

Projet TER 2015

Protocole SimpleCAN pour bus à base d'Arduino



Auteur :
Le Forestier Romain
M1 SICLE

Encadrant :
Goulven Guillou

Table des matières

1	Le protocole CAN	4
1.1	Historique du protocole CAN	4
1.2	Principe de fonctionnement	4
1.2.1	Caractéristique physique du bus CAN	4
1.2.2	Protocole CAN	6
2	Les cartes utilisées pour le réseau	10
2.1	Description de la carte	10
2.2	Programmation de la carte	13
3	Références :	17

Sujet du TER:

Le projet a pour objectif de définir une sur couche du protocole CAN, appelée SimpleCAN, pour faire communiquer entre eux un ensemble de nœuds composés de cartes Arduino associées à une interface CAN. L'approche devra être validée, au travers d'une application simple de visualisation et d'envoi de données via un PC, sur un matériel existant consistant en 5 nœuds : un permettant une connexion PC via USB, un destiné au décodage de données propriétaires SeaTalk (Raymarine), deux destinés à du traitement de données NMEA (issues d'un GPS et d'une centrale Tactick) et le dernier portant une centrale inertielle.

Plan

- contexte ...
- présentation du protocole CAN
 - historique
 - caractéristique physique
 - principe du protocole
- présentation de la carte
 - schéma électrique -alimentation - branchement
 - programmation d'une carte
- présentation de la librairie utilisée
 - présentation de simpleCan
 - présentation de la librairie utilisée
- problème rencontrer

1 Le protocole CAN

1.1 Historique du protocole CAN

Le protocole CAN(Controllor Area Network) est un bus de terrain développé à l'origine pour le secteur de l'automobile par Bosch et l'Université de Karlsruhe dans les années 1980 et standardisé par les standards ISO au début des années 1990.

Le Développement de ce bus avait pour but simplifier le câblage et réduire le nombre de câbles dans les voitures qui dans les années 1980 se complexifiait principalement à cause de l'accroissement du nombre de capteur et de système électronique pour permettre aux voitures de répondre aux exigences environnementales, de sécurité (ABS, ESP, AIR-BAG...) et une demande de confort (climatisation automatique, système de navigation ...).

En 1992 plusieurs entreprises se sont réunies pour former CAN in Automation(CIA), une organisation à but non lucratif dont l'objectif est de fournir des informations techniques et promouvoir le protocole CAN. Actuellement, 560 entreprises sont membres de cette organisation.

Le protocole CAN c'est répandu du domaine du transport pour lequel il fut développé au domaine industriel (automate, gestion de la génération de courant...), dans le bâtiment (ascenseur, porte automatique, air conditionné...), l'agriculture (machine de traite, gestion de l'alimentation des bêtes...), le domaine médical, la communication, le domaine financier(caisse enregistreuse, ATM...), le domaine du spectacle (rampe d'éclairage,robot), le domaine scientifique (équipement de laboratoire, télescope).

1.2 Principe de fonctionnement

La norme OSI qui définit un modèle basique pour l'interconnexion des systèmes ouverts diviser en services (couches) qui sont délimités par des notions de services, de protocole et d'interface, le modèle OSI est composé de 7 couches : la couche physique (1), la couche de liaison (2), la couche réseau (3), la couche de transport (4), la couche de session (5), la couche de présentation (6), la couche application (7). Le protocole CAN n'utilise que les couches physiques, de liaison et d'application.

1.2.1 Caractéristique physique du bus CAN

Le bus CAN est un bus de données série bidirectionnelle en half-duplex, ce qui signifie que la communication peut se faire dans les deux sens sur le bus, mais qu'un seul nœud connecté peut émettre à la fois. Le support physique est constitué de 2 fils différentiels torsadés, les fils sont dénotés CAN_L pour CAN LOW et CAN_H pour CAN HIGH. Le bus CAN étant un bus de terrain pouvant être soumis à des parasites importants, le montage différentiel permet de gommé ces perturbations, car les 2 câbles sont soumis à la même perturbation, la différence de potentiel entre les 2 câbles ne change pas voir Illustration 1. L'accès au bus suit la technique CSMA/CD se qui signifie que chaque nœud écoute le bus avant d'émettre, mais il n'y a pas de tour de parole sur le câble, la résolution des collisions se résout par la priorité des messages.

