

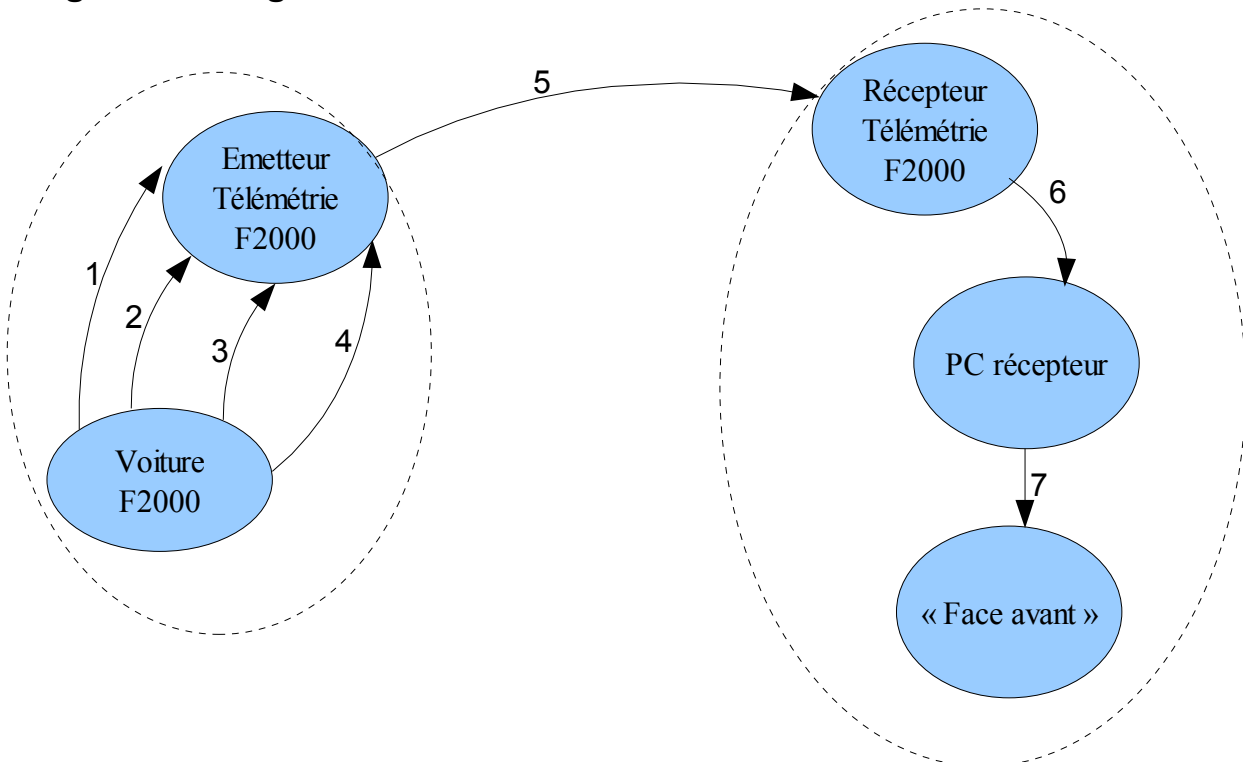
## Présentation du système

Le système « Télémétrie F2000 » a pour but récupérer des informations « en temps réel », captées sur un modèle réduit de voiture de compétition sur un ordinateur de type PC.

Trois informations sont récupérées :

- x La vitesse de la voiture
- x Le régime moteur
- x La température moteur

### Diagramme Sagittal



Le système est constitué de deux éléments principaux :

- x La voiture F2000 et l'émetteur de télémétrie.
- x Le récepteur de télémétrie associé à un (ou deux) ordinateur(s) de type PC.

### Définition des éléments du diagramme Sagittal

#### Voiture F2000

C'est le modèle réduit de voiture de compétition. Cette voiture a été modifiée pour recevoir les organes de captage des informations voulues.

