réalisation pratique .....	285
<b>4-VI.6 Essai – Mise en service .....</b>	<b>287</b>
4-VI.6.1 Essai de la centrale autonome photovoltaïque .....	288
4-VI.6.2 Essai global de l'installation .....	290
<b>4-VI.7 Conclusion .....</b>	<b>292</b>
<b>4-VII. Centrale d'alarme filaire</b>	
<b>Protection d'une habitation contre les intrusions</b>	
<hr/>	
<b>4-VII.1 Des statistiques à prendre en compte .....</b>	<b>293</b>
<b>4-VII.2 Cahier des charges .....</b>	<b>296</b>
<b>4-VII.3 Nature technologique des différents détecteurs .....</b>	<b>297</b>
4-VI.3.1 Détecteur d'ouverture magnétique .....	297
4-VI.3.2 Détecteur de bris de vitre .....	298
4-VI.3.3 Détecteur infrarouge de mouvement .....	301
<b>4-VII.4 Programme du module Zelio Logic en langage FBD .....</b>	<b>303</b>
<b>4-VII.5 Vérification du fonctionnement du programme .....</b>	<b>305</b>
<b>4-VII.6 Réalisation pratique .....</b>	<b>311</b>
4-VI.6.1 Maintien en charge des batteries – Alimentation des détecteurs ...	311
4-VI.6.2 Réalisation du circuit électronique .....	312
4-VI.6.3 Lecture commentée du schéma de l'installation .....	314
<b>4-VII.7 Essai – Mise en service de la centrale d'alarme .....</b>	<b>318</b>
<b>4-VII.8 Conclusion .....</b>	<b>320</b>

# Sommaire

---

<b>5.</b>	<b>Zelio Logic et l'enseignement de la technologie en collège – Confort et domotique en classe de 4<sup>e</sup></b>	
<b>5.1</b>	<b>Un enseignement de la technologie aux répercussions pluridisciplinaires</b>	<b>321</b>
<b>5.2</b>	<b>Un enseignement progressif de la technologie</b>	<b>322</b>
<b>5.3</b>	<b>Confort et domotique en classe de 4<sup>e</sup></b>	<b>323</b>
<b>5.4</b>	<b>Supports didactiques scolaires</b>	<b>324</b>
5.4.1	Accès contrôlé à un local de banque	324
	Cahier des charges	324
	Lecture commentée du programme en langage LADDER	325
	Commentaire de la structure du schéma de l'installation	325
	Activités pédagogiques possibles	325
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées	327
5.4.2	Éclairage d'un salon	329
	Cahier des charges	329
	Lecture commentée du programme en langage LADDER	331
	Commentaire de la structure du schéma de l'installation	332
	Activités pédagogiques possibles	332
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées	334
5.4.3	Éclairage d'un hall d'entrée	335
	Cahier des charges	335
	Lecture commentée du programme en langage LADDER	336
	Commentaire de la structure du schéma de l'installation	336
	Activités pédagogiques possibles	336
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées	338
5.4.4	Éclairage d'une cage d'escalier d'un immeuble	341
	Cahier des charges	341
	Lecture commentée du programme en langage LADDER	342
	Commentaire de la structure du schéma de l'installation	342
	Activités pédagogiques possibles	343
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées	346
5.4.5	Motorisation de volets roulants	350
	Cahier des charges	350
	Lecture commentée du programme en langage LADDER	352
	Commentaire de la structure du schéma de l'installation	352
	Activités pédagogiques possibles	355
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées	357

# Sommaire

---

5.4.6	Fonctionnement d'un projecteur extérieur à deux niveaux de flux lumineux .....	360
	Phase expérimentale initiale (séquence pédagogique d'acquisition autonome) .....	360
	Cahier des charges .....	361
	Séquence pédagogique proposée .....	361
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées .....	363
5.4.7	Fonctionnement optimisé de convecteurs électriques .....	370
	Cahier des charges .....	370
	Séquence pédagogique proposée .....	372
	Réponses à certaines activités pédagogiques proposées .....	372
<b>5.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>378</b>
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>379</b>
	<b>Glossaire .....</b>	<b>381</b>
	<b>Documents à télécharger .....</b>	<b>395</b>
	<b>Index .....</b>	<b>396</b>

## **2. Premiers pas avec le module programmable Zelio Logic**

---

### **2.1 Constituants nécessaires à la mise en œuvre du module Zelio Logic**

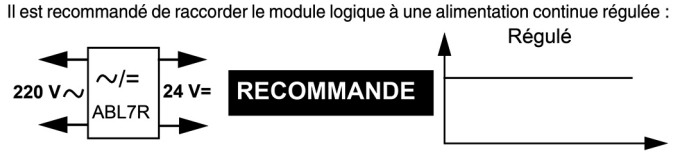
Les différents projets développés dans le chapitre 4 ont un point commun : ils utilisent tous le même module programmable Zelio Logic associé au même bloc d'alimentation et au même câble de communication. Concrètement, la réalisation des différents projets demande d'acheter un *Pack Découverte* référencé SR2 PACKBD par le constructeur SCHNEIDER ELECTRIC et un module d'alimentation dont la référence fournie par le même constructeur est ABL8MEM24012. Il est possible de se procurer ces matériels auprès des fournisseurs trouvés par un moteur de recherche sur Internet.

