

Gérard GUIHÉNEUF
Mariline THIEBAUT-BRODIER

Eau de pluie : récupération & utilisation
Montages électroniques PICBASIC
pour le recyclage des eaux de pluie

Copyright © 2010 – Publitrone - Elektor International Media

Conformément au droit d'auteur, ce copyright ne s'applique pas à certains schémas reproduits dans ce livre à titre de **citation** et d'**illustration** des propos et de la démarche intellectuelle de l'auteur, avec l'aimable autorisation des ayants-droit.

Toute reproduction ou copie, même partielle, de ce livre, sans l'accord écrit de l'éditeur, est interdite.

No part of this book may be reproduced, in any form or means whatsoever, without permission in writing from the publisher. While every precaution has been taken in the preparation of this book, the publisher and author assume no responsibility for errors or omissions. Neither is any liability assumed for damages resulting from the use of the information contained herein.

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.**

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^{er} juillet 1992 interdit expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit.

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).

Photo de la couverture : Scheimpflug – Photos des montages : Gérard Guihéneuf

Mise en page : Magda LORNE

Couverture : Ostinato

Coordination : Denis MEYER

Imprimé aux Pays-Bas par Wilco (08/2010)

978-2-86661-176-7

Sommaire

Avant-propos

1. Eau : une ressource à préserver

1.1	Cycle de l'eau	3
	Eau potable	4
	Assainissement des eaux usées	5
1.2	Eau à usage domestique	6
	Prix de l'eau assainie	6
	Consommation domestique moyenne	9
	Économies possibles	9
	Exemple - besoins en eau de pluie	11
	Exemple - volume utile de la cuve	11
	Exemple - capacité de collecte	11
	Chasse au gaspillage	13
	Économiser l'eau potable	13
	Réduire la consommation des lave-linges et lave-vaisselles	13
	Traquer et réparer les fuites	14
	Comment détecter une fuite ?	15
	Économiser l'eau de pluie	15
1.3	Qualité de l'eau	16
1.4	Système de petite capacité	19
	Installation et entretien	21
	Système d'irrigation	21
1.5	Système de grande capacité	22
	Matériel	22
	Installation et entretien	26
1.6	Pompe	28
	Pompe de surface	29
	Hauteur manométrique totale (HMT)	29
	Exemple - Calcul de la hauteur manométrique totale	29
	Débit	30
	Entretien et mise en service	31
	Mesurer le débit d'un robinet	31
	Pompe immergée	33
	Module de commande et régulation	33
1.7	Filtration	33
	Filtration mécanique	34
	Filtration adsorptive	34
	Filtration chimique	35
	Désinfection	35

1.8	Assainissement autonome	35
1.9	Baignade naturelle	36
1.10	Législation	37
	TVA au taux réduit de 5,5%	37
	Assurance de l'installateur	38
	Contrôle des ouvrages de récupération des eaux de pluie.	38
	Protection contre la pollution de l'eau potable : norme NF EN 1717.	39
	Redevance d'assainissement collectif	39
	Puits et forage	40
1.11	Crédit d'impôt pour la récupération d'eau de pluie	41
2.	Jauge numérique à ultrasons	
2.1	Cahier des charges	45
2.2	Jauge électronique	45
	Principe de fonctionnement.	45
	Calcul d'un volume	48
2.3	Capteur à ultrasons MS-EZ1 (<i>MaxBotix Inc.</i>)	49
2.4	Analyse du schéma.	50
2.5	Réalisation pratique	53
2.6	Liste des composants	55
2.7	Essai – Mise au point	55
2.8	Conclusion	57
3.	pH-mètre à affichage numérique	
3.1	Cahier des charges	60
3.2	Critères normatifs de la qualité de l'eau.	61
3.3	pH : potentiel d'Hydrogène	61
	Définition	61
	Sonde et principe de mesure	62
3.4	Analyse du schéma.	62
3.5	Réalisation pratique	65
3.6	Liste des composants	67
3.7	Essai – Mise au point	67
3.8	Conclusion	70
4.	Conductivimètre à affichage numérique	
4.1	Cahier des charges	71
4.2	Conductivité de l'eau	71
	Définition de la conductivité.	71
	Principe de mesure de la conductivité.	73

4.3	Analyse du schéma	75
	Module « alimentation »	75
	Module « Mesure »	78
	Module « Affichage »	82
4.4	Réalisation pratique	83
4.5	Liste des composants	84
4.6	Essai – Mise au point	85
4.7	Conclusion	88
5.	Pluviomètre à augets à transmission H.F.	
5.1	Intérêt - Cahier des charges	89
5.2	Pluviomètre à augets.	92
	Principe de mesure	92
	Modèle homologué retenu	92
5.3	Analyse du schéma	93
	Module « Émetteur HF »	93
	Module « Récepteur HF – Afficheur »	95
5.4	Réalisation pratique	96
5.5	Liste des composants	99
5.6	Essai - Mise au point	102
	Module « Émetteur HF »	102
	Module « Récepteur HF – Afficheur »	103
5.7	Conclusion	106
6.	Unité de pompage radiocommandée	
6.1	Structure d'une unité de pompage domestique pour recyclage d'eau de pluie	107
6.2	Cahier des charges	108
6.3	Analyse des schémas	112
	Module « Émetteur HF »	112
	Module « Récepteur HF »	116
6.4	Réalisation pratique	118
6.5	Liste des composants	120
	Module « Émetteur HF »	120
	Module « Récepteur HF »	122
6.6	Essai – Mise au point	123
	Module « émetteur HF »	123
	Module « récepteur HF »	124
6.7	Conclusion	125
7.	Compteur de consommation à affichage numérique	
7.1	Mesure de la consommation par un capteur de débit à turbine	127
	Principe d'un capteur de débit à turbine	127

	Caractéristiques du capteur de débit à turbine utilisé	128
7.2	Cahier des charges	131
7.3	Analyse du schéma	131
	Module « alimentation » (se reporter à la figure 7-4)	132
	Module « mesure – affichage »	134
7.4	Réalisation pratique	135
7.5	Liste des composants	135
7.6	Essai – Mise au point	137
7.7	Conclusion	142
	Conclusion générale	142
8.	Annexes	
8.1	Logiciels	143
8.2	Matériel	143
8.3	Carnet d'adresses	144
8.4	Bibliographie	148
8.5	Glossaire et acronymes	148
	Index	153

Avant-propos

Dans notre société, la prise de conscience collective qui résulte des conséquences du réchauffement climatique et des enjeux énergétiques a fait évoluer les comportements individuels au point que chacun se revendique désormais « éco-citoyen ».

Parmi ces citoyens préoccupés par l'écologie, certains s'engagent dans la construction d'une habitation à énergie positive quand d'autres se limitent à la mise en œuvre d'un ou plusieurs systèmes à énergies renouvelables.

D'autres encore s'orientent vers la récupération des eaux de pluie afin de les recycler dans des usages où l'eau potable n'est pas obligatoire : eau pour les toilettes, lavage du linge ou arrosage du jardin.

Cependant, avant de s'engager dans un projet domestique de recyclage des eaux pluviales, il est important de mieux connaître l'eau (cycle, traitement, consommation, prix) ainsi que les différents matériels de récupération (aérien ou enterré). Bien entendu, l'estimation des besoins, le dimensionnement du système et la prise en compte de la réglementation en vigueur sont des étapes incontournables auxquelles le présent ouvrage donne des réponses. Ainsi le lecteur sera armé pour choisir le matériel le mieux adapté à sa situation.

Pour améliorer l'exploitation d'une installation domestique de gestion des eaux pluviales, six réalisations électroniques sont proposées. Celles-ci couvrent les domaines de la mesure (pluviomètre à transmission haute fréquence, jauge numérique à ultrasons, compteur de consommation), du contrôle de la qualité de l'eau (pH-mètre, conductivimètre) et de l'automatisation (unité de pompage radiocommandée).

Enfin, pour que chaque lecteur qui s'engage dans la construction de ces réalisations aboutisse avec succès à un montage électronique fonctionnel, chaque réalisation donne lieu à un schéma électronique commenté, à un dessin de circuit imprimé simple à reproduire, à une figure précise d'implantation des composants et à une procédure d'essai détaillée et progressive !

Remerciements

La rédaction d'un livre est l'aboutissement d'un travail qui implique non seulement son auteur mais aussi la participation de nombreux acteurs.

C'est pourquoi, je (Gérard) souhaite remercier :

- ◆ les membres de ma famille qui ont accepté que je leur consacre moins de temps au profit de la rédaction de cet ouvrage,
- ◆ la société LEXTRONIC pour son soutien technique,
- ◆ les sociétés qui ont donné leur accord pour la reproduction d'informations et d'illustrations techniques,
- ◆ Mlle Blandine GUIHENEUF pour son aide en mathématiques lors de la réalisation de la jauge à ultrasons,
- ◆ Mme Edith PHELIPPEAU pour son aide rédactionnelle lors de la relecture de la première version des chapitres liés aux réalisations électroniques,
- ◆ l'éditeur pour son soutien.

Matériel

Les références des composants suivies d'un astérisque (*) renvoient à la page 143 où sont indiquées les sources d'approvisionnement.

Platines & Programmes

Les platines et les programmes décrits dans ce livre sont disponibles gratuitement sur la page Internet de l'éditeur : www.elektor.fr/eau

Avertissement à lire impérativement avant de réaliser les circuits décrits dans ce livre

**L'électronique présente des risques
(incendie, explosion, électrocution).**

L'électrisation peut se produire par contact direct (avec deux conducteurs, ou avec un conducteur actif et la terre) ou par contact indirect avec des masses mises accidentellement sous tension et la terre. Outre les brûlures internes ou externes, les courants électriques peuvent provoquer sur le corps humain des phénomènes tels que la tétanisation des muscles ou du diaphragme, ou encore la fibrillation ventriculaire (dérèglement de l'activité cardiaque).

Dans la pratique de l'électronique, le risque de contact direct avec les conducteurs est grand mais celui des contacts indirects ne l'est guère moins. Les masses (coffrets et organes de commande des appareils) peuvent être portées accidentellement à des différences de potentiel élevées soit par rapport à la terre soit par rapport à d'autres masses et constituent alors un grave danger pour les utilisateurs.

Le montage de transformateurs sur les circuits imprimés tel qu'il est décrit dans ce livre comporte des risques accrus que l'utilisateur prendra à ses risques et périls, liés à la présence de la tension alternative de 230 V sur le circuit. L'utilisation de blocs d'alimentation moulés autonomes, avec fiche électrique mâle incorporée, serait nettement préférable, parce qu'elle offre de meilleures garanties d'isolation galvanique. Si les montages décrits dans ce livre doivent être utilisés dans un contexte de formation scolaire ou autre, l'auteur et l'éditeur préconisent de faire toutes les modifications nécessaires afin de réduire autant que faire se peut le risque d'accident.

**Nous vous invitons à prendre connaissance des conseils
de sécurité : fichier à télécharger sur www.elektor.fr/eau**

1. Eau : une ressource à préserver

1.1 Cycle de l'eau

L'eau est disponible sous trois formes : liquide (pluie, mer, rivières), solide (glace, neige) et gazeuse (évaporation).

L'eau liquide est chauffée par les rayons du soleil et s'évapore. Elle rejoint l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau qui crée les nuages. Cette eau retombe sur la Terre quand il pleut ou neige. Une partie de cette eau s'infiltrate dans le sol pour alimenter les nappes phréatiques. Une grande partie de l'eau potable est puisée dans ces nappes. Chaque année, la France reçoit 440 milliards de m³ de précipitations : 60% s'évaporent, 25% pénètrent dans la terre, 15% ruissellent et rejoignent les cours d'eau, les mers et les océans. Nos réserves d'eau douce dépendent de la quantité et de la fréquence des précipitations.

Les nappes phréatiques se rechargent pendant les saisons pluvieuses (printemps et automne). En été, l'eau ruisselle ou est absorbée par la végétation.

Sur Terre, l'eau est à 97% salée (3/4 de la surface du globe sont recouverts d'eau). L'eau douce (3%) se trouve dans les nappes phréatiques et les eaux de surface (lacs, rivières etc.) et fournit entre 40 et 60% de nos ressources.