#### Emetteur Télémétrie F2000

Cet objet réalise l'acquisition et le conditionnement des trois données à récupérer, effectue sur celles-ci un traitement numérique et les émet en UHF.

#### Récepteur Télémétrie F2000

Il s'agit ici de recevoir les données transmises via UHF et de les retransmettre via une liaison série RS232 à un ordinateur de type PC.

### **PC récepteur**

C'est l'ordinateur auquel est connecté le récepteur Télémétrie F2000 via la liaison RS232.

A l'aide du logiciel adéquat, les données reçues seront affichées à l'écran sous forme numérique et seront envoyées via une liaison réseau et le protocole UDP à la « face avant »

### **Face Avant**

La face avant permet d'avoir une vision graphique des valeurs reçues.

### **Fonctionnement**

La voiture F2000 est équipée de capteurs qui envoient à l'émetteur Télémétrie F2000 la vitesse de la voiture (1), le régime moteur (2) et la température du moteur (3).

L'émetteur F2000 va traiter ces informations puis les émettre via une liaison sans fil (5).

L'émetteur est alimenté en énergie par une batterie située sur la voiture F2000 (4).

Le récepteur F2000 reçoit ces informations via UHF, effectue le décodage de celles-ci puis les transmet à un PC via une liaison RS232 (6). Le logiciel de réception envoie lui-même ensuite ces données vers une « Face avant » à travers une liaison réseau basée sur les protocoles UDP et IP (7).

### **Expression du besoin**

Pour permettre une meilleure analyse des performances en compétition et lors des entraînements avec la voiture F2000, le besoin de mettre en place une télémétrie s'est fait ressentir.

Dans un premier temps, il s'agit de valider une technologie permettant de récupérer sur un PC, à travers une liaison sans fil, les valeurs instantanées de la vitesse de la voiture, du régime moteur et de la température de celui-ci.

Une fois ces données disponibles sur un PC de réception, on pourra envisager tous les traitements possibles (moyennes, chronométrages...).

### **Spécification techniques**

Sur la voiture F2000, les grandeurs à capter évoluent dans les plages suivantes :

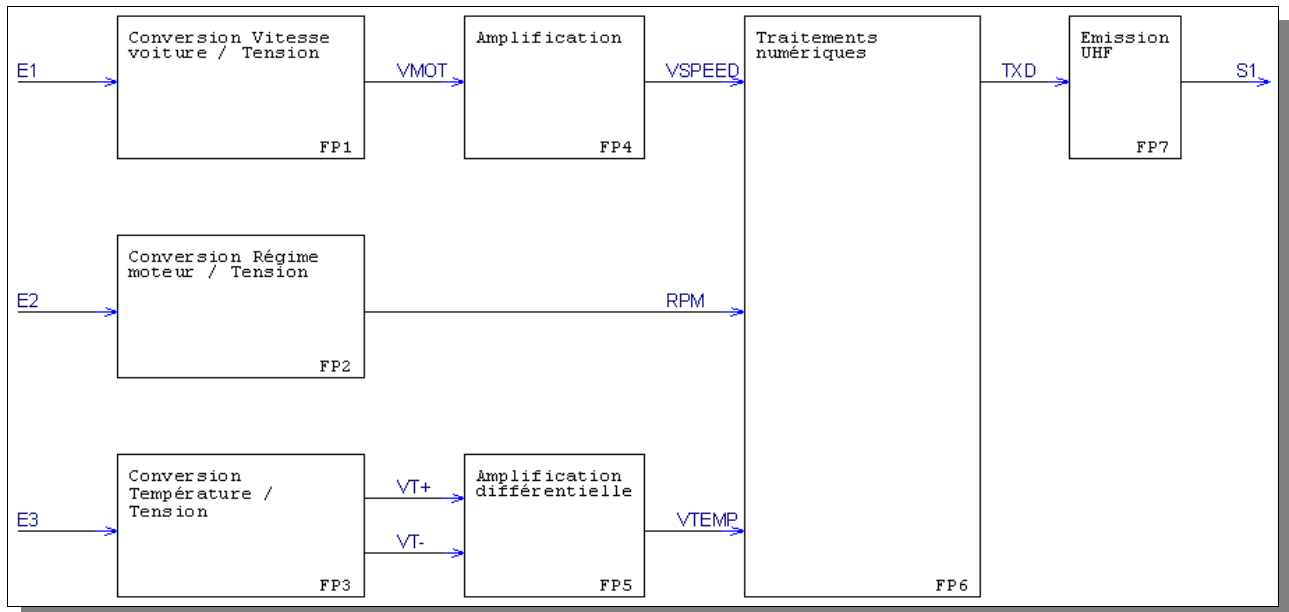
- x Vitesse voiture de 0 à 90 km/h
- x Régime moteur de 0 à 18000 tours/minute (rpm)
- x Température moteur de la température ambiante (limitée à 0°C) à 120°C.