Pour être plus précis, le *Pack Découverte* contient un module programmable Zelio Logic SR2 B121BD, un cédérom nécessaire à l'installation de la version 4.5 du logiciel Zelio Soft 2 et le câble USB dont la référence est SR2 USB01 (fig. 2-01). Le module Zelio Logic considéré exige une tension d'alimentation 24 V CC. L'achat du module d'alimentation proposé par le constructeur est optionnel mais il est avantageux d'opter pour ce choix car cela garantit, dans un volume réduit, la possibilité d'implanter un convertisseur 230 V CA/24 V CC sur un profilé oméga (ou rail DIN). Ce mode d'implantation est commun au module Zelio Logic, aux disjoncteurs, aux relais, aux contacteurs et aux matériels modulaires mis en œuvre dans le tableau de protection et de commande propre à chaque projet. Cependant, si un lecteur préfère fabriquer lui-même le module d'alimentation 230 V CA/24 V CC, il doit respecter les prescriptions techniques du constructeur qui imposent une tension 24 V parfaitement continue (voir fig. 2-02).

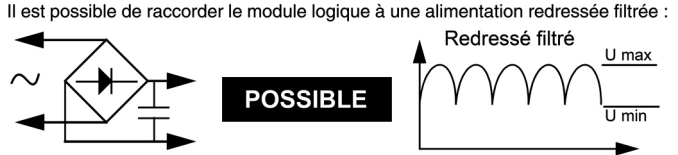
### **2.2 Installation du logiciel Zelio Soft 2**

Livré dans le *Pack Découverte*, un cédérom permet d'installer le logiciel de programmation Zelio Soft 2 dans sa version 4.5. Même si l'installation d'un logiciel semble banale, il peut être rassurant pour le lecteur d'avoir connaissance à l'avance des différents écrans qui se succéderont et des options qu'il faudra valider. L'insertion du cédérom dans son lecteur provoque l'affichage de l'écran (A – voir fig. 2-03) qui invite à valider l'exécution du fichier « autorun.exe ». Puis, un second écran (B) demande de choisir la langue liée à l'installation du programme. Dès que ce choix est validé, un troisième écran (C) offre trois options partagées entre l'installation du logiciel, l'accès à de la documentation et à deux logiciels utilitaires. Ensuite, l'installation effective du logiciel Zelio Soft 2 se déroule par la validation successive des options suivantes : la certification de la source du logiciel, le choix de la langue et l'acceptation des clauses de la licence. À la fin de

### Raccordement recommandé



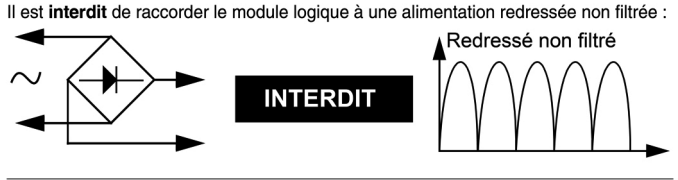
### Raccordement possible



A condition qu'elle vérifie, selon le type de module logique, les caractéristiques suivantes :

SR2 ... BD	SR2 ... JD
$U_{max} < 30 \text{ V}$	$U_{max} < 14,4 \text{ V}$
$U_{min} > 19,2 \text{ V}$	$U_{min} > 10,4 \text{ V}$

### Raccordement interdit



**Figure 2-02** - Pour fonctionner correctement, le module Zelio Logic référencé SR2 B121BD nécessite une tension 24 V CC. Dans l'idéal, le module spécifique proposé par le constructeur produit cette tension. Par contre, à condition d'obtenir une tension 24 V CC parfaitement continue, rien n'empêche un lecteur de fabriquer lui-même son module d'alimentation. ‡

l'installation, une fenêtre met en évidence les évolutions propres à la nouvelle version du logiciel. Parallèlement, une icône de lancement est mise en place sur la page d'accueil du bureau de l'ordinateur.