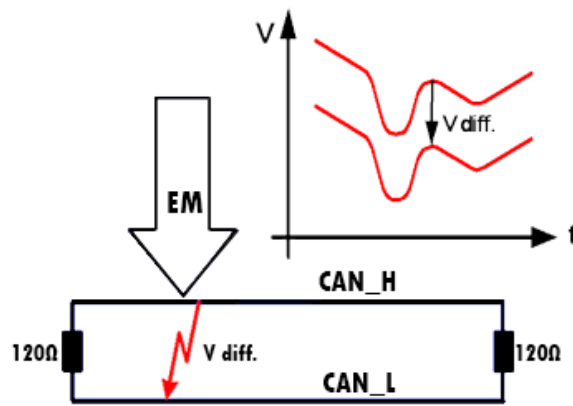


Illustration 1: conservation de la différence de potentiel quand le réseau est soumis à une perturbation électromagnétique

Il existe 2 types de calage possible pour le protocole CAN :

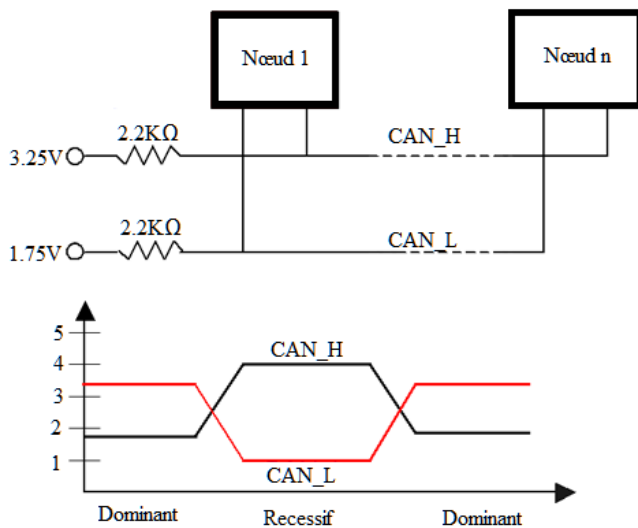


Illustration 2: ISO11898-3

Low Speed CAN < 125kb/s

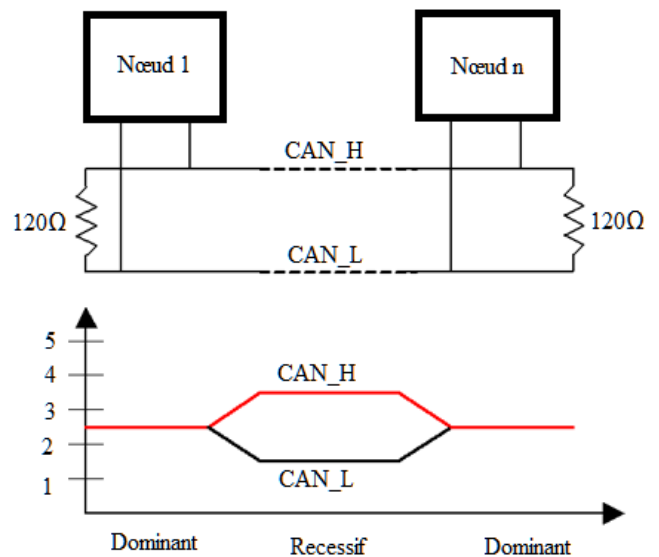


Illustration 3: ISO11898

High Speed CAN 125Kbps - 1Mb/s

La norme pour le bus ISO 11898-3 a été révisée en 2006, elle correspondait à la norme ISO 11519-2.