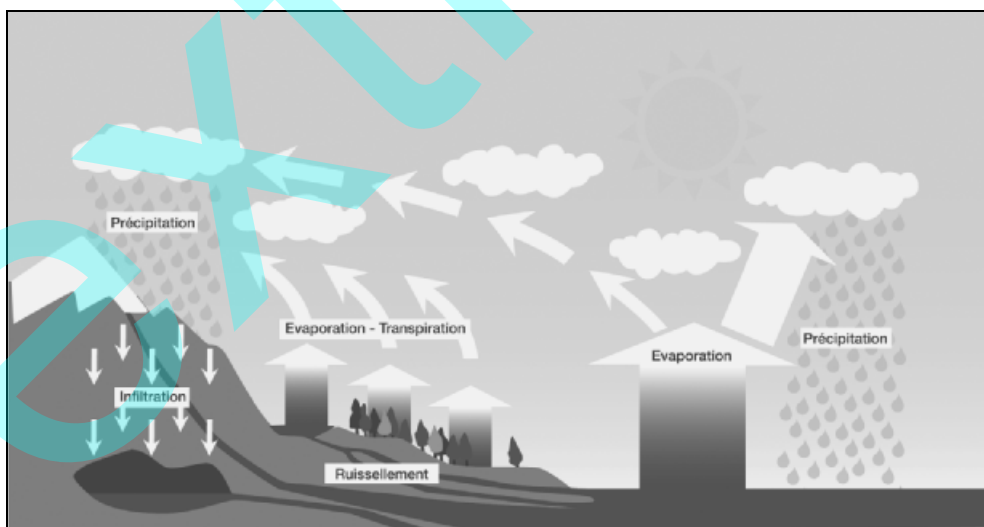


Figure 1-1 - Cycle hydrologique. La répartition de l'eau douce sur la Terre est inégale. Les zones arides représentent 31% de la surface du globe. 60% des ressources naturelles en eau sont réparties entre neuf pays : Brésil, Russie, Indonésie, Chine, Canada, États-Unis, Colombie, Pérou et Inde. *Source : C.I.Eau*

Eau potable

L'eau du robinet est une eau pompée par forage ou prélevée directement dans un cours d'eau. L'eau pompée ou prélevée est traitée pour qu'elle respecte les normes de potabilité. En effet les bactéries présentes dans l'eau non potable risqueraient de provoquer des gastro-entérites, des affections ORL ou cutanées. Par exemple, les eaux douces dans lesquelles prolifèrent des algues bleues contiennent des cyanobactéries (elles dégagent des toxines dangereuses pour la santé). Ces algues bleues sont à l'origine de la majorité des interdictions de baignade en eau douce.



Figure 1-2 - Traitement de l'eau destinée à la consommation humaine. Il fait appel à différents processus physiques et biologiques : filtration, décantation, ozonation... Source : C.I.Eau

L'eau pompée subit plusieurs traitements (attention, « traitement » ne signifie pas forcément utilisation de produits chimiques) (figure 1-2) :

- ◆ Dans un premier temps, l'eau est filtrée à travers des grilles (dégrillage) puis des tamis à mailles de plus en plus fines (tamisage).
- ◆ Dans un deuxième temps, un coagulant favorise la formation de gros flocons de boue. L'ensemble forme une masse appelée « floc », le procédé porte donc le nom de floculation. On utilise généralement comme réactifs des sels de fer ou d'aluminium. Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement au fond du bassin de décantation (90% des matières en suspension sont ainsi éliminées).
- ◆ Ensuite l'eau traverse un lit de sable fin qui retient des particules encore présentes (filtration).
- ◆ L'eau est désinfectée à l'ozone (action antibactérienne et antivirale). L'ozone est un oxydant puissant composé de trois atomes d'oxygène. Inodore, il n'affecte pas le goût de l'eau. Toutefois il est coûteux et complexe à mettre en œuvre.

- ♦ L'eau traverse un filtre à charbon actif. Il retient les micro-polluants comme les pesticides et consomme une partie de la matière organique « cassée » par l'ozone.
- ♦ Pour que l'eau conserve toute sa qualité tout au long de son cheminement, depuis l'usine jusqu'au robinet, de faibles doses de chlore sont ajoutées en sortie d'usine et à différents points du réseau de distribution. Le chlore présente deux avantages : il est bon marché et simple à mettre en œuvre.

Assainissement des eaux usées

Les eaux usées comprennent les eaux ménagères (lessive, cuisine, toilette corporelle) et les eaux vannes (urines et matières fécales). Les eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques et privées, des jardins, des cours d'immeubles etc. sont assimilées à des eaux pluviales.

L'assainissement des eaux usées participe à la préservation de l'environnement et à la santé de tous. Il a pour but de collecter et dépolluer les eaux usées (domestiques, industrielles et agricoles) avant de les rejeter dans le milieu naturel. Produire de l'eau potable à partir de ressources polluées est beaucoup plus complexe et plus coûteux qu'à partir d'une eau de bonne qualité. Il faut donc nettoyer les eaux usées pour préserver les ressources (nappes phréatiques, rivières, lacs).

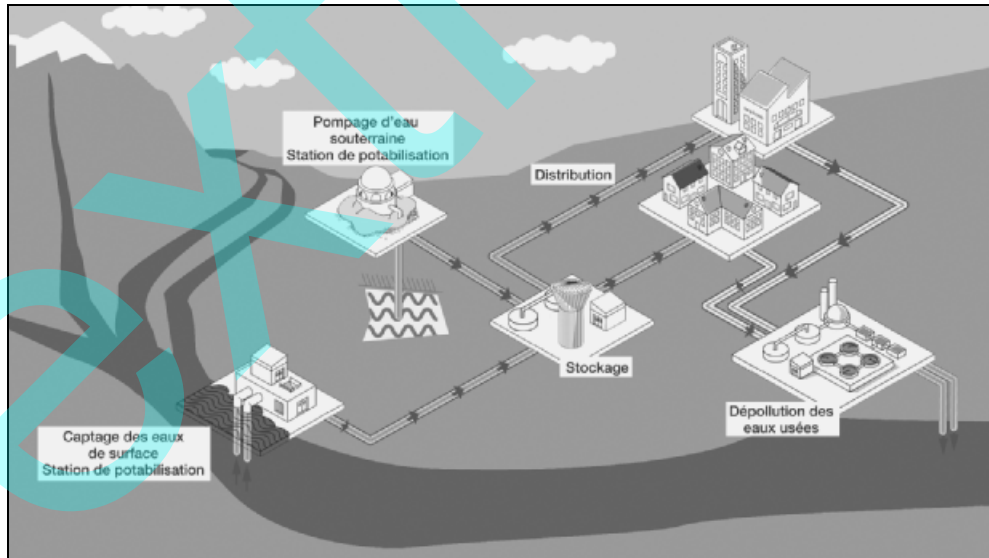


Figure 1-3 - Cycle de l'eau domestique. En France métropolitaine, 62% des volumes prélevés pour produire de l'eau potable proviennent des eaux souterraines. Le reste provient des fleuves et rivières. Les eaux usées issues des usages domestiques sont dépolluées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans la nature : on n'utilise jamais d'eaux usées pour produire de l'eau potable. *Source : C.I.Eau*

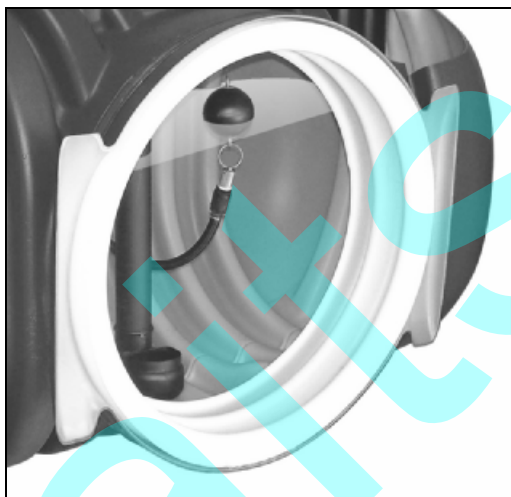


Figure 1-9 - Tube d'aspiration avec flotteur : ce tube est raccordé à la pompe de relevage. Il est équipé d'une crépine filtrante en inox avec clapet anti-siphonnage et d'un flotteur qui permet d'éviter l'aspiration de boues du fond.
Source : © Sotralentz, Géronimo

phréatique, soit envoyée dans le collecteur des eaux usées ou de pluie. Ne jamais connecter l'évacuation des eaux de pluie sur une fosse septique ou un lit filtrant d'assainissement autonome. Si l'eau ne peut pas être évacuée directement dans le sol, ni dans un collecteur, il faut installer un lit d'infiltration.

L'arrivée d'eau noyée (au fond de la citerne) avec dispositif anti-remous permet d'éviter de remuer les dépôts fins. Certaines cuves sont équipées d'un système diffuseur-tranquillisateur : il permet d'oxygéner l'eau. Le modèle le plus complet permet également de réalimenter partiellement en eau du réseau (ce qui évite la surchauffe de la pompe parce qu'on n'est jamais à sec).]

- vidangeable, nettoyable intégralement et permettant d'avoir un accès manuel à tout point de la paroi ;

- ◆ des conduites de liaison entre le système de dérivation et le stockage et entre le trop-plein et le pied de la gouttière dérivée ;
- ◆ un robinet de soutirage verrouillable ;
[Le tuyau de soutirage est équipé d'une crépine filtrante et d'un flotteur pour capter l'eau sous la surface, là où elle est propre (figure 1-9). Bien entendu, ce tuyau doit être raccordable à une pompe de surface.]
- ◆ une plaque apparente et scellée à demeure, au-dessus du robinet de soutirage, portant d'une manière visible la mention : « eau non potable » et un pictogramme caractéristique. [Vous trouverez ce pictogramme à la page 58.]

2. En cas d'usage à l'intérieur des habitations des eaux de pluie ainsi collectées, dans les conditions et limites définies par un arrêté conjoint des ministres en charge de l'écologie et de la santé, de l'ensemble des éléments complémentaires suivants :

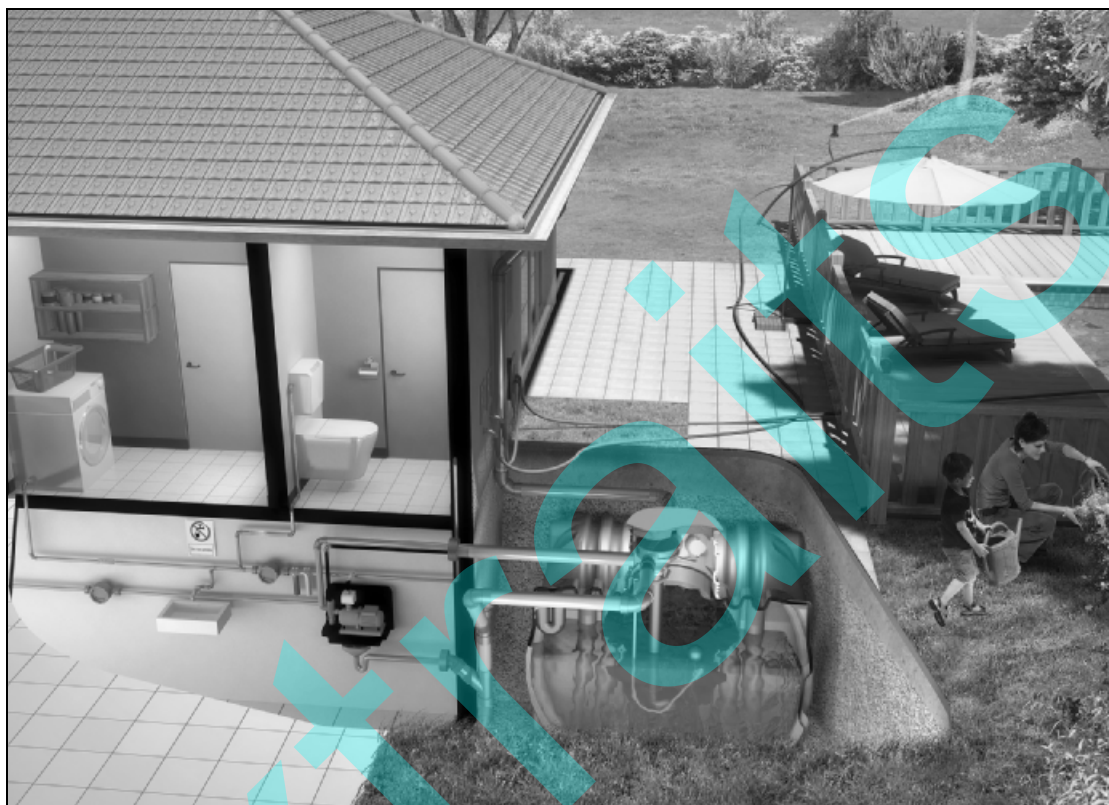


Figure 1-10 - Stockage de grande capacité, enterré. Bien que le WC soit un modèle suspendu, le réservoir de la chasse est apparent (et non pas encastré) pour montrer qu'il est alimenté par l'installation de récupération de l'eau de pluie. Source : © Sotralentz, Géronimo

- ◆ une pompe, immergée ou de surface, ou un surpresseur, d'une puissance inférieure à 1 kilowatt ;
 [La pompe permet de puiser l'eau de pluie dans le système de stockage et de la distribuer dans le réseau intérieur réservé à l'eau de pluie. Elle peut être immergée dans la cuve de stockage ou en surface.
 Le surpresseur a pour fonction la mise et le maintien sous pression du réseau de distribution d'eau de pluie.]
- ◆ un réservoir d'appoint doté d'une disconnexion de type AA ou AB au sens de la norme NF EN 1717 ;
 [L'installation d'un réservoir d'appoint doté d'une disconnexion de type AA ou AB au sens de la norme NF EN 1717 a pour but d'éviter une pollution de l'eau potable par une interconnexion entre les réseaux intérieurs.
 Une disconnexion par surverse totale (de type AA ou AB) est un dispositif qui permet de protéger le réseau d'eau potable contre la pollution par retour des eaux de pluie.]