La transmission doit pouvoir se faire jusqu'à 300m en terrain découvert.

L'alimentation de l'émetteur télémétrie F2000 se fait par une batterie (7V) située sur la voiture.

L'alimentation du récepteur se fait à travers le bus USB (0/+5V).

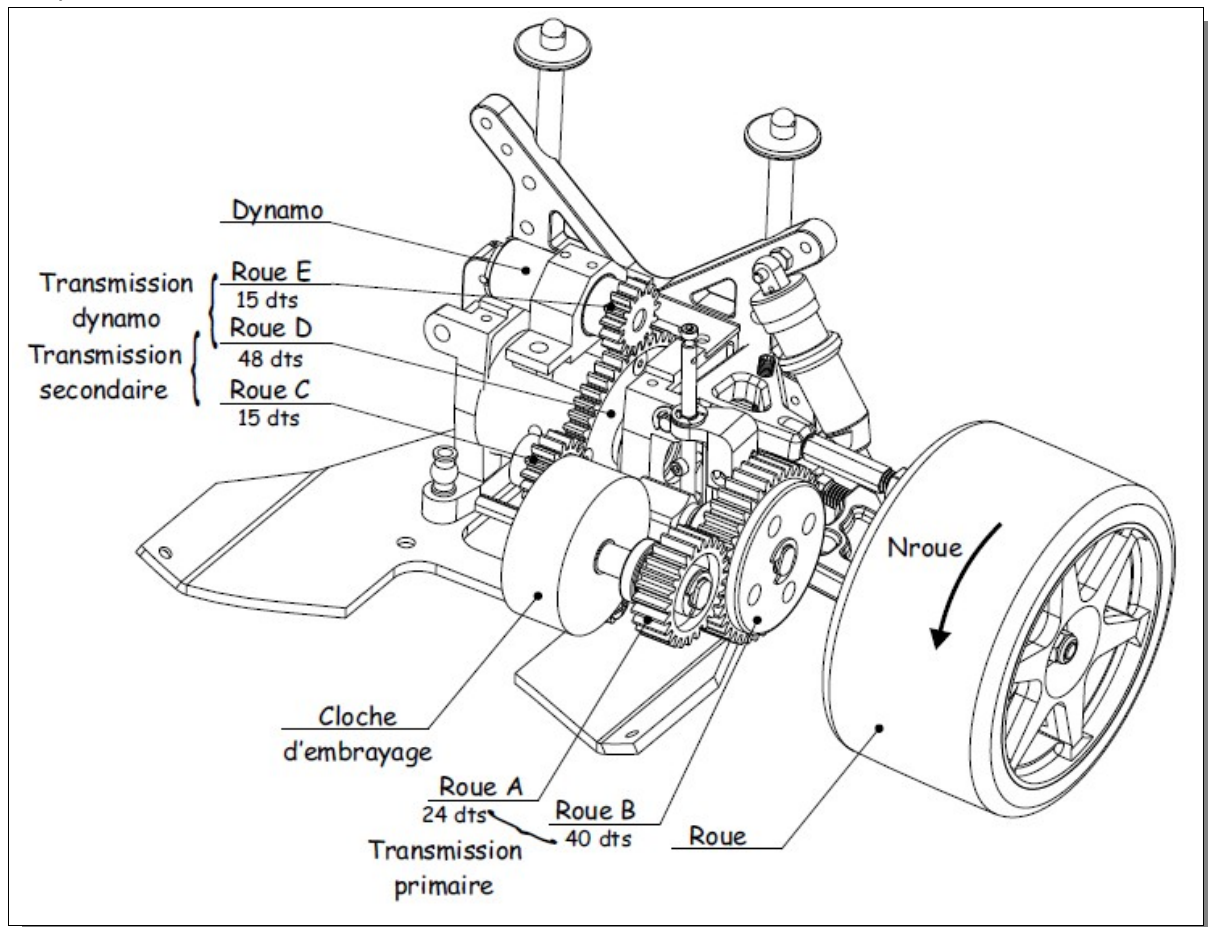
### L'émetteur télémetrie F2000 : Schéma fonctionnel de premier degré