Les nœuds sont câblés sur le bus de façon à effectuer des opérations logiques de type "ET", ce qui se correspond en cas d'émission simultanée sur le bus que la valeur 0 écrasera la valeur 1, ce qui se donne dans la terminologie CAN :

- l'état logique 0 est l'état dominant
- l'état logique 1 est l'état récessif

La longueur maximale du bus est déterminée par la vitesse de transmission utilisée :

Longueur (m)	30	50	100	250	500	1000	2500	50000
Vitesse (kb/s)	1000	800	500	250	125	62,5	20	10

1.2.2 Protocole CAN

Comme dit plus haut, le principe de communication du bus CAN est celui de la diffusion d'information(broadcast), chaque station ou nœud connectés écoute les trames transmises par les autres stations émettrices, les nœuds décident ensuite se qu'ils doivent faire de l'information reçue selon les filtres ou le programme que la station contient.

Le protocole autorise plusieurs stations a accéder au bus en même temps, c'est ensuite un procédé d'arbitrage binaire qui permet de déterminer quelle station pourra émettre sa trame.

Le moment auquel une trame sera transmise est donc aléatoire, car les émissions sur le bus doivent respecter un ordre de priorité strict qui est défini par un identifiant dans chaque message. Les priorités des messages sont définies lors de la mise en place des stations et ne peut pas être changé dynamiquement, l'identifiant avec la plus petite valeur binaire est le plus prioritaire.

Les conflits d'accès sont résolus par un arbitrage binaire à partir des identifiants des messages envoyés par chaque station, chaque station compare son identifiant d'envoi à celui qui est transmit sur le bus et détermine s'il gagne l'arbitrage. Cela se déroule grâce au mécanisme câblé avec lequel l'état dominant écrase les états récessifs, chaque station avec une transmission récessive et une observation dominante perd l'arbitrage pour l'accès au bus. Chaque station qui perd l'arbitrage passe en mode réception pour écouter le message avec une priorité plus élevée et ne tente plus d'accéder au bus jusqu'à ce qu'il soit disponible à nouveau.

Les envois de requêtes sont gérés par ordre d'importance par le système dans leur ensemble. Ce qui est particulièrement utile dans les situations de surcharge de réseaux, car l'accès au bus étant géré par ordre de priorité des messages, il est possible de garantir une latence faible pour les systèmes temps réel.

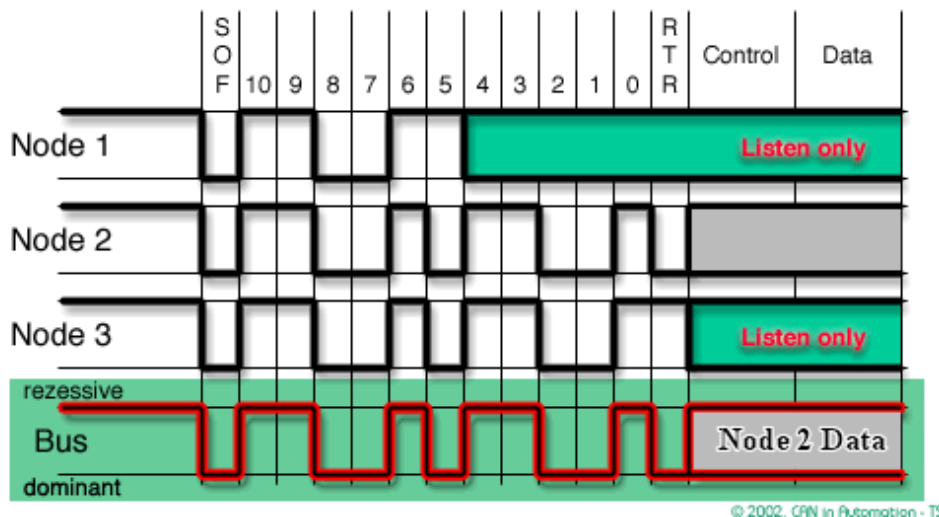


Illustration 4: Arbitrage des stations pour déterminer celle qui peut envoyer son message sur le bus

	Start Bit	Identificateur											RTR	Champ Contrôle	Données
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
Station 1	0	1	1	0	0	1	1	Écoute du bus							
Station 2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	X	X
Station 3	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	Écoute du bus	
Signal sur le Bus	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	X	X

Le champ d'arbitrage débute par le bit SOF qui est un signal dominant qui informe toutes les stations du début d'une trame. Le champ d'identification est composé de 11bits d'identification pour CAN 2.0A (format standard) et de 29bits pour CAN 2.0B(format étendu).