Outre l'installation du logiciel, la fenêtre (C) propose l'accès à une rubrique nommée « Documentation ». L'ouverture de cette rubrique affiche une fenêtre (D – voir fig. 2-04) qui compte sept sous-rubriques. On ne résiste pas à la découverte immédiate de la première sous-rubrique intitulée « Bibliothèque d'applications » qui renvoie à six exemples de systèmes des domaines tertiaires et industriels. Ces six exemples permettent d'accéder à leurs programmes écrits en langage à contacts (ou langage LADDER) et en langage composé de blocs fonctionnels (FBD : *Functions Blocs Diagram*). Que chaque lecteur soit rassuré, les projets décrits dans le

### 3. Principaux modes de programmation

- ◆ Enfin, quand le moteur M1 fonctionne, une brève pression sur le bouton-poussoir S3 entraîne l'arrêt après avoir supprimé en cascade l'alimentation des bobines KA1 et KM1.

La lecture commentée du schéma prouve que le cahier des charges a abouti à une première solution qui va constituer une base solide pour élaborer le programme en langage LADDER.

#### 3.2.2 Choix et inventaire des entrées/sorties

Avec l'habitude et la connaissance des fonctions du langage LADDER, cette étape devient simple mais elle demeure incontournable avant d'entamer toute programmation.

En ce qui concerne la station de pompage domestique, le module Zelio Logic prend en charge par programmation : la gestion des touches de fonction Z1 et Z2, l'interrupteur horaire S4 et le relais clignoteur KA2 (base de temps d'une fréquence de 1 Hz). Cela signifie que les contacts à fermeture à raccorder aux entrées du module programmable sont : S1, S2, S3, B1 et Q1. Quant aux sorties, quatre d'entre elles sont utilisées pour alimenter respectivement : KM1, EV1, H1 et H2. Le tableau récapitulatif de la figure 3-03 dresse l'inventaire des entrées/sorties retenues ainsi que les adresses qui leur sont affectées. La programmation en langage LADDER peut commencer...

Inventaire des entrées / sorties		
Variable	Adresse	Fonction
S1	I1	Commutateur de mise en service
S2	I2	Bouton-poussoir "Marche"
S3	I3	Bouton-poussoir "Arrêt"
B1	I4	Pressostat 2 bars / 8 bars
Q1	IB	Disjoncteur-moteur
KM1	Q1	Contacteur d'alimentation du moteur
EV1	Q2	Electrovanne de circulation
H1	Q3	Voyant "Mise en Service"
H2	Q4	Voyant "Défaut Surcharge"

**Figure 3-03** - Grâce à certaines fonctions internes du langage LADDER, seules les variables S1, S2, S3, B1, Q1, KM1, EV1, H1 et H2 constituent les entrées/sorties du module programmable Zelio Logic. Cela est aussi synonyme d'un nouveau circuit de commande simplifié.

### 3.2.3 Construction progressive du programme

#### Schéma du programme

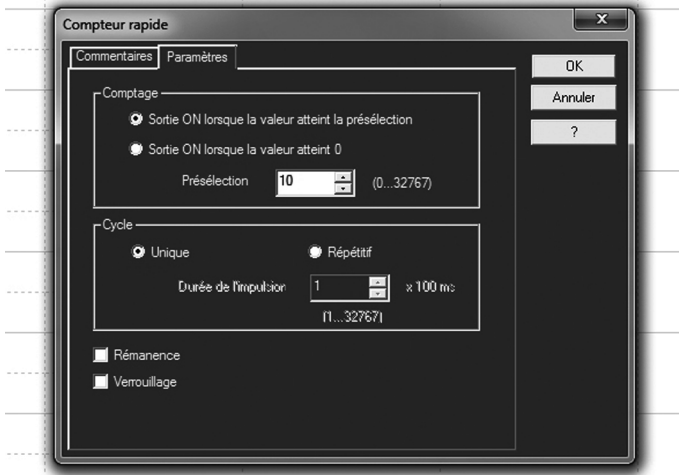
No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Bobine	Commentaire
001	I1	iB	z2	i3	I2	[ M1	La variable mémoire M1 est équivalente à la bobine du relais instantanée KA1 du schéma électrique.
002					M1		
003					Z1		
004			M1	i4		[ Q1	Sortie Q1 qui alimente la bobine du contacteur KM1
005			⊖1			[ Q2	Sortie qui alimente l'électrovanne EV1
006			iB			TT1	Temporisateur configuré en clignoteur à commande maintenue synchrone
007			T1			[ Q4	Sortie qui alimente le voyant H2 (signalisation de défaut)
008						[ Q3	Sortie qui alimente le voyant H1 (signalisation de mise en service de la station de pompage)
009			Q1			TX1	Affichage du message "Marche moteur M1"
010			q1			RX1	Effacement du message précédent
011			Q2			TX2	Affichage du message "EV1 ouverte"
012			q2			RX2	Effacement du message précédent
013			iB			TX3	Affichage du message "Surcharge M1"
014			iB			RX3	Effacement du message précédent

**Figure 3-04** - Le programme complet en langage LADDER utilise des fonctions spécifiques telles que des horloges paramétrables, des contacts de touches de fonction Zx, des temporisateurs et des blocs de texte. ‡

La figure 3-04 montre le programme complet et définitif en langage LADDER qui répond parfaitement au cahier des charges de la station de pompage domestique. Avant de construire progressivement ce « schéma du programme » tel que



comptage des impulsions fournies par un compteur d'eau pour mesurer une consommation hydraulique, saisie d'un code de désactivation d'une alarme contre les intrusions par le comptage séquentiel de pressions brèves sur des boutons-poussoirs...