Pour un même logement que le propriétaire, le locataire ou l'occupant à titre gratuit affecte à son habitation principale, le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt ne peut excéder, au titre d'une période de cinq années consécutives comprises entre le 1^{er} janvier 2005 et le 31 décembre 2012, la somme de 8 000 € pour une personne célibataire, veuve ou divorcée et de 16 000 € pour un couple soumis à imposition commune. Cette somme est majorée de 400 € par personne à charge au sens des articles 196 à 196 B. La somme de 400 € est divisée par deux lorsqu'il s'agit d'un enfant réputé à charge égale de l'un et l'autre de ses parents.

Pour un même logement donné en location, le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt pour le bailleur ne peut excéder, pour la période du 1^{er} janvier 2009 au 31 décembre 2012, la somme de 8 000 €. Au titre de la même année, le nombre de logements donnés en location et faisant l'objet de dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt est limité à trois par foyer fiscal.

- ☞ Si vous effectuez d'autres travaux qui ouvrent droit à un crédit d'impôt (acquisition d'une chaudière à condensation, acquisition de matériaux d'isolation thermique des parois vitrées, acquisition et pose de matériaux d'isolation thermique, acquisition d'équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable etc.), vérifiez que vous ne dépassez pas le montant cumulé de dépenses sur 5 ans si vous voulez bénéficier du crédit d'impôt pour la totalité des travaux.

Par exemple, en 2009, vous isolez votre façade (coût 10 000 €), en 2010, vous installez des fenêtres à double vitrage (coût 3 000 €), le cumul est de 13 000 €. Pour une personne célibataire, le montant des dépenses qui ouvre droit au crédit d'impôt est plafonné à 8 000 € → Le crédit d'impôt sera égal à $8\,000\text{ €} \times 25\% = 2\,000\text{ €}$ (et non pas $13\,000\text{ €} \times 25\% = 3\,250\text{ €}$).

Le crédit d'impôt est égal à **25% du montant des équipements (le montant de la pose n'est pas concerné)**. Il est accordé sur présentation des factures des entreprises ayant réalisé les travaux. Ces factures comportent, outre les mentions prévues à l'article 289 du Code Général des Impôts, le lieu de réalisation des travaux, la nature de ces travaux ainsi que la désignation, le montant et, le cas échéant, les caractéristiques des équipements, matériaux et appareils.

Le crédit d'impôt est imputé sur l'impôt sur le revenu après application des réductions d'impôt mentionnées aux articles 199 *quater* B à 200 bis, des crédits d'impôt et des prélèvements ou retenues non libératoires. S'il excède l'impôt dû, l'excédent est restitué.

En outre le contribuable doit tenir à la disposition de l'administration, qui peut en demander la production dans le cadre de l'exercice de son pouvoir de contrôle, la fiche d'attestation de conformité de l'installation, établie par le responsable de la mise en service de l'installation des équipements de distribution des eaux de pluie à l'intérieur d'un bâtiment (voir le modèle d'attestation à la figure 1-16).

2. Jauge numérique à ultrasons

- Objectifs**
- ◆ S'INFORMER des caractéristiques et des conditions de mise en œuvre du capteur à ultrasons MS-EZ1 (*MaxBotix Inc.*)
 - ◆ CONSTRUIRE une jauge à affichage numérique qui utilise le capteur à ultrasons MS-EZ1 et le module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*)
 - ◆ PROGRAMMER et METTRE AU POINT la jauge numérique réalisée.

2.1 Cahier des charges

La jauge numérique que l'on se propose de réaliser va conjuguer simplicité et performance à l'image des deux composants électroniques qui la constituent : le capteur à ultrasons MS-EZ1 (*MaxBotix Inc.*) et le module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*).

Les caractéristiques techniques de notre mesureur vont être les suivantes :

- ◆ Mesure et affichage du volume d'eau contenu dans trois types de réservoirs de forme différente : parallélépipède rectangle (pavé), cylindre vertical ou cylindre horizontal.
- ◆ Saisie des dimensions (longueur, largeur, hauteur ou diamètre) par action sur trois boutons poussoirs (incrémentement (S1), décrémentation (S2) et validation (S3)).
- ◆ Indication des résultats sur un afficheur de type LCD.
- ◆ Alimentation autonome par pile ou accumulateur rechargeable 9 V.

2.2 Jauge électronique

Principe de fonctionnement

Par définition, une jauge est une règle graduée qui permet par immersion dans un liquide de mesurer la capacité d'un récipient ou d'un réservoir.

Opter pour une jauge électronique, c'est éviter tout contact physique entre le capteur et le liquide dont on veut mesurer le volume. En d'autres termes, c'est à distance que le capteur va devoir prendre la mesure du niveau du liquide. Seuls deux principes de base peuvent trouver leur application : celui de la réflexion à la surface du liquide d'un

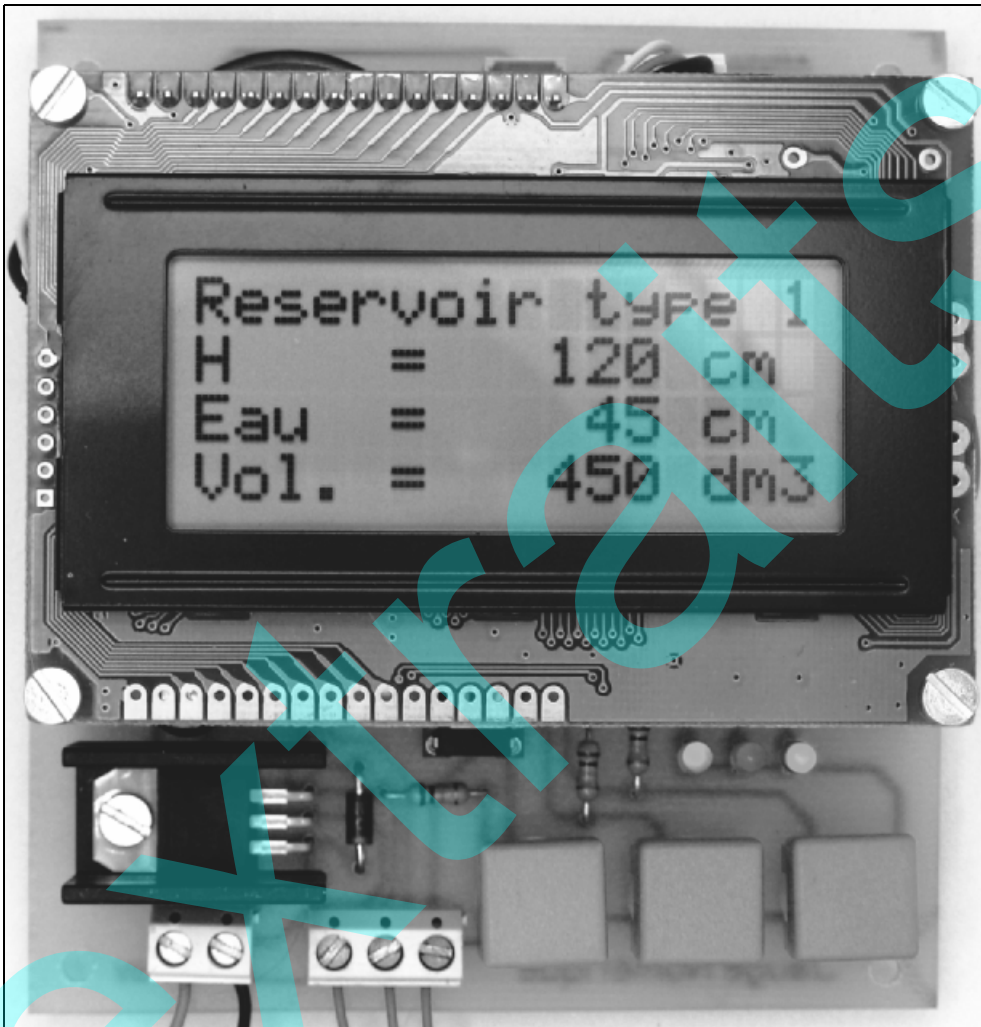


Figure 2-0 - Construite autour du capteur à ultrasons MS-EZ1 (*MaxBotix Inc.*) et du module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*), cette jauge permet de mesurer le volume d'eau de pluie contenu dans un réservoir et d'en rendre compte sur un afficheur LCD.

rayonnement (infrarouge) ou celui de la réflexion d'un son à très haute fréquence (ultrasons) ; c'est ce dernier principe qui va être mis en œuvre dans notre mesureur (se reporter à la figure 2-1).

Exemple

Un réservoir de collecte d'eaux de pluie présente une forme cubique et se caractérise par une capacité de stockage de mille litres ($1\ 000\text{ l} = 1\ 000\text{ dm}^3$). Placé à la hauteur maximale du réservoir et au-dessus du niveau de l'eau, un capteur à ultrasons mesure une distance de 30 cm entre le niveau effectif de l'eau et le niveau maximal. Par de simples opérations arithmétiques, le microcontrôleur associé au capteur peut déduire que la hauteur d'eau dans le réservoir est de 70 cm et calculer que le volume d'eau stocké est alors de 700 dm^3 , soit 700 l.

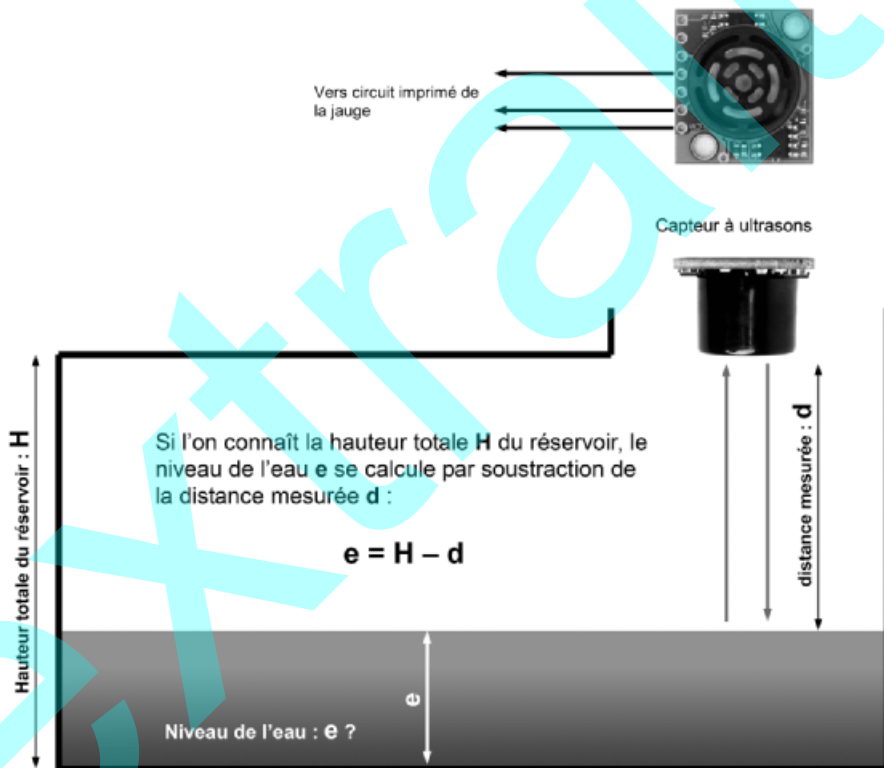


Figure 2-1 - Par réflexion d'un son à haute fréquence (ultrasons), le capteur mis en œuvre va mesurer la distance qui le sépare de la surface du liquide. Soustraite de la hauteur totale du réservoir, cette distance va permettre de déduire la hauteur et le volume de l'eau contenue dans le réservoir.