Le champ RTR("Remote Transmission Request") permet de différencier les trames de donnée codée avec un bit dominant des trames de requête codées avec un bit récessif. Le champ RTR est codé pour les requêtes en récessif afin que si une donnée est demandée avec un identifiant et que cet identifiant est émis en même temps, le nœud qui réclamait la donnée la récupère immédiatement.

Le champ d'identification permet donc en mode standard de coder 2^{11} soit 2048 combinaisons de messages différents, et en mode étendu 2^{29} soit 536 870 912 combinaisons, le mode étendu est donc plus utile sur un réseau composé d'un grand nombre de nœuds, alors que les trames standard seront suffisantes pour de petits réseaux.



Illustration 5: Composition d'une trame CAN

La trame complète du protocole CAN est donc découpée en différents champs :

Nom du champ		Taille (bit)	
SOF		1	Indique le début d'une trame, dominant (0)
Champ d'arbitrage	Identifiant	11 29	Identifiant de message unique, permet de déterminer la priorité du message
	RTR	1	Dois être dominant (0) pour les trames de données et récessif (1) pour les trames de requêtes.
Champ de contrôle	Identifiant d'extension	1	Dois être dominant (0) pour les trames standard et récessives (1) pour les trames étendues.
	Champ réservé	1	bit réserver, non utilisé, doit être dominant (0)
	DLC	4	(Data Length Code) indique le nombre d'octets dans le champ data (0-8 octets)
Champ de données		0-64	Les données qui doivent être transmises.
Champs CRC	CRC	15	Contrôle de Redondance cyclique
	Délimiteur du CRC	1	Le bit de délimitation qui est toujours récessif (1)
Champ ACK	ACK	1	Le bit d'acquittement est toujours récessif (1) pour l'émetteur
	ACK délimiteur	1	Le bit de délimitation de ACK, récessif(1)
EOF		7	Indique la fin de la trame, tous les bits sont récessifs (1)

Le champ CRC permet de vérifier si les données transmises sont correctes, il est calculé à partir de l'ensemble des données émises avant le champ CRC, c'est-à-dire le champ SOF, le champ d'arbitrage, le champ de commande et le champ de données. Il est calculé en divisant 2^{15} par la somme des bits du message $x^{15}+x^{14}+x^{10}+x^8+x^7+x^4+x^3+1$, le reste de cette division donne la valeur du champ CRC.

La correction d'erreur de l'algorithme est basée sur la distance de Hamming, qui permet de quantifier la différence entre deux séquences de symboles de même longueur en associant le nombre de positions où les deux suites diffèrent. La distance de Hamming pour cet algorithme est de 6, ce qui signifie que jusqu'à 5 erreurs peuvent être détectées. Grâce à ce système de détection d'erreur, le taux d'erreur moyen enregistré est très faible (inférieur à $4,6.10^{-11}$).

Le champ ACK permet au nœud relia au réseau d'indiquer à l'émetteur qu'au moins une station a reçu le message, si une station n'a pas reçu ou mal reçu le message, elle doit envoyer un message d'erreur.

Une trame de requête comporte un champ de moins qu'une trame de donnée, car elle n'envoie pas de données.

Entre chaque trame, il doit y avoir un espace équivalent à 3 bits récessifs, appelé espace inter trame, il permet de séparer les trames normales des trames d'erreurs et de surcharge, car elles ne sont pas précédées de ces espaces.

Les trames d'erreurs sont constituées de 2 champs, le premier champ est donné par la superposition d'ERROR FLAGS (6-10 bits dominants/récessifs) envoyé par plusieurs nœuds. Le second champ est le délimiteur d'erreur composé de 8 bits récessifs.