**Figure 3-17** - Le seul compteur rapide programmable en langage LADDER est réservé au comptage ou décomptage d'informations binaires issues de capteurs à 3 fils inductifs ou capacitifs. C'est pourquoi, avec une programmation graphique implicite des entrées I1 (comptage) et I2 (décomptage), la programmation du compteur rapide K1 se limite à l'activation d'une bobine TK1 (validation de fonctionnement) et d'une bobine RK1 (réinitialisation). ‡

### Compteur rapide TK1

À l'inverse des compteurs décrits précédemment, l'unique compteur rapide proposé par le logiciel n'est pas prévu pour que ses entrées soient raccordées à des contacts ordinaires à fermeture. Concrètement, les entrées I1 et I2 risquent fort d'être reliées à des capteurs à 3 fils de type inductif ou capacitif capables de fournir des informations binaires à une fréquence inférieure à 1 kHz. Si on utilise ce compteur rapide, les entrées I1 et I2 sont considérées de façon implicite comme une entrée de comptage pour la variable I1 et comme une entrée de décomptage pour la variable I2. **Par conséquent, ces deux variables ne doivent pas apparaître dans le programme.** Seules deux bobines du compteur rapide peuvent dépendre de contacts TOR raccordés à deux entrées du module programmable : une bobine TK1 et une bobine RK1 (voir fig. 3-17). L'activation de la bobine TK1 valide le fonctionnement du compteur rapide et celle de la bobine RK1 effectue la

## 4-I. Gestion de l'éclairage intérieur d'une habitation

---

définitif qui repose sur quatre macro-fonctions mais dont la lecture est difficile en raison de la multiplication des liaisons entre les entrées du module Zelio Logic et les huit entrées que comporte chaque macro-fonction (voir fig. 4-I-07).

### 4-I.4 Vérification du fonctionnement du programme

Avant de transférer le programme définitif dans le module Zelio Logic, il convient d'en vérifier le bon fonctionnement par le biais du mode *simulation* qu'offre le logiciel Zelio Soft. Cette vérification peut respecter la procédure suivante :

- A. Dès la validation du mode **RUN**, aucune sortie n'est active.
- B. Vérification du mode télérupteur : **opérer** deux clics consécutifs avec le bouton gauche de la souris sur les entrées I1 à I4. Dans le même temps, les sorties Q1 à Q4 deviennent actives. Effectuer de nouveau deux clics consécutifs avec le bouton gauche de la souris sur les entrées I1 à I4 : les sorties Q1 à Q4 deviennent inactives. Le mode télérupteur est opérationnel.
- C. Vérification du mode minuterie : **opérer** deux clics consécutifs avec le bouton gauche de la souris sur les touches Z1 à Z4 puis effectuer cette opération sur les entrées I1 à I4 : les sorties Q1 à Q4 restent actives pendant des délais qui correspondent aux temps de paramétrage des blocs de fonction **TIMER** internes aux quatre macro-fonctions (M01B24, M02B24, M03B24 et M04B24).  
**Remarque** : même si les temps paramétrés dans l'optique de l'exploitation réelle du module Zelio Logic valent plusieurs minutes, il est préférable de réduire ces temps à quelques secondes pendant la simulation du fonctionnement.
- D. Vérification du mode simulation de présence : cette vérification impose d'exploiter le contrôleur d'accélération de la simulation. À chaque fois que le pointeur de la souris valide le bouton « Prochain événement », le temps se positionne à l'instant qui précède de 3 s le changement d'état de la sortie de l'un des quatre programmeurs horaires mis en œuvre. En conséquence, les sorties du module Zelio Logic s'activent ou se désactivent en fonction de la programmation établie.

### 4-III. Gestionnaire de chauffage pour convecteurs avec fil pilote

**Figure 4-III-09** - La compréhension de la structure du programme et la vérification de son bon fonctionnement en mode *simulation* nécessitent de disposer de ce tableau qui met en relation les niveaux logiques des quatre sorties du module Zelio Logic et les modes de commande obtenus dans les deux zones à chauffer.

Sorties Zelio Logic				Modes de commande	
Q1	Q2	Q3	Q4	Zone 1	Zone 2
0	0	0	0	Confort	Confort
1	0	1	0	Arrêt	Arrêt
0	1	0	1	Hors gel	Hors gel
1	1	1	1	Eco (réduit)	Eco (réduit)

que sa sortie soit active pendant les périodes de chauffage de la zone 1 en mode confort (voir fig. 4-III-11).