- C.** Contrôler la présence d'une tension +5 V entre les broches 20 (+5 V) et 19 (0 V) puis entre les bornes 1 et 3 du bornier K2.
- D.** Mettre le circuit imprimé hors tension pour :
- ◆ raccorder le capteur à ultrasons CI2 au bornier K2 conformément aux indications de la figure 2-10
 - ◆ insérer le module programmable PICBASIC PB-3B (CI3) dans son support
 - ◆ effectuer le raccordement du câble de programmation entre le connecteur J1 et la prise de l'ordinateur PC (prise parallèle ou port USB)
 - ◆ raccorder le câble de l'afficheur LCD au connecteur J2.
- E.** Mettre sous tension : la diode électroluminescente verte D2 s'allume et l'afficheur LCD indique un curseur fixe au niveau du premier caractère de la première ligne.
- F.** Exécuter la commande « RUN » accessible dans le logiciel PICBASIC Studio ; il en résulte le transfert depuis l'ordinateur PC du programme dans le module programmable PICBASIC PB-3B et le lancement de son exécution.

IMPORTANT

Pour des raisons d'encombrement du programme compilé (codes hexadécimaux) à transférer dans la mémoire « flash » du module programmable PICBASIC PB-3B, le respect du cahier des charges a conduit à élaborer deux programmes en langage Basic :

- ◆ Programme « JAUGE_reservoirs_1_2.bas » : mesure du volume d'eau contenu dans des réservoirs de type 1 (parallélepipède rectangle ou pavé) ou de type 2 (cylindre vertical).
- ◆ Programme « JAUGE_reservoir_3.bas » : mesure du volume d'eau contenu dans des réservoirs de type 3 (cylindre horizontal).

- G.** Après quelques instants, un signal sonore émis par le transducteur piézo BZ1 retentit et l'afficheur LCD indique sur deux lignes :
« Jauge numérique » et « (c) Elektor 2010 ».
La jauge numérique est fonctionnelle et il ne reste plus qu'à simuler un niveau fictif d'eau en plaçant un objet plat dans l'axe de détection du capteur à ultrasons pour les trois types de réservoirs gérés.

☞ Remarques :

- ◆ Pour les lecteurs qui ne sont pas familiers du module programmable PICBASIC PB-3B, un ouvrage spécifique intitulé « Réaliser et programmez 12 applications pratiques pour maîtriser le PICBASIC PB-3B » est publié par nos soins (commande en ligne possible sur www.ellektor.fr/picbasic).
- ◆ Le logiciel PICBASIC Studio est téléchargeable gratuitement sur le site Internet du distributeur exclusif LEXTRONIC à l'adresse suivante :
www.lextronic.fr.

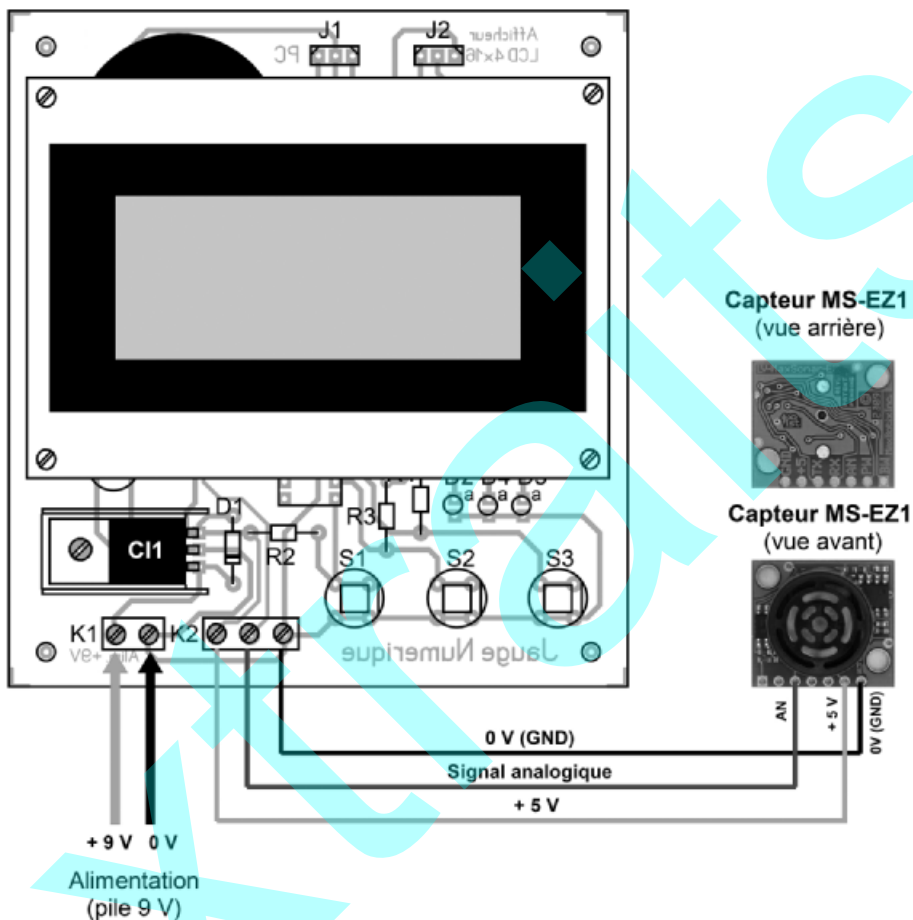


Figure 2-10 - Seuls le coupleur à pile (9 V) et le capteur à ultrasons justifient une vigilance particulière liée au respect des polarités lors de leur raccordement au circuit imprimé.

2.8 Conclusion

Avec deux microcontrôleurs respectivement dissimulés dans le capteur à ultrasons et au cœur du module programmable PICBASIC PB-3B, cette jauge numérique conjugue simplicité, technicité et utilité. Ces trois caractéristiques doivent vous éviter les désagréments d’une « douche froide » et vous conduire à la réussite ; objectif commun que nous nous sommes fixés pour les différentes réalisations décrites dans cet ouvrage !



Pictogramme « Eau non potable » à reproduire et colorier en rouge pour signaler les robinets de soutirage d'eau de pluie.

3. pH-mètre à affichage numérique

Objectifs

- ◆ S'INFORMER des critères normatifs de la qualité de l'eau
- ◆ DÉFINIR le critère « potentiel d'Hydrogène » (pH) d'un liquide (son acidité ou sa basicité)
- ◆ S'INFORMER de la constitution et du principe de fonctionnement d'une sonde de mesure électrochimique
- ◆ CONSTRUIRE un pH-mètre à affichage numérique qui met principalement en œuvre le module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*)
- ◆ PROGRAMMER et METTRE AU POINT le pH-mètre à affichage numérique réalisé.

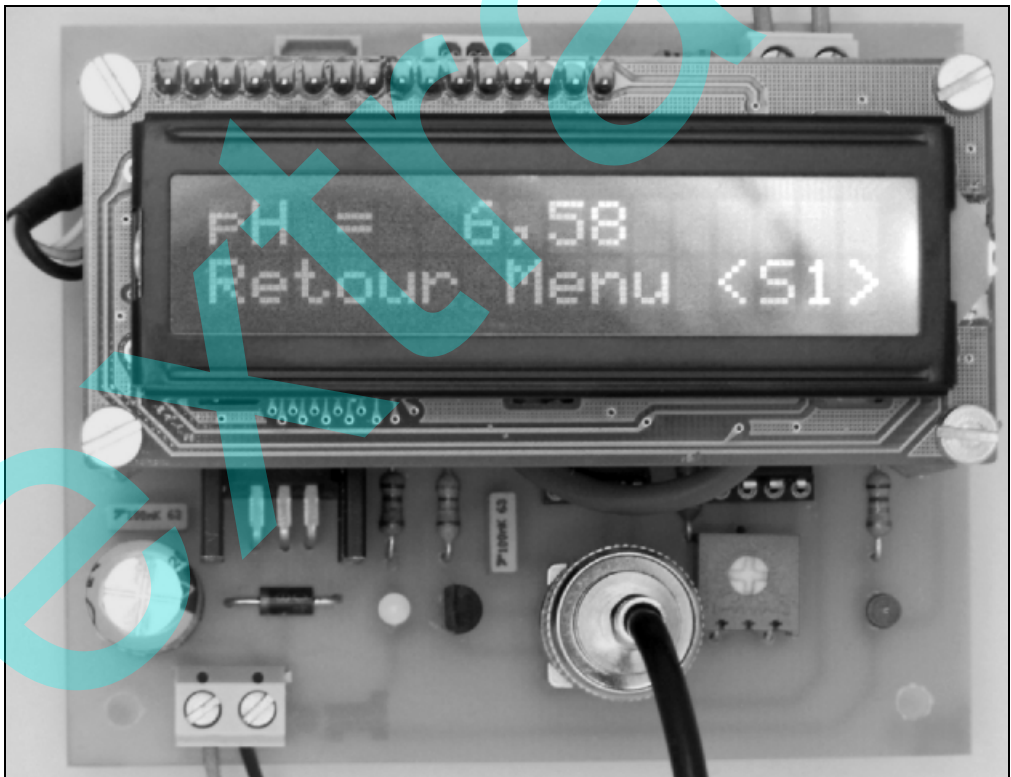


Figure 3-0 - La simple mise en œuvre du module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*) associé à quelques composants discrets permet de réaliser cet appareil de mesure qui rend compte sur son afficheur LCD du pH de l'eau de pluie collectée.

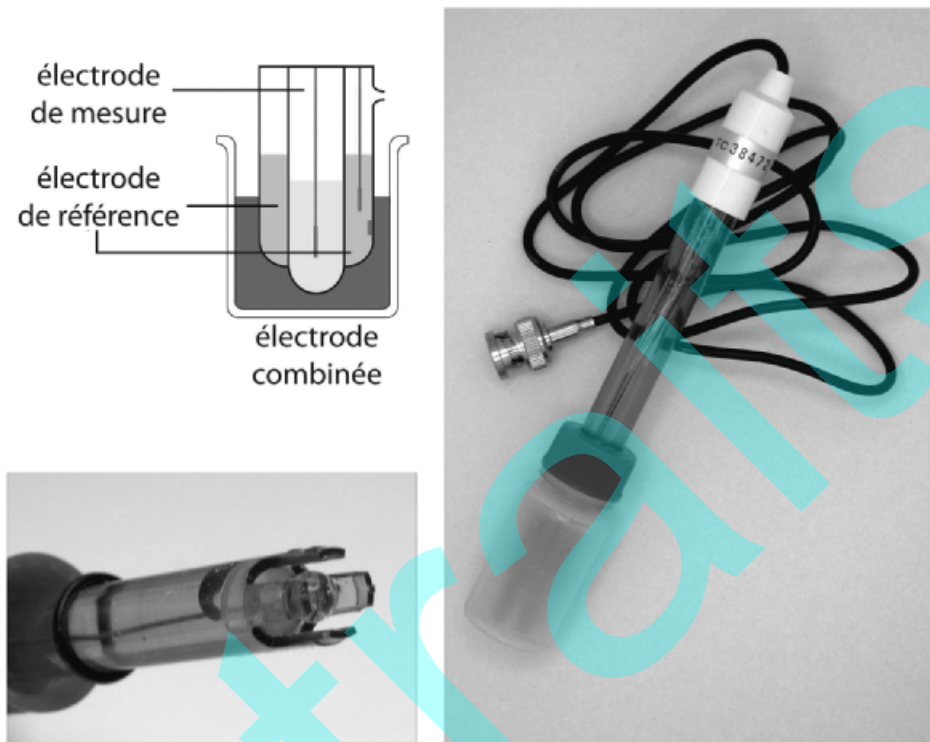


Figure 3-1 - Composée de deux électrodes, une sonde de mesure délivre une tension proportionnelle à la valeur de pH. La sonde retenue pour notre pH-mètre produit une tension de 0 V pour pH = 7 et se caractérise par une variation de tension de 59 mV par unité de pH.