2 Les cartes utilisées pour le réseau

Le projet est basé sur un réseau de carte Arduino, les cartes Arduino étant génériques, peu coûteuses et simples à programmer. Arduino une plateforme open source au niveau matériel et logiciel, les cartes sont reprogrammable.

2.1 Description de la carte

Les cartes utilisées pour le projet sont basées sur l'architecture et le processeur des cartes Leonardo et intègre sur la même carte l'interface CAN basée sur une puce MCP2515 interfacer sur l'interface SPI de la carte Arduino et d'une puce émetteur-récepteur MCP 2551. La carte possède les mêmes connecteurs qu'une carte Leonardo classique avec un connecteur 5 broche pour le bus CAN. Le but de la carte utilisée était de réduire l'encombrement de la carte, car il faut utiliser un shield pour avoir un bus CAN sur la carte standard, ce dernier étant de la même taille que la carte Arduino.

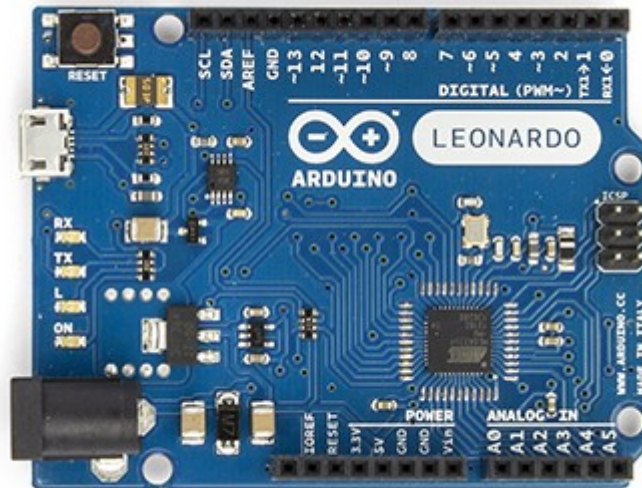


Illustration 7: Une carte Leonardo

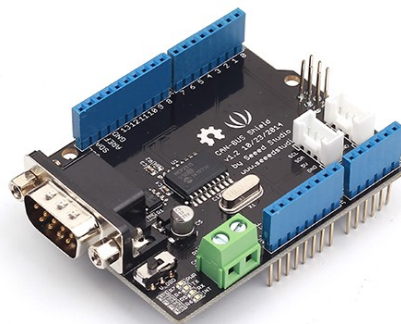


Illustration 8: Un shield CAN pour carte Arduino

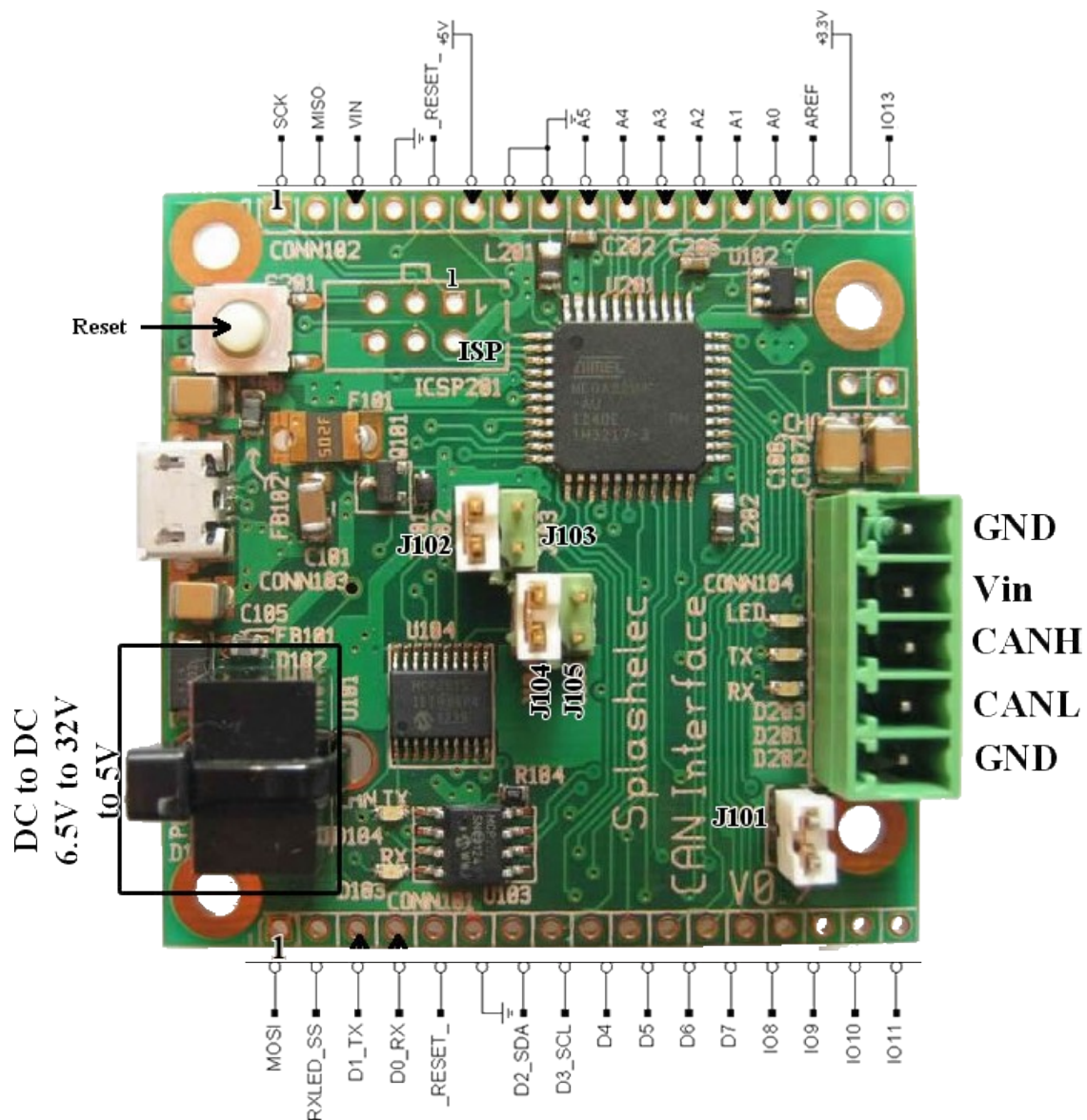


Illustration 9: La carte de base pour chaque nœud du réseau

Les cartes utiliser pour le réseau permet d'utiliser le logiciel Arduino pour les reprogrammer et respectent la même dénomination pour les connecteurs de la carte, ce qui permet l'utilisation de code d'exemple pour tester le fonctionnement de cartes et donne une certaine compatibilité avec les bibliothèques déjà existantes.