Dès l'exécution du programme, pendant une période de chauffage de la zone 1 en mode confort, le niveau logique 1 présent en entrée de la fonction NON (B09) porte à 0 le niveau logique en sortie de la fonction ET (B11). Ce niveau logique 0 est transmis à la sortie Q1 par l'intermédiaire de la fonction OU (B13). Par ailleurs, comme le mode hors gel n'a pas été ordonné par une pression sur la touche Z1, la sortie du bloc de fonction **Bascule RS** (B06) est inactive. Cela signifie que toutes les entrées de la fonction logique OU (B12) sont à un niveau logique 0. Répercuté en sortie de la fonction OU (B12), ce niveau logique 0 impose à la sortie de la fonction ET (B15) d'être inactive tout comme la sortie Q2 qui en dépend. L'inactivité des deux sorties Q1 et Q2 confirme que le mode de commande appliqué au chauffage de la zone 1 est le mode confort.

Quand la sortie du programmateur horaire (B05) devient inactive à la fin du créneau de fonctionnement en mode confort, la sortie de la fonction NON (B09) passe au niveau logique 1 et entraîne deux répercussions. En premier lieu, la sortie de la fonction ET (B11) devient active et applique cet état à la sortie Q1 par l'intermédiaire de la fonction OU (B13). En second lieu, la sortie de la fonction OU (B12) se trouve à un niveau logique 1. Comme ses quatre entrées sont actives, la fonction ET (B15) transmet un niveau logique 1 à la sortie Q2. Les deux sorties Q1 et Q2 du module Zélio Logic sont actives pour ordonner une commande de chauffage en mode réduit.

Pour obtenir le mode hors gel, l'utilisateur doit appuyer sur la touche Z1 (B07). Cela ordonne l'activation de la sortie de la bascule RS (B06). Le niveau logique 1 image de cette activation est appliqué à deux entrées de la fonction OU (B12). Comme cette fonction OU est raccordée à deux entrées de la fonction ET (B15), le niveau logique 1 de sa sortie provoque l'activation de la sortie de la fonction ET (B15) dont dépend la sortie Q2 du module Zelio Logic. Parallèlement, la sortie de la fonction NON (B10) fixe au niveau logique 0 les deux entrées inférieures de la

## 4-IV. Centrale de chauffage biénergie à accumulation

---

Pour ce qui concerne la valeur de la résistance R1 du convertisseur 25 A / 0-10 V, celle-ci se détermine de la même façon que pour le précédent convertisseur en retenant un courant nominal secondaire de 25 mA. Dans ce cas, la résistance R1 vaut :

$$R1 = \frac{U}{I} = \frac{7,07}{0,025} = 283 \Omega$$

Théoriquement, les valeurs des résistances R1 des deux convertisseurs sont de 235  $\Omega$  et de 283  $\Omega$ . Ces deux valeurs conduisent à mettre en œuvre une résistance ajustable multi-tour de 470  $\Omega$  pour chaque convertisseur courant/tension.

### 4-IV.4.2 Réalisation pratique et réglage des deux mesureurs de courant

Comme le montre la figure 4-IV-15, les dessins des circuits imprimés des deux convertisseurs courant/ tension sont identiques et simples. Malgré cette simplicité, les fichiers aux formats Sprint Layout et PDF sont en téléchargement libre sur la page [www.elektor.fr/domo-zelio](http://www.elektor.fr/domo-zelio).

En ce qui concerne la réalisation pratique, l'implantation des composants est montrée à la figure 4-IV-16 ; illustration qui juxtapose à la même échelle croquis explicatif et image du circuit imprimé achevé. À l'exception des transformateurs de courant qui sont spécifiques à chaque convertisseur (modèles TELEMA AC1030 pour le convertisseur 30 A / 0-10 V et AC1025 pour le convertisseur 25 A / 0-10 V), les composants électroniques sont identiques pour chaque circuit imprimé :

- ◆ R1 : résistance ajustable multi-tour de 470  $\Omega$ ,
- ◆ PR1 : pont redresseur moulé 1 A,
- ◆ C1 : condensateur 1  $\mu$ F / 25 V et
- ◆ K1 : bornier à souder équipé de deux bornes à visser.

Enfin, dans l'optique d'implanter chaque convertisseur à l'intérieur du tableau de protection de l'installation électrique, une plaque en époxy aux mêmes dimensions que le circuit imprimé et éloignée de celui-ci au moyen de quatre entretoises fera office d'écran isolant (voir fig. 4-IV-12).

Bien que la réalisation pratique soit simple, la mise au point des deux convertisseurs courant/tension va reposer sur l'utilisation de récepteurs de puissance et s'appuyer sur un mode opératoire rigoureux. De plus, deux appareils de mesure vont être nécessaires : une pince ampéremétrique et un multimètre utilisé en volt-mètre à courant continu.