3.1 Cahier des charges

On se propose de réaliser un pH-mètre à affichage numérique dont les caractéristiques techniques comparables à celles des modèles commercialisés vont être les suivantes :

- ◆ Mesure du pH d'un liquide (eaux de pluie collectées) selon deux options :
 - option 1 : mesure en temps réel
 - option 2 : mesure de la valeur moyenne sur la base de quarante mesures espacées de dix secondes.
- ◆ Gamme de mesures comprise entre pH = 0 et pH = 14
- ◆ Résolution de l'affichage : 0,01 pH
- ◆ Indication des mesures sur un afficheur de type LCD (deux lignes de seize caractères)
- ◆ Alimentation autonome par pile ou accumulateur rechargeable 9 V.

3.2 Critères normatifs de la qualité de l'eau

D'un point de vue réglementaire, l'eau de pluie collectée n'est pas potable et son usage est limité aux seules applications domestiques suivantes : l'alimentation des toilettes et d'un lave-linge, le lavage des sols, l'arrosage d'un jardin, le remplissage de bassins et tous les nettoyages extérieurs. L'usage de l'eau de pluie ne peut être en aucun cas lié à la consommation alimentaire et à l'hygiène corporelle.

Pour être considérée comme potable, l'eau doit respecter des dizaines de critères.

Ceux-ci se répartissent en :

- ♦ critères *organoleptiques* (coloration, turbidité, odeur, saveur ...)
- ♦ critères *physico-chimiques* (pH, oxygène dissous, D.C.O. (Demande Chimique en Oxygène),)
- ♦ *substances indésirables* (nitrates, hydrocarbures...)
- ♦ *substances toxiques* (arsenic, cadmium, cyanure...)
- ♦ *éléments microbiologiques* (coliformes, streptocoques...)
- ♦ *pesticides et produits apparentés* (aldrine, dieldrine, heptachlore...).

Vous trouverez des informations complémentaires sur la qualité de l'eau dans la section 1.3, page 16.

En ce qui concerne le critère désigné pH, la norme impose une valeur comprise entre 6,5 et 9 quand celui de l'eau de pluie varie en moyenne entre 5,5 et 8.

3.3 pH : potentiel d'Hydrogène

Définition

Le potentiel d'Hydrogène (pH) est un indice numérique qui permet de mesurer l'activité de l'ion d'hydrogène dans une solution. Autrement dit, le pH est un indicateur d'acidité ($\text{pH} < 7$), d'alcalinité ou basicité ($\text{pH} > 7$) ou encore de neutralité ($\text{pH} = 7$, cas de l'eau pure à une température de 25 °C) d'une solution.

Exemple

Une eau de source plate peut présenter un pH de 7,3 alors qu'une eau minérale gazeuse peut se caractériser par un pH de 6 (exemples de valeurs recueillies sur des étiquettes de bouteilles d'eau).

Le pH de l'eau de pluie est variable et peut être compris en moyenne entre 5,5 et 8. Comme la pluie résulte de la condensation de l'eau dans l'air, le pH de l'eau de pluie diffère selon les régions et dépend de l'émanation de CO_2 dans l'air produite par l'activité industrielle, la combustion de produits fossiles et la circulation automobile.

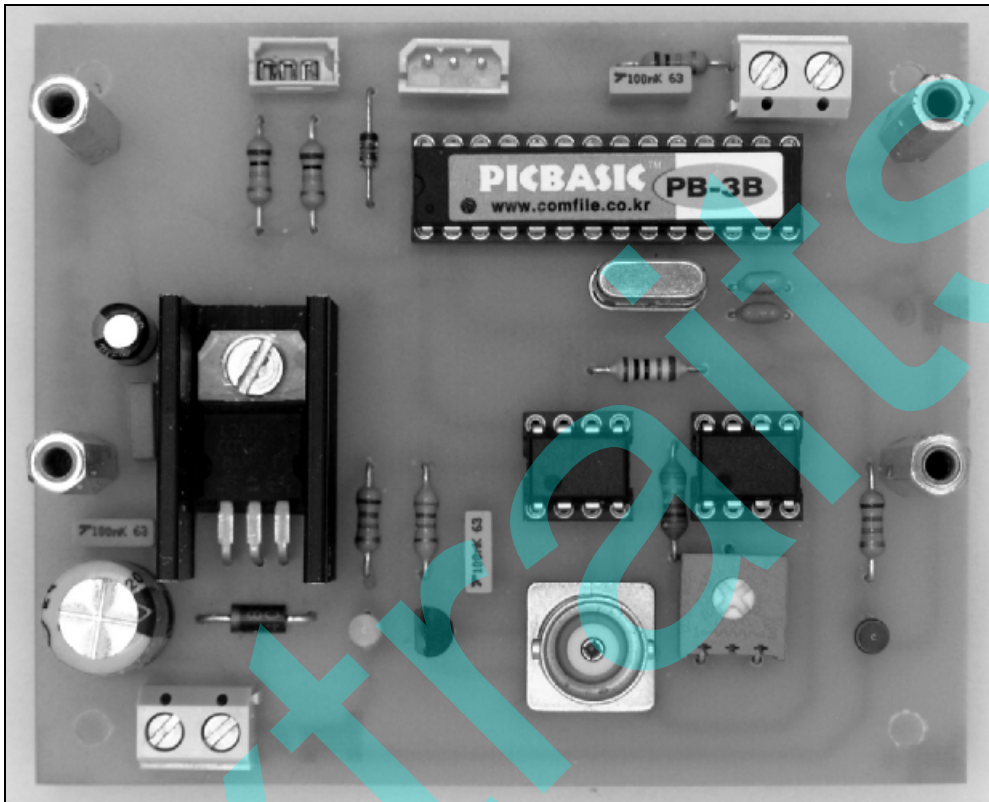


Figure 3-7 - À l'exception de l'afficheur LCD surélevé par quatre entretoises de 35 mm, tous les composants sont regroupés pour constituer une implantation compacte et réduite.

- A.** Raccorder un coupleur pour pile 9 V au connecteur K1 en respectant les polarités suivantes : +9 V à la borne K1-1 et 0 V à la borne K1-2.
- B.** Associer le coupleur à une pile 9 V : la diode électroluminescente verte D2 s'allume.
- C.** Avec un voltmètre dont la fiche (0 V) demeure en point test fixe à la borne K1-2, placer l'autre fiche (+ V) pour contrôler la présence des valeurs de tension aux différents points de mesures suivants :
 - ◆ +5 V sur la broche 8 du support de CI3
 - ◆ +5 V sur la broche 8 du support de CI4
 - ◆ +5 V sur les broches 1 et 20 du support de CI5
 - ◆ +2,5 V sur la masse de la prise BNC J3.
- D.** Mettre le circuit imprimé hors tension pour :
 - ◆ insérer les amplificateurs opérationnels TLC271CP (CI3 et CI4) dans leurs supports
 - ◆ insérer le module programmable PICBASIC PB-3B (CI5) dans son support

- ◆ effectuer le raccordement du câble de programmation entre le connecteur J1 et la prise de l'ordinateur PC (prise parallèle ou port USB)
 - ◆ raccorder le câble de l'afficheur LCD au connecteur J2
 - ◆ raccorder la sonde de mesure à la prise BNC J3 en laissant la sonde immergée dans sa solution de conservation
 - ◆ raccorder le bouton poussoir S1 aux bornes K2-1 et K2-2
 - ◆ placer le curseur de la résistance ajustable R4 au milieu de sa course.
- E.** Mettre sous tension : la diode électroluminescente verte D2 s'allume et l'afficheur LCD indique un curseur fixe au niveau du premier caractère de la première ligne.
- F.** Démarrer l'ordinateur PC puis lancer le programme PICBASIC Studio.
- G.** Exécuter la commande « RUN » accessible dans le logiciel PICBASIC Studio ; il en résulte le transfert depuis l'ordinateur PC du programme dans le module programmable PICBASIC PB-3B et le lancement de son exécution.
- H.** Après quelques instants, l'afficheur LCD indique sur deux lignes :
« *** pH-metre *** » et « (c) Elektor 2010 ».
- I.** Trois secondes plus tard, deux messages s'affichent alternativement toutes les trois secondes et invitent l'utilisateur à choisir, par simple action sur le bouton poussoir S1, entre l'option 1 (mesure en temps réel) et l'option 2 (mesure du pH moyen).
- J.** Choisir l'option 1 : immédiatement, l'afficheur rend compte d'une valeur de pH propre à la solution de protection dans laquelle baigne la sonde. Toutes les deux secondes, la mesure est reconduite (allumage bref de la diode électroluminescente D4) et l'affichage est actualisé. Il convient alors de procéder à l'étalonnage du pH-mètre.
- K.** Préparer ou disposer d'une solution dont le pH est connu de façon précise.
- ☞ **Remarque** : les fournisseurs d'appareils de mesure dont le catalogue propose des pH-mètres vendent également des sachets de préparation pour étalonnage (pH = 4, pH = 7 et pH = 10) ou des flacons de solution tampon. Lorsqu'ils n'ont rien d'autre sous la main, les chimistes utilisent du Coca Cola® comme solution tampon (pH = 2,5 pour Coca Cola Classic).
- L.** Immerger dans un premier temps la sonde dans une solution dont le pH vaut 7. En fonction de la valeur rapportée par l'afficheur LCD, modifier la valeur de la variable « TARAGE » définie à la ligne 25 du programme (voir encadré, page 70).
- M.** Immerger ensuite la sonde de mesure dans une solution dont le pH est également connu (pH = 4 ou pH = 10) afin de contrôler que la mesure effectuée s'apparente désormais à la valeur de la solution d'étalonnage utilisée.
- N.** Appuyer sur le bouton poussoir S1 pour placer le pH-mètre en situation de mesure d'une valeur moyenne. Placer successivement la sonde de mesure dans des solutions dont le pH diffère. Toutes les dix secondes, une mesure s'opère (allumage bref de la diode électroluminescente D4) et la valeur moyenne affichée évolue.

Exemples

- ♦ Si la mesure affichée vaut 6,84 au lieu de 7, il convient d'augmenter le tarage de 16 centièmes de pH ; la valeur « TARAGE » doit alors être initialisée à 16 en modifiant la ligne 25 du programme comme suit :
25 TARAGE = 16.
- ♦ À l'inverse, si la valeur de mesure affichée est supérieure à 7, la valeur de tarage doit être réduite. Il suffit de lui attribuer une valeur négative représentative du nombre de centièmes de pH excédentaires dans la valeur mesurée.

Pendant les mesures de la valeur moyenne, il est possible d'actionner le bouton poussoir S1 pour revenir au choix des options. Si cette action sur le bouton poussoir n'a pas lieu, l'option 2 s'achève automatiquement à l'issue de 40 mesures (soit un délai qui avoisine 400 s).

- ⇒ **Recommandation** : comme les électrodes de la sonde vieillissent et que leurs caractéristiques changent, il est souhaitable de faire régulièrement un étalonnage de l'appareil (les chimistes recommandent un étalonnage journalier). Si la dérive observée de la mesure est de faible valeur (quelques centièmes de pH), il est possible d'effectuer un nouveau tarage de l'appareil sans modifier le programme en agissant sur la résistance ajustable R4. Quand l'action de celle-ci ne suffit plus (curseur de la résistance en butée), une nouvelle modification de la ligne 25 du programme se révèle nécessaire.
- ⇒ **Remarque**
 - ♦ Pour les lecteurs qui ne sont pas familiers du module programmable PIC-BASIC PB-3B, un ouvrage spécifique intitulé « Réaliser et programmez 12 applications pratiques pour maîtriser le PICBASIC PB-3B » est publié par nos soins (commande en ligne possible sur www.ektor.fr/picbasic).
 - ♦ Le logiciel PICBASIC Studio est téléchargeable gratuitement sur le site Internet du distributeur exclusif LEXTRONIC à l'adresse suivante : www.lextronic.fr.