La carte comporte plusieurs jumpers qui permettent de changer les ports (connecteur) auxquels le contrôleur CAN est relié. Ils permettent de changer les ports sur lesquels les entrées CS et INT du contrôleur sont reliées.

L'entrée CS peut donc être connectée au port IO 9 de la carte (9 dans le logiciel Arduino) via le pont 102 (J102 sur la carte) soit au port RXLED_SS de la carte via le pont 103 (J103).

L'entrée INT peut être connectée au port D1_TX de la carte (1 dans le logiciel Arduino) via le pont 104 (J104) soit au port D3_SCL de la carte (3 dans le logiciel Arduino) via le pont 105 (J105).

La carte comporte une résistance de 120Ω pour fermer la boucle de bus CAN, 2 nœuds du réseau doivent donc avoir le pont 101 (J101) de mis et les autres cartes du bus doivent l'avoir ouvert afin de réaliser la boucle que forme le bus CAN.

L'alimentation est sélectionnée de façon automatique entre une alimentation externe qui peut aller de 6,5V à 32V ou une alimentation stabilisée via le port micro USB.

Les ports d'alimentations:

- Vin: le port d'alimentation externe de la carte quand la source est une batterie
- 5V: L'alimentation réguler de la carte, on peut alimenter la carte en 5V via le port USB ou avec une alimentation stabilisée de 5V sur ce port, ou récupérer l'alimentation stabilisée de la carte.
- GND: la terre.