Pour mes essais, le récepteur de puissance dont je me suis servi est un radiateur à accumulation à bain d'huile caractérisé par trois puissances de chauffage sélectionnées manuellement : 800 W, 1 200 W et 2 000 W.

- ✎ Un interrupteur S1 permet de vérifier par simulation que la centrale de secours est opérationnelle. À l'image des essais des groupes électrogènes dans les grandes structures publiques, un essai mensuel est suffisant.
- ✎ Enfin, les constituants de la centrale photovoltaïque quelle qu'en soit la version doivent assurer la production d'une tension alternative sinusoïdale de 230 V pendant une durée maximale de 72 h. Cette capacité doit être atteinte y compris pendant le mois de décembre qui se caractérise par un faible ensoleillement.

### 4-VI.2 Dimensionnement et choix des matériels de la centrale autonome photovoltaïque

Avant d'élaborer le programme qui va respecter ce cahier des charges, il convient de dimensionner et de choisir les matériels qui composent la centrale d'énergie dans sa version la plus complète : panneaux photovoltaïques, chargeur des batteries, batteries et onduleur. De plus, nous allons considérer que les matériels mis en œuvre ont les rendements suivants :

- ◆ Panneaux photovoltaïques :  $\eta_{PV} = 0,8$
- ◆ Régulateur chargeur :  $\eta_{Reg.} = 0,95$
- ◆ Batteries :  $\eta_{Bat.} = 0,9$
- ◆ Onduleur :  $\eta_{Ond.} = 0,95$ .

Enfin, la démarche suivie va reprendre celle exposée dans le chapitre 2 de l'ouvrage « Comprendre et dimensionner **les installations domestiques à énergies renouvelables** » disponible chez le même éditeur ([www.elektor.fr/NRJ](http://www.elektor.fr/NRJ)).

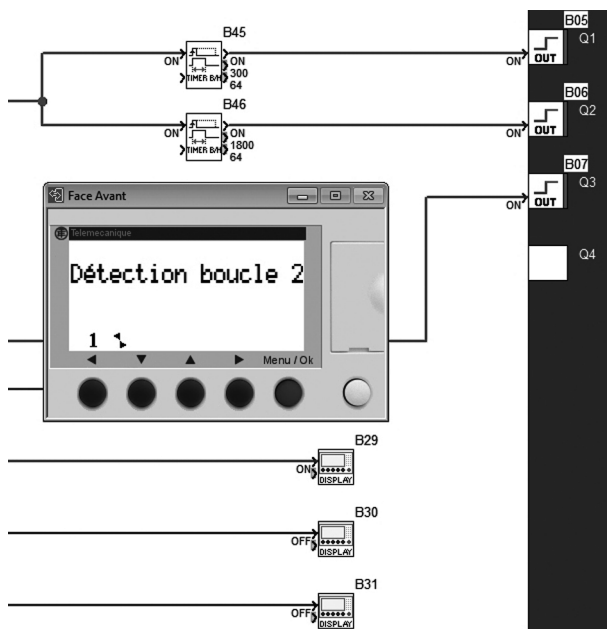
#### Puissance maximale demandée et énergie moyenne journalière consommée

À la lecture des fiches techniques du réfrigérateur et du congélateur, la puissance électrique n'est pas donnée par le constructeur. Heureusement, des recherches sur Internet permettent de trouver deux informations : le courant nominal absorbé par le réfrigérateur est de 1,2 A et la puissance nominale du congélateur vaut 500 W. Quant à la puissance du réfrigérateur, on opte pour une valeur calculée par excès en considérant que le facteur de puissance de l'appareil ( $\cos \varphi$ ) vaut 1.

Il en résulte la puissance électrique absorbée suivante :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \times 1,2 \times 1 = 276 \text{ W.}$$

Il est désormais possible d'estimer la valeur de la puissance maximale demandée par les deux appareils :



**Figure 4-VII-14** - Au-delà de la minute paramétrée dans la temporisation (B17), les sorties Q1 et Q2 deviennent actives pour faire retentir la sirène H1 et s'allumer la lampe E1. ‡

Hypothèse : la boucle de détection n°2 reliée à l'entrée I2 enregistre une intrusion. Dans cette situation, la bascule RS (B13) mémorise l'événement et lance la temporisation (B17) par l'intermédiaire de la sortie de la fonction OU (B16) devenue active. Le bloc de fonction (B17) est paramétré pour que sa sortie fournisse un niveau logique 1 une minute après l'activation de son entrée. Ce délai correspond à la temporisation d'entrée adaptée pour neutraliser l'alarme par action sur l'interrupteur à clef S1. La figure 4-VII-13 montre le déroulement du programme 15 s après l'ouverture de la boucle de détection n°2. D'ailleurs, cette situation est indiquée sur l'écran du module Zelio Logic. À l'issue de la temporisation d'entrée de 60 s, les sorties des deux blocs de fonction **TIMER A/C** (B17) et (B18) sont actives et permettent à la fonction **ET** (B19) de provoquer l'enclenchement des sorties Q1 et Q2 : la sirène H1 retentit et la lampe E1 s'allume (voir fig. 4-VII-14). Intercalés entre la sortie de la fonction **ET** (B19) et les deux sorties Q1 et Q2, deux blocs de fonction **TIMER B/H** (B45) et (B46) conditionnent respectivement le temps de fonctionnement de la sirène H1 et de la lampe E1. Pour que la sirène remplisse son rôle de dissuasion sans occasionner une gêne sonore trop prolongée pour