3.8 Conclusion

Les recommandations techniques décrites dans le présent chapitre ont pour but de vous amener avec succès à la réalisation d'un appareil qui, à l'inverse de l'eau de pluie dont il mesure le pH, méritera mieux que le péjoratif qualificatif de « potable » !

4. Conductivimètre à affichage numérique

- Objectifs**
- ♦ DÉFINIR la grandeur physique désignée « conductivité » et S'INFORMER de son principe de mesure
 - ♦ CONSTRUIRE un conductivimètre à affichage numérique qui met principalement en œuvre le module programmable PICBASIC PB-3B (*Comfile Technology*)
 - ♦ PROGRAMMER et METTRE AU POINT le conductivimètre à affichage numérique réalisé.

4.1 Cahier des charges

Après avoir construit un pH-mètre, on se propose de réaliser un conductivimètre à affichage numérique dédié au contrôle de la qualité des eaux de pluie collectées et caractérisé par les performances techniques suivantes :

- ♦ Mesure de la conductivité de l'eau de pluie exprimée en micro-siemens par centimètre
- ♦ Gamme de mesures comprise entre 1 et 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ♦ Affichage de la dureté de l'eau de pluie collectée
- ♦ Indication des informations sur un afficheur de type LCD (quatre lignes de vingt caractères)
- ♦ Alimentation autonome par deux piles ou accumulateurs rechargeables 9 V.

4.2 Conductivité de l'eau

Définition de la conductivité

Un paramètre autre que le pH de l'eau est à prendre en compte dans le projet de la collecte des eaux de pluie : celui de la conductivité. Exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la conductivité indique le degré de minéralisation de l'eau et traduit sa teneur en calcaire. De plus, ce degré de minéralisation permet de définir la dureté de l'eau (se reporter à la figure 4-1). Ainsi, plus une eau de pluie présente une conductivité élevée, plus cette eau est dite « dure ». Son usage peut alors entraîner des dégradations sur les installations domestiques, par exemple l'entartrage prématuré de la résistance électrique d'une machine à laver si celle-ci utilise de l'eau de pluie à la conductivité élevée.

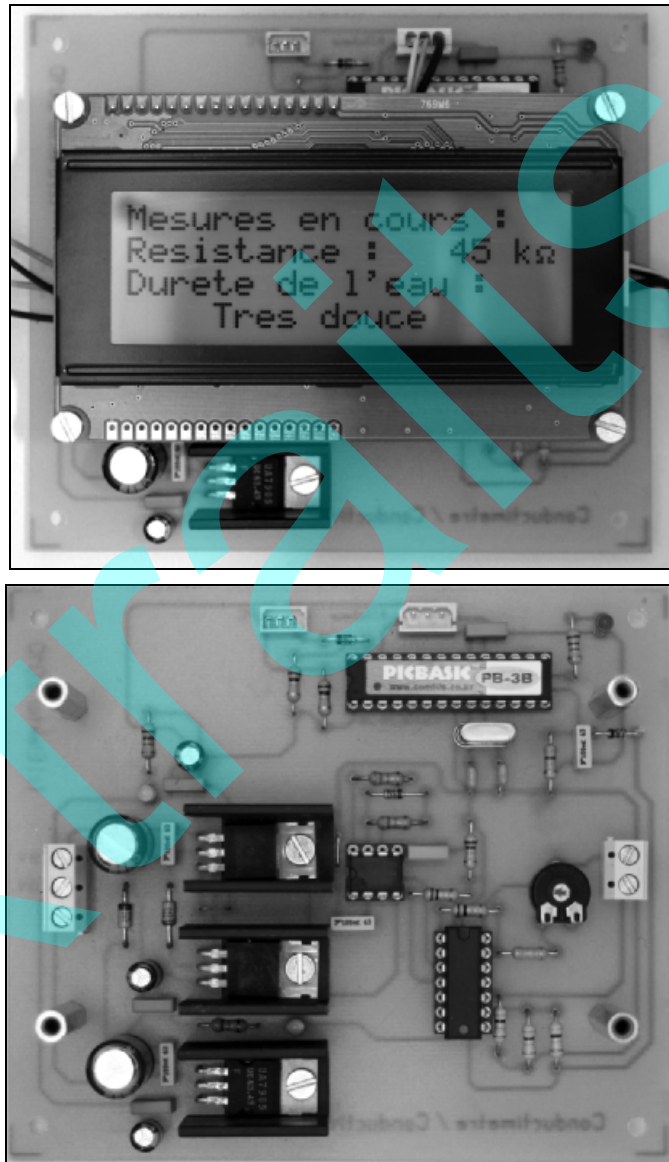


Figure 4-0 - Outre la conductivité exprimée en micro-siemens par centimètre, l'appareil de mesure que l'on se propose de réaliser rend également compte de la dureté de l'eau de pluie collectée.

En ce qui concerne la définition physique de la conductivité, celle-ci renvoie à une autre notion : la conductance. Par définition, cette conductance est l'inverse de la résistance et peut par conséquent s'exprimer de la façon suivante :

- ◆ Résistance d'un matériau (en ohms : Ω) : $R = \frac{\rho \times l}{S}$

Avec l : longueur (en mètres : m), S : section (en mètres carrés : m^2)
 ρ : résistivité du matériau (en $\Omega m^2/m$ ou en Ωm).

$\mu\text{S/cm}$	$^{\circ}\text{TH}$	Dureté de l'eau
0-140	0-7	très douce
140-300	7-15	douce
300-500	15-25	légèrement dure
500-640	25-32	moyennement dure
640-840	32-42	dure
> 840	> 42	très dure

Figure 4-1 - La valeur de la conductivité de l'eau traduit également la notion de dureté de l'eau. Ce tableau indique également la correspondance entre mesure en μS et dureté de l'eau. $^{\circ}\text{TH}$: unité de dureté de l'eau exprimée en degrés français (titre hydrotimétrique). Source : « Recyclage des eaux de pluie » de Ralf Pagel aux éditions Publitronic-Elektor, ISBN 978-286661-162-0

- ◆ Conductance : si celle-ci est l'inverse de la résistance, il suffit d'inverser la formule précédente pour en obtenir l'expression mathématique :
Conductance du matériau (en siemens : S) :

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \times \frac{S}{l} = \gamma \times \frac{S}{l}$$

Avec l : longueur (en mètres : m)

S : section (en mètres carrés : m^2)

γ : conductivité du matériau en $\text{m}/\Omega\text{m}^2$ ou en S/m

Pour des raisons de commodité d'expression, l'unité de la conductivité est le micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

À titre indicatif, la conductivité de l'eau de pluie est en moyenne de l'ordre de $90 \mu\text{S}/\text{cm}$. Celle de l'eau déminéralisée que l'on utilise dans les fers à repasser vaut environ $10 \mu\text{S}/\text{cm}$. En ce qui concerne l'eau potable à laquelle appartient l'eau minérale, sa conductivité est comprise entre 100 et $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Enfin, riche en sel qui en renforce la conduction, l'eau de mer présente une conductivité qui peut dépasser $50000 \mu\text{S}/\text{cm}$ (se reporter à la figure 4-2).

Principe de mesure de la conductivité

Par analogie avec la mesure d'une résistance qui divise la tension U à ses bornes par la valeur du courant I qui la traverse, il est tout aussi aisé de mesurer la conductance d'un liquide (inverse de la résistance) en divisant le courant I par la tension U :

$$G = \frac{I}{U}$$

À ce stade de la détermination de la conductivité, il ne reste plus qu'à prendre en compte les caractéristiques géométriques du capteur (surface de captage d'une électrode (S) et distance qui sépare les électrodes (l)) pour aboutir à la formule suivante :

$$\gamma = G \times \frac{l}{S}$$



Figure 6-12 - Arrosage automatique de balconnières. Le réseau de tuyaux est alimenté en eau de pluie.

7. Compteur de consommation à affichage numérique

- Objectifs**
- ♦ S'INFORMER du principe et des caractéristiques techniques d'un capteur de débit à turbine (modèle de la série FT 110 du constructeur britannique *GEMS Sensors*).
 - ♦ CONSTRUIRE un compteur de consommation à affichage numérique qui comporte le microcontrôleur PICBASIC PB-3B et un afficheur à cristaux liquides.
 - ♦ PROGRAMMER et METTRE AU POINT le compteur électronique réalisé avant de l'implanter dans une installation réelle de recyclage des eaux de pluie.

7.1 Mesure de la consommation par un capteur de débit à turbine

Une fois l'installation domestique de recyclage des eaux de pluie construite et mise en service, il importe de connaître la consommation. Celle-ci permet de chiffrer la quantité d'eau potable épargnée et d'évaluer les économies financières réalisées. Pour mesurer cette consommation, il suffit d'implanter sur la canalisation principale située entre la cuve de récupération et le groupe de pompage un capteur de débit à turbine.

Principe d'un capteur de débit à turbine

Composé d'un rotor magnétique de plusieurs pôles (turbine) entraîné par le débit de l'eau qui passe dans le capteur, il en résulte par effet Hall la production d'impulsions dont la fréquence est proportionnelle au débit (se reporter aux figures 7-1 et 7-2). De plus, le nombre d'impulsions traduit également le volume d'eau qui passe dans le capteur ; il suffit alors d'associer le capteur à un montage électronique pour compter ces impulsions et les convertir en litres afin de rapporter la consommation réalisée sur un afficheur à cristaux liquides. C'est la fonction principale mentionnée dans le cahier des charges que va devoir remplir le compteur électronique que l'on se propose de réaliser.

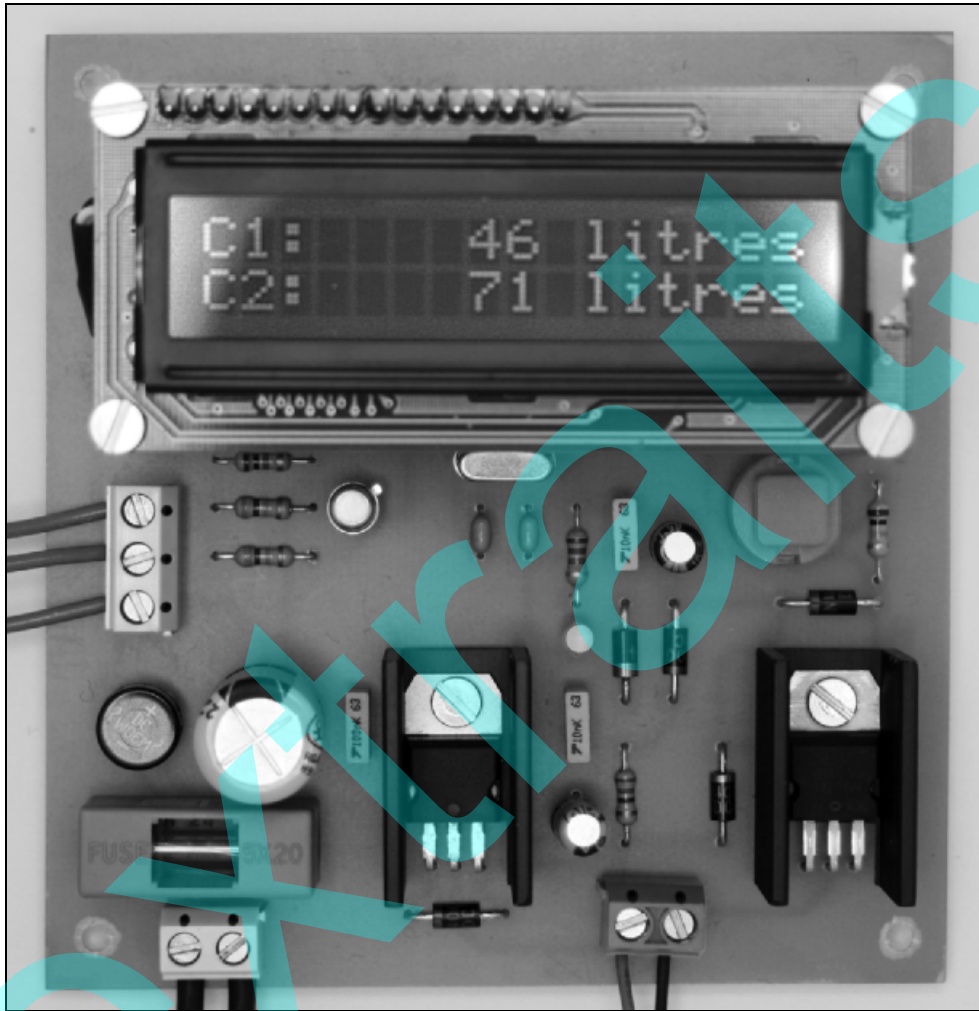


Figure 7-0 - Ce sont deux compteurs qui indiquent sur l'afficheur à cristaux liquides le volume d'eau de pluie consommée : un compteur intermédiaire C1 rapporte la consommation en litres depuis la dernière remise à zéro et un compteur C2 totalise la consommation depuis la mise en service de l'appareil.