Le connecteur Vin et GND sont présent sur le connecteur du bus CAN, car l'alimentation des cartes se fera, en situation, par le biais du câble du bus sur une batterie de bateaux en 12V.

La carte utilisée comporte deux bus série réelle, le bus série reliait au port USB qui est appelé dans le logiciel Arduino Serial et le bus qui correspond au connecteur D0_RX et D1_TX de la carte qui est appelé Serial1 dans le logiciel Arduino, c'est port série support une connexion pouvant aller jusqu'à 115200 Bauds, les autres ports peuvent être utilisés en tant que port série via une bibliothèque Arduino, mais à une vitesse moindre.

2.2 Programmation de la carte

Certaines cartes ne peuvent pas être reprogrammées via le port USB, car elles ont un bootloader pour se faire reprogrammer via le bus CAN via un script python et le protocole SimpleCAN. Pour reprogrammer les cartes, on utilisera le connecteur ICSP qui utilise le protocole ISP.

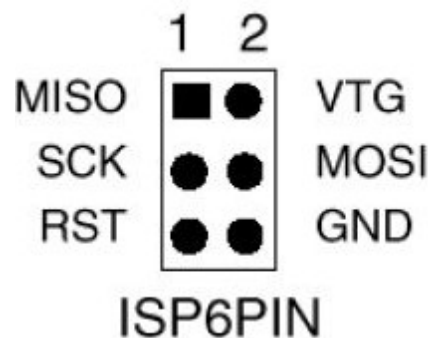


Illustration 10: Correspondance des connecteurs Arduino au connecteur ICSP

Pour reprogrammer la carte on peut utiliser un programmeur dédié, par exemple celui utilisé lors du projet, le programmeur USBtinyISP, qu'il faut sélectionner dans la liste des programmeurs dans le logiciel Arduino.

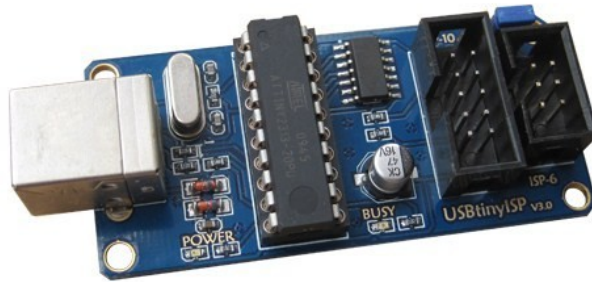


Illustration 11: Le programmeur USBtinyISP

On peut aussi utiliser une autre carte Arduino, Arduino UNO ou Mega, avec un programme fourni en exemple pour reprogrammer la carte.

Le sketch, le code pour la carte Arduino pour l'utiliser comme un programmeur ISP est disponible dans la librairie d'exemple de l'application (Fichier→Exemples→ArduinoISP), le câblage pour les cartes UNO et Mega est indiqué en commentaire au début du fichier, il faut téléverser le programme dans la carte que l'on veut utiliser en programmeur, comme indiqué dans le fichier il est conseillé d'avoir des DEL(Diode Électron-Luminescente) pour voir le fonctionnement du programme et si la programmation de la carte connecter a la carte utiliser en programmeur se déroule correctement.