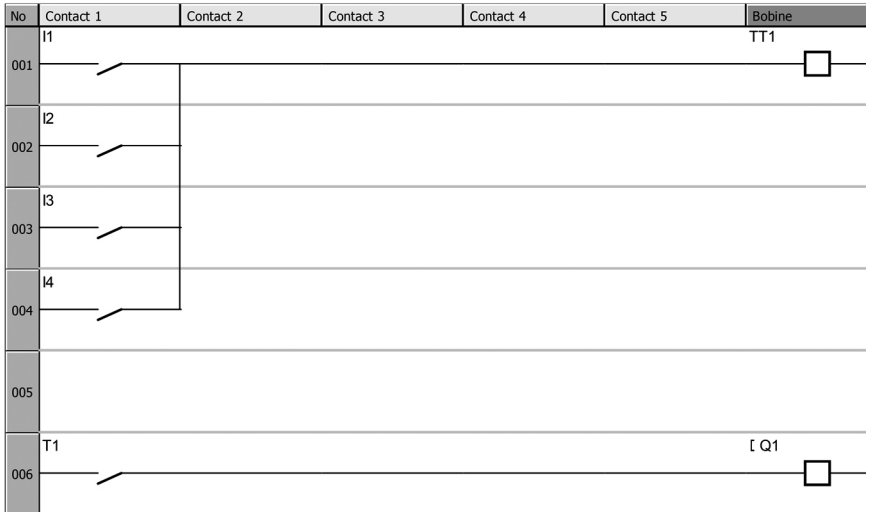
pendant seulement 1 s (option L). Cette période de fonctionnement de 15 min du bloc de fonction **TIMER Li** contribue à remettre à zéro la sortie du bloc de fonction **Bistable** si la lampe E1 alimentée par la sortie Q1 reste allumée 15 min ; durée excessive pour le temps normal d'éclairage d'un hall d'entrée.

**Activité h** – Pour réduire le temps de la vérification du bon fonctionnement du programme, le bloc de fonction **TIMER Li** peut être paramétré de façon à ce que sa durée d'arrêt soit seulement de 14 s. En mode **simulation** comme en mode réel, le fonctionnement de la lampe E1 ne dépasse jamais 15 s.

### 5.4.4 Éclairage d'une cage d'escalier d'un immeuble

#### Cahier des charges

Un immeuble comporte trois étages dont l'accès se fait par une cage d'escalier. Le rez-de-chaussée et les trois paliers résidentiels nécessitent quatre boutons-poussoirs S1 à S4 et quatre points d'éclairage E1 à E4. Quel que soit le bouton-poussoir actionné, les lampes des quatre niveaux fonctionnent simultanément pendant une durée de 3 min. La gestion de l'éclairage est assurée par un module programmable Zelio Logic. Sur un plan technique, chaque point d'éclairage est équipé d'une lampe fluorescente basse consommation de 18 W.



**Figure 5-18** - Rédigé en langage LADDER, le programme qui gère le fonctionnement de l'installation d'éclairage s'apparente au schéma électrique d'un montage « Minuterie ». ‡

# Index

---

## A

actif	
sur état	381
sur front	381
activation	79, 85, 97, 100, 101
activités pédagogiques	325, 332, 336, 343, 355
affichage	
bloc DISPLAY	381
bloc TEXT	381
bobine Textes	381
rétro-éclairage	88
aide en ligne	44
alarme	293, 296, 303, 305, 311, 319
alimentation, module	382
amélioration	13, 165, 321, 323
ampères	219, 220, 244, 384
analogique	20, 28, 87, 108, 112, 154, 208, 218
arrosage	65, 67, 68

## B

ballon d'eau chaude sanitaire	382
bascule RS	107, 176, 305, 382
basse consommation	124, 126, 329
batteries	269, 382
binaire	85, 89, 107, 391, 393
bipolaire	49, 133, 135
bistable	107, 127, 153, 338
bloc de fonction	382
bloc de texte	97
bobine	382
Reset	73, 382
Set	73, 383

## C

câble de communication	383
capteur	209, 383
centrale	195, 260, 262, 263
chargeur	262, 284, 285
chauffage réduit	371, 377, 383
chauffe-eau	195