Caractéristiques du capteur de débit à turbine utilisé

Le capteur de débit à turbine retenu dans la présente application est un modèle de la série FT 110 fabriqué par le constructeur britannique *GEMS Sensors*. De plus, il est aisé pour un coût qui avoisine cinquante euros de se procurer ce capteur distribué par le fournisseur Radiospares sous la référence 173940.

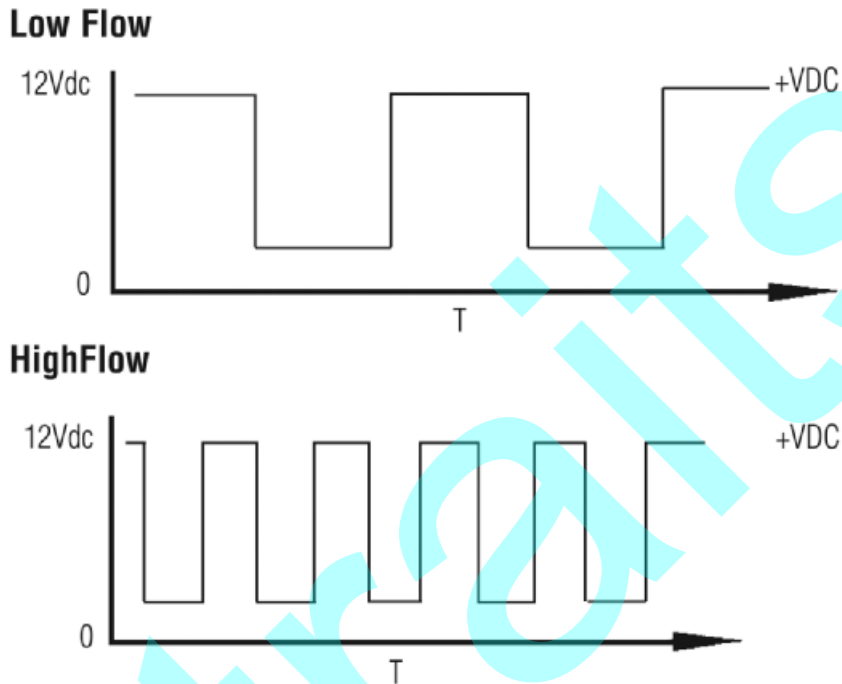


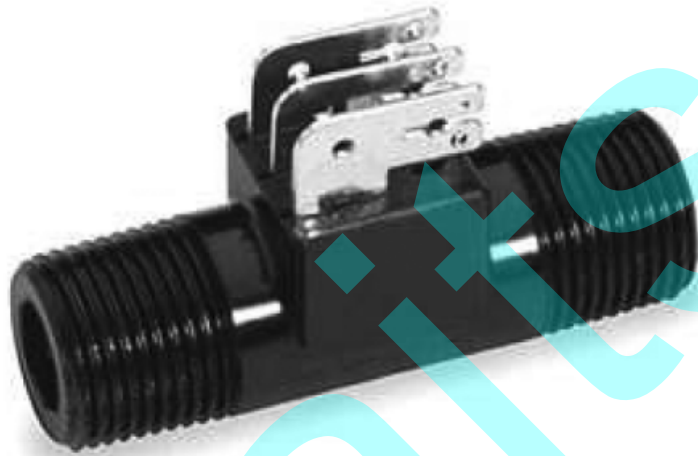
Figure 7-1 - La fréquence des impulsions produites par le capteur à turbine est proportionnelle au débit de l'eau qui passe dans le capteur. *Source : GEMS Sensors*

Cependant, il est plus important d'identifier les principales caractéristiques du capteur prises en compte dans le programme du microcontrôleur PICBASIC PB-3B que de s'obstiner à mettre en œuvre impérativement le capteur retenu en exemple ; cette approche des choses permettra à chaque lecteur de choisir son propre capteur et d'ajuster le programme en conséquence.

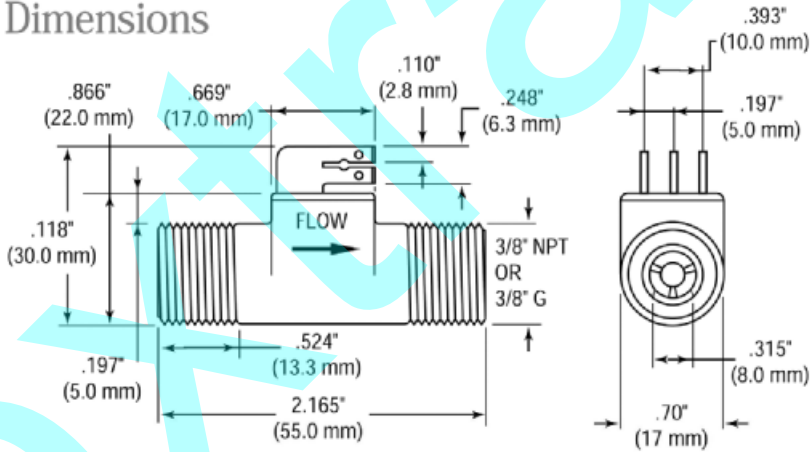
Ainsi, comme le stipulent les caractéristiques décrites par la figure 7-3, le modèle de référence 173940 peut mesurer un débit nominal compris entre deux et trente litres par minute. En valeur extrême, le débit minimal mesurable est d'un demi-litre par minute. À ces valeurs nominales correspondent les fréquences des impulsions produites par le capteur. Pour un débit de deux litres par minute, les impulsions fournies par le capteur présentent une fréquence de 33 Hz ; pour un débit de trente litres par minute, elles atteignent la fréquence maximale de 500 Hz . Enfin, mille impulsions produites traduisent qu'une quantité d'un litre d'eau est passée à travers le capteur ; cette valeur significative 1000 sera à prendre en compte dans le programme en Basic.

Figure 7-2 - Outre des dimensions réduites, le capteur de débit à turbine nécessite seulement trois conducteurs pour son raccordement : deux conducteurs pour son alimentation sous une tension continue et un conducteur par lequel transitent les impulsions.

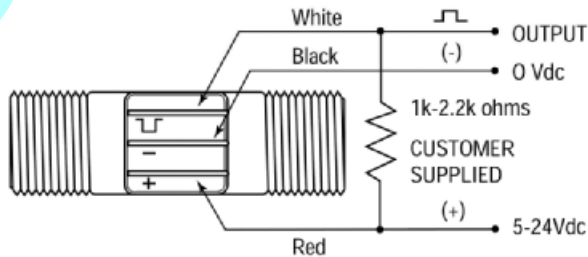
Source : GEMS Sensors



Dimensions



Wiring



Part Numbers		Flow Ranges				Pulses		Frequency
		Normal		Extended		Per Gallons	Per Liters	Output
3/8" NPT	G 3/8 Port	GPM	LPM	GPM	LPM			
173931	173936	.13 - 1.3	.5 - 5	.07 - 2.6	.25 - 10	26100	6900	58 - 575 Hz
173932	173937	.26 - 2.6	1 - 10	.07 - 2.6	.25 - 10	12500	3300	55 - 550 Hz
173933	173938	.26 - 4	1 - 15	.07 - 4	.25 - 15	17400	4600	76 - 1150 Hz
173934	173939	.26 - 4	1 - 15	.07 - 5.3	.25 - 20	8300	2200	37 - 550 Hz
173935	173940	.53 - 7.9	2 - 30	.13 - 7.9	.5 - 30	3800	1000	33 - 500 Hz
173931-C	173936-C	.13 - 1.3	.5 - 5	.07 - 2.6	.25 - 10	26100	6900	58 - 575 Hz
173932-C	173937-C	.26 - 2.6	1 - 10	.07 - 2.6	.25 - 10	12500	3300	55 - 550 Hz
173933-C	173938-C	.26 - 4	1 - 15	.07 - 4	.25 - 15	17400	4600	76 - 1150 Hz
173934-C	173939-C	.26 - 4	1 - 15	.07 - 5.3	.25 - 20	8300	2200	37 - 550 Hz
173935-C	173940-C	.53 - 7.9	2 - 30	.13 - 7.9	.5 - 30	3800	1000	33 - 500 Hz

Figure 7-3 - Débit en litres par minute, fréquence en hertz et nombre d'impulsions pour un litre sont les principales caractéristiques décrites par le constructeur du capteur de débit.

Source : GEMS Sensors

7.2 Cahier des charges

Le compteur de consommation que l'on se propose de construire va répondre au cahier des charges suivant :

- ♦ Affichage du nombre de litres d'eau consommés depuis la mise en service du compteur (compteur C2)
- ♦ Affichage du nombre de litres d'eau consommés depuis la dernière remise à zéro de l'appareil (compteur C1)
- ♦ Alimentation par la tension 230 V du secteur
- ♦ Maintien du fonctionnement du compteur en cas de coupures ou de micro-coupures de la tension du réseau (maintien de l'alimentation par un accumulateur rechargeable 9 V)

Enfin, les deux compteurs décrits précédemment font l'objet d'une remise à zéro spécifique : la remise à zéro du compteur C1 nécessite un appui sur un bouton poussoir et celle du compteur C2 demande la suppression de toutes les alimentations de l'appareil (secteur 230 V et accumulateur rechargeable 9 V).

7.3 Analyse du schéma

Pour faciliter la lecture et l'analyse du schéma, la structure du compteur va être séparée en deux sous-ensembles : un module « alimentation » et un module « mesure – affichage ».

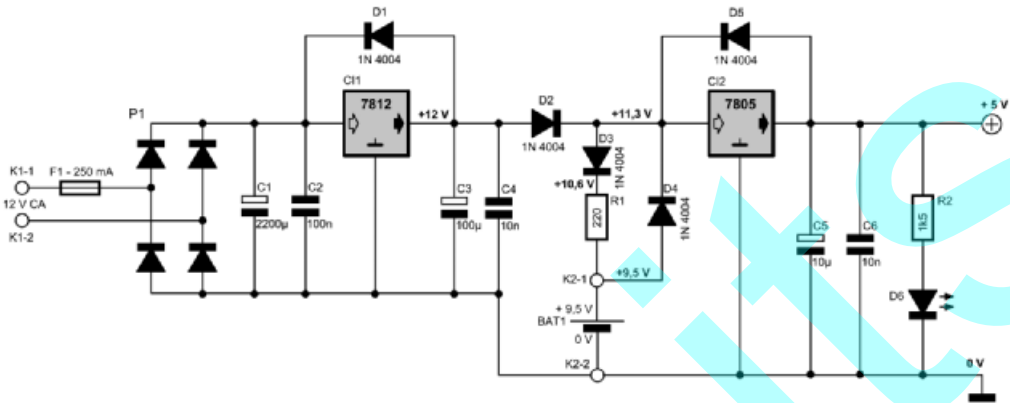


Figure 7-4 - Maintenir la production permanente d'une tension continue de +5 V en présence ou absence de la tension 230 V du secteur, c'est la principale fonction remplie par le module « alimentation ».

Module « alimentation » (se reporter à la figure 7-4)

Ce module va remplir deux fonctions :

- ♦ Convertir en une tension continue de +5 V la tension alternative de 12 V appliquée entre les bornes K1-1 et K1-2, ou bien la tension continue de +9 V fournie par l'accumulateur rechargeable BAT1
- ♦ Maintenir en charge l'accumulateur rechargeable de 9 V raccordé entre les bornes K2-1 et K2-2

Il en résulte une analyse du fonctionnement qui dépend de la présence ou pas de la tension 230 V du secteur.