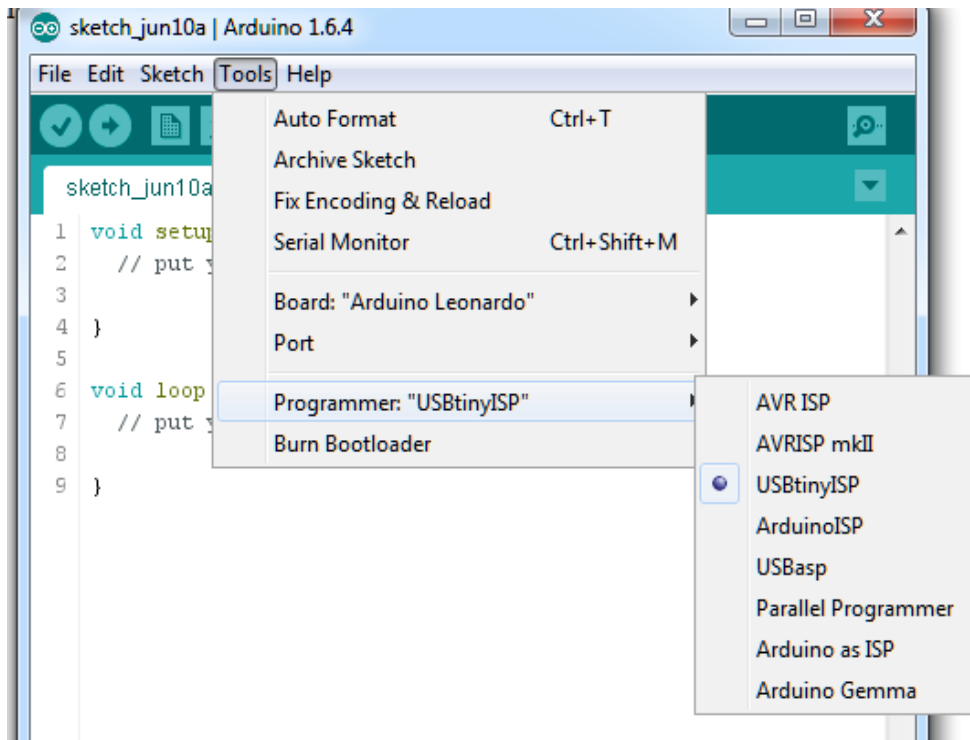


Illustration 12: Le logiciel Arduino et la sélection du programmeur

Si on utilise une carte Arduino comme programmeur il faut que le port série cette carte soit sélectionné dans le logiciel et non celui de la carte que l'on veut programmer. Il faut aussi que l'architecture de la carte à programmer soit sélectionnée. Le programmeur USBtinyISP n'utilise pas de port COM, le logiciel ne tient pas compte du port sélectionné lors de la programmation d'une carte avec ce programmeur, mais tient compte de l'architecture (la carte) qui est sélectionnée.

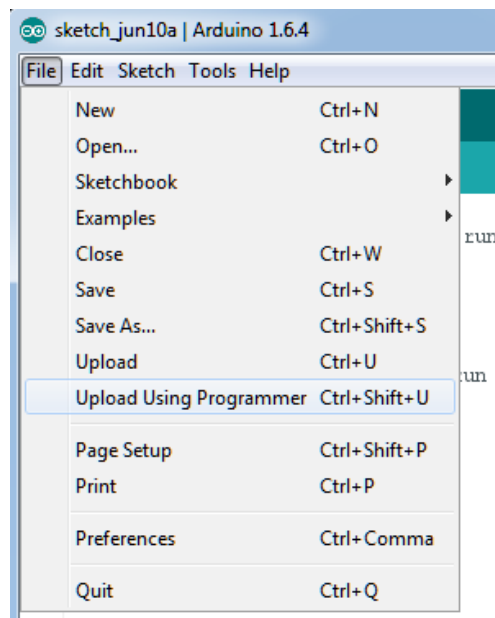


Illustration 13: le menu du programme Arduino, pour envoyer un programme sur une car via un programmeur il faut utiliser "upload using Programmer" ou "téléverser en utilisant un programmeur"

La programmation via une autre carte Arduino peut être plus complexe, car il faut être attentif à câbler correctement la carte qui va servir à programmer et le port ISCP de la carte que l'on veut programmer.

3 Références :

Protocole CAN :

- technologuepro.com : Cours systèmes embarqués:Le Bus CAN

<http://www.technologuepro.com/cours-systemes-embarques/cours-systemes-embarques-Bus-CAN.htm>

- Wikipedia

http://fr.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network

http://fr.wikipedia.org/wiki/Distance_de_Hamming

http://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus#Remote_frame

-CAN in automation

<http://www.can-cia.org/index.php?id=systemdesign-can-physicallayer>

<http://www.can-cia.org/index.php?id=systemdesign-can-protocol>