# Index

---

blindé .....	206
clignoteur .....	68, 70, 72, 74
cohérence du programme .....	383
colonne .....	43, 44, 383
comparateur .....	383
analogique .....	87
de compteurs .....	86
compteur .....	84, 383
rapide .....	85
conducteur de protection .....	137, 186
congélateur .....	15, 230, 260
contact .....	24, 27, 28, 384
contacteur .....	28, 30, 31, 111, 124, 133, 135, 384
heures creuses .....	384
contacteur-délesteur .....	230
contrôleur d'accélération de la simulation .....	48, 75, 77, 384
convecteur .....	167, 170, 384
convertisseur analogique/numérique .....	385
coupure secteur .....	385

## D

délestage .....	227
délesteur .....	231, 233, 234
détecteur	
d'ouverture magnétique .....	297
de bris de vitre .....	298, 301, 303, 311, 319, 385
de mouvements .....	301, 361, 363, 385
magnétique .....	385
disjoncteur .....	385
durabilité électrique .....	386

## E

écran LCD .....	386
entrée	
analogique .....	29, 92, 208, 218, 219, 386
TOR .....	112, 386
équation logique .....	45, 100, 101, 102, 386
étape .....	99, 100, 101, 102
état logique .....	49, 73, 106, 108

# Index

---

## F

face avant virtuelle .....	49, 276, 334, 386
facteur de puissance .....	29, 126, 162, 387
fil pilote .....	172, 173, 186, 387
<i>firmware</i> .....	25, 61, 387
fluorescent .....	124, 126, 144
fonction	
Été/Hiver .....	88
FBD .....	105, 387
IN .....	387
LADDER .....	81
LOGIC .....	388
OUT .....	388
SFC .....	99, 388
TIME PROG .....	387
TIMER .....	387

## G

gâche .....	324, 325
grafcet .....	99, 102, 388

## H

halogène .....	124, 162, 329
heures creuses .....	195, 199, 203
horloge .....	73, 94, 388

## I

intrusion .....	293, 305
-----------------	----------

## K

kVA .....	162
kW .....	162

## L

langage	
FBD .....	56, 89, 388
LADDER .....	43, 67, 389
LED .....	124, 126, 127
ligne .....	43, 72, 389
luminaire .....	122, 123, 137

# Index

---

## M

macro .....	112
macro-fonction .....	110, 112, 113, 115, 389
micrologiciel .....	.61, 387
minuterie .....	121, 122, 141, 389
mode <b>Édition</b> .....	389
mode hors gel .....	173, 176, 180
mode <b>Monitoring</b> .....	.61, 389
mode <b>Simulation</b> .....	48, 60, 390
modification .....	.321, 327
module d'alimentation .....	34, 49, 382, 390
module programmable Zelio Logic .....	.20, 390
moteur .....	.351, 352

## N

neutre .....	133, 137, 138
--------------	---------------

## O

onduleur .....	262, 267, 390
optimisation .....	167, 227, 322

## P

panneau photovoltaïque .....	266, 270, 390
paramétrage .....	390
pause .....	391
phase .....	137, 138, 140
prise de courant .....	123, 150, 332
programme .....	391
projecteur .....	162, 360, 361
puissance	
active .....	162, 163, 391
apparente .....	126, 162, 163, 391

## R

radiateur à accumulation .....	195, 196, 199, 200
radiateur à inertie .....	391
récepteur .....	17, 29, 162, 230, 233
redresseur .....	212, 260, 262, 284
redresseur-chargeur .....	284
réfrigérateur .....	15, 17, 18, 230, 260

# Index

---

relais auxiliaire .....	392
instantané .....	391
résistance .....	170, 206
<b>RUN</b> .....	392
rupteur .....	291

## S

saisie	
Ladder .....	392
Zelio .....	392
schéma électrique .....	67, 69, 133, 392
séquence pédagogique .....	361, 372
SFC .....	65, 99
sirène .....	296, 309, 319, 392
sortie .....	28, 29, 30
TOR .....	112, 393
<b>STOP</b> .....	393

## T

table de vérité .....	107, 327, 393
tarification .....	198
technologie .....	321, 322
télérupteur .....	107, 121, 122, 141, 393
temporisateur .....	74, 82, 83, 105, 393
tore magnétique .....	209, 394
touche (bouton) Zi .....	394
touche (bouton) Zx .....	48, 52, 78, 92
transfert du programme .....	38, 51, 53, 61, 394
transition .....	99, 100, 101, 102

## U

unipolaire .....	50, 133, 137
------------------	--------------

## V

va-et-vient .....	33, 43, 48, 56, 394
valeur numérique .....	108, 109, 110, 216
verrouillage .....	74, 281, 352
volet roulant .....	350, 352

## Z

Zelio Soft 2 .....	24, 33, 34, 394
--------------------	-----------------