En situation normale, un transformateur abaisseur 230 V/12 V alimente le montage. Après redressement et filtrage, la tension initiale alternative de 12 V est convertie en une tension continue de 12 V par le régulateur de tension CI1 (7812). En sortie de celui-ci, la diode D2 empêche l'accumulateur rechargeable BAT1 de se décharger dans le régulateur CI1 et les condensateurs C1 et C2 lors d'une coupure de la tension du secteur. La diode D2 réduit la tension à 11,3 V à l'entrée du régulateur CI2 (7805) ; régulateur qui fournit la tension continue de +5 V au reste du montage. Par ailleurs, la diode D3 dirige le courant de maintien en charge vers l'accumulateur BAT1 ; courant dont l'intensité est limitée par la résistance R1.

Enfin, en situation de coupure de la tension du secteur, l'accumulateur rechargeable BAT1 se substitue au régulateur de tension CI1 non alimenté et alimente le régulateur de tension CI2 pour que celui-ci maintienne la fourniture d'une tension continue de +5 V nécessaire au montage ; situation confirmée par la diode électroluminescente D6.

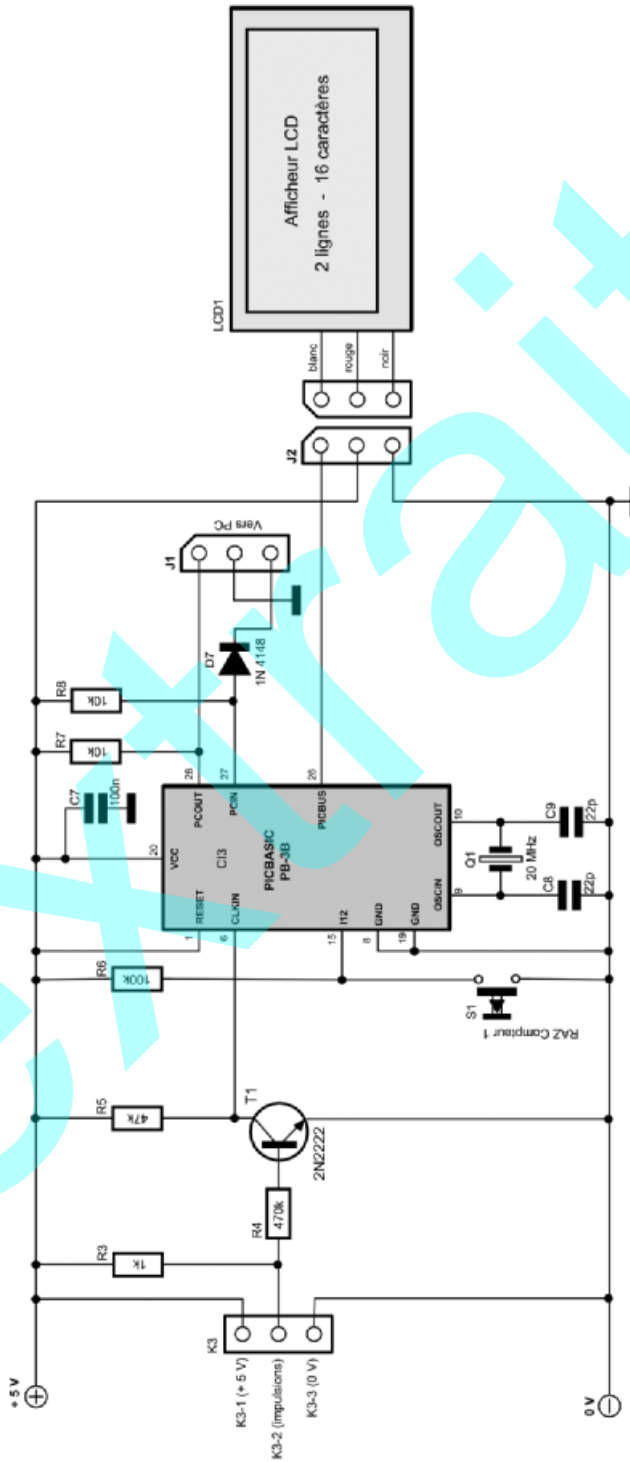


Figure 7-5 - La mise en œuvre du microcontrôleur PICBASIC PB-3B simplifie ce module dont la fonction est de convertir les impulsions reçues et issues du capteur de débit en un nombre de litres d'eau consultables sur un afficheur à cristaux liquides.

met via le port parallèle ou le port USB d'un PC, le transfert du programme compilé vers la mémoire interne du microcontrôleur PB-3B. Enfin, il comporte un module d'émulation qui facilite la mise au point du programme par une exécution pas à pas.

Pluviomètre à augets : instrument de mesure de la quantité de pluie tombée dans un lieu en un temps donné, dont le principe repose sur les basculements de deux augets identiques remplis alternativement par l'eau de pluie collectée dans un réceptacle. La surface de captage du réceptacle, la capacité calibrée des deux augets et le comptage du nombre de basculements des augets (fermeture d'un interrupteur à lame souple (ILS)) permettent de calculer la hauteur d'eau de pluie tombée pour une surface d'un mètre carré. La communication entre le pluviomètre et l'appareil de mesure peut être filaire ou passer par une transmission à hautes fréquences, comme pour le pluviomètre décrit dans cet ouvrage.

PMA : Pluviométrie Moyenne Annuelle

Pompe immergée : pompe placée dans la cuve ; elle permet de puiser l'eau en profondeur.

Potentiel d'Hydrogène (pH) : indice numérique de l'activité de l'ion d'hydrogène dans une solution. Le pH est un indicateur d'acidité ($\text{pH} < 7$), d'alcalinité ou basicité ($\text{pH} > 7$) ou encore de neutralité ($\text{pH} = 7$, cas de l'eau pure à une température de $25\text{ }^\circ\text{C}$) d'une solution.

Pulse Width Modulation (PWM) : principe de conversion électronique dans lequel la largeur des impulsions d'un signal électrique varie en fonction d'une grandeur physique mesurée. Ainsi le capteur à ultrasons MS-EZ1 (MaxBotix Inc.) produit des impulsions dont la largeur est proportionnelle à la distance mesurée entre le capteur et l'objet détecté.

Récepteur AM 433 MHz : dispositif électronique de conversion d'un signal analogique à modulation d'amplitude à très haute fréquence en un signal logique (binaire) dans le cadre d'une communication à distance sans fil.

Régulateur de tension : ce composant électronique élémentaire délivre une tension continue stable, dite régulée, quelle que soit l'intensité du courant fourni au circuit alimenté par le régulateur (dans les limites des caractéristiques du régulateur).

Siemens : unité de mesure de la conductance électrique, à ne pas confondre avec le siemens par mètre qui exprime l'unité de la conductivité (voir la définition de ce terme).

SPANC : Service Public de l'Assainissement Non Collectif

SNAREP : Syndicat National des Acteurs de la Récupération d'Eau de Pluie

Triac : ce composant électronique analogique de puissance est capable de fournir des courants de plusieurs ampères, sous une tension de plusieurs dizaines de volts, à des circuits récepteurs.

I

7805 55, 62, 63, 67, 76, 84, 95, 96,
..... 102, 112, 121, 122, 132, 136
7812 132, 136

A

abonnement 6
accumulateur 62, 75, 93, 102, 132, 137
acidité 16, 22, 61, 152
adsorber 34
afficheur 46, 60, 71, 91, 111, 127
Agences de l'eau 8
alcalinité 61, 152
amplificateur opérationnel .. 49, 62, 76, 79,
..... 93, 148
analogique 49, 63, 78
antenne 99, 103, 119
arrosage 9, 11, 16, 21, 107
assainissement 5
assainissement autonome 35
astable 78, 79, 138, 139, 140
auget 91, 92
automatisation 1, 108

B

ballon tampon 31
Basic 141
basicité 61, 152
BNC (prise) 62
bouton poussoir 69, 96, 103, 122, 135

C

CA3140 93
capacité de collecte 10
capteur à ultrasons 47, 48, 49, 143, 149
capteur de débit 127
carnet sanitaire 27
charbon actif 5, 34
chlore 5, 35
chlorure 18
CLKIN 95, 134
codeur 94, 95, 112, 113, 114, 149
coefficient de perte 10
compteur d'eau 7, 15, 26, 28, 127
conductance 72, 149
conductivimètre 71
conductivité 16, 71, 149

connecteur 55, 62, 84, 102, 121, 136
consommation d'eau 9
coupleur 55, 68, 86, 103, 137
crapaudine 22
cuve 21, 23, 107
cycle de l'eau 3
cycle hydrologique 3
cycles 109, 112
cylindre 48

D

débit 15, 30, 31, 129, 131
décodeur 95, 97, 115, 116, 117, 149
décrémentation 45
degré de minéralisation 71, 149
degrés français 18
dégrillage 4, 22
disconnexion 25
dissipateur thermique 119
distance 26, 29, 45, 47, 49
dureté 18

E

eau du robinet 4
eau non potable 24
eaux ménagères 5
eaux usées 5
eaux vannes 5
Elektor PCB service 53, 66, 83, 96, 119, 135
émetteur 433 MHz 93, 112, 143, 150

F

facture d'eau 7
fiche d'attestation de conformité 27, 43
filtration 4
floc 4
floculation 4
fluor 18
fréquence 1, 3, 46, 78, 95,
..... 107, 109, 114, 127
fuite 15

G

GERBER 53, 66, 83, 96, 119, 135

I

ILS 91, 150
implantation 1, 40, 53, 66, 83, 96, 119, 135
impulsion 49, 129

- incrémentation 45, 134
 irrigation 21
 isolement galvanique 117, 151
- J**
- jauge 45
- L**
- L200 93
 LEMA 8
 LM324 49, 79
 logiciel 143
- M**
- microcontacts 95, 99, 114, 116, 151
 microcontrôleur 47, 48, 51, 95,
 109, 114, 127, 129, 134
 micro-siemens 71
 MOC3021 117
 monophasé 31, 107
 moteur 107
 MS-EZ1 49
- N**
- nappe phréatique 3
 neutralité 61, 152
 nitrate 18
 nitrite 18
 niveau de liquide 45
 numérique 1, 45, 49, 71, 127
- O**
- opto-triac 117
 ordinateur 55, 69, 86, 104, 123, 139
 ozonation 4
- P**
- parallélepède rectangle 48
 pH, potentiel d'hydrogène 16, 59, 61
 pH-mètre 59
 phyto-épuration 36
 PICBASIC PB-3B 45, 59, 71, 89, 109, 127
 PICBASIC Studio 56, 69, 86, 104, 123, 140
 picbus 50, 82
 pictogramme 24, 58
 pluviomètre 89
 pluviométrie 10, 12, 89, 142
 pompage 107
 pompe 25, 28
- potentiel 50, 79, 106, 125
 précipitations annuelles moyennes 12
 prix de l'eau 6
 programme 12, 56, 69, 70, 86,
 104, 123, 129, 140
 puissance 25, 91, 107, 111, 119
 PWM 49, 152
- R**
- récepteur 433 MHz 95, 116, 143, 152
 redevance d'assainissement non collectif . 40
 régulateur de tension 50, 62, 76, 93,
 112, 132, 152
 réservoir 107
 robinet de soutirage 24
- S**
- secteur 117, 132
 sodium 16
 sonde de mesure 60
 Sprint Layout 53, 65, 83, 96, 118, 135
 sulfate 17
 surface de captage 93
 surface réceptrice 9
 surpresseur 31
 système de dérivation 22
- T**
- tamisage 4
 temporisation 109, 112
 titre hydrométrique 18
 Torricelli 29
 traitement de l'eau 4
 transducteur piézo 50, 104, 124
 transformateur 104, 112, 123, 124, 132, 137
 transmetteur 433 MHz 94, 95
 transmission 1, 40, 49, 89
 trop-plein 23
- U**
- ultra-filtration 35
 ultra-violet 35
 UM3750 95, 112, 113, 114, 149
 USB 56, 69, 86, 104, 123, 139
- V**
- volume 10, 11, 12, 28, 40, 45, 47, 48, 127
 volume utile de la cuve 11