#### FP1 : Conversion Vitesse voiture / Tension

Cette fonction transforme la vitesse de la voiture en une tension analogique.

L'entrée **e1** est la vitesse de la voiture, elle est captée par un moteur à courant continu lié à une roue de la voiture par l'intermédiaire de deux roues dentées.



Les calculs permettant de déterminer le rapport entre la vitesse de la voiture et la vitesse de rotation du moteur sont les suivants :

La plage de **vitesse de la voiture** est de **0 à 90km/h**.

Le **diamètre de la roue** est de **120mm**.

Le **périmètre de la roue** ( $2\pi R$ ) est donc de  $120 \times 3.14 = 377\text{mm}$

En ligne droite et sans glissement **Nroue = Ndifférentiel**

**Nroue max** =  $90 \times 1000/60 / 0.377 = 3979 \text{ rpm}$

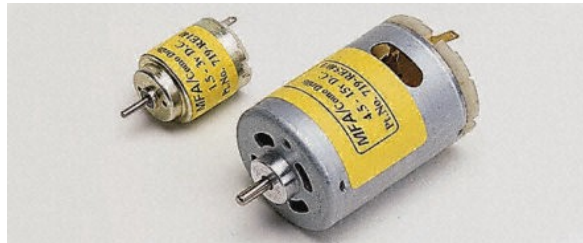
**Ndynamo max** =  $\text{Rap3} \times \text{Ndifférentiel} = (48 / 15) \times 3979 = 12733 \text{ rpm}$

Le rapport de réduction est donc tel que la relation liant la vitesse de la voiture au nombre de tours par minute effectués par l'arbre du moteur CC est la suivante :

$$N(\text{rpm}) = \frac{12733}{90} \times \text{Vitesse}$$

Une vitesse de rotation de 12733 tours/min correspond à une vitesse de voiture de 90 km/h.

Le moteur à courant continu choisi est un moteur « Como Drills » donné pour tourner à 14000 tours/min alimenté sous 3V.



Les données techniques précises sont les suivantes :

	<b>A vide</b>		<b>Au rendement max.</b>		
<b>Tension nominale</b>	<b>Vitesse à vide(rpm)</b>	<b>Courant (A)</b>	<b>Vitesse (rpm)</b>	<b>Courant (A)</b>	<b>Couple (gcm)</b>
<b>1,5</b>	8200	0,19	6250	0,62	6,4
<b>3</b>	14000	0,23	11300	0,96	10,4
	<b>corps (mm)</b>		<b>arbre (mm)</b>		
<b>plage de tension (V c.c.)</b>	<b>longueur</b>	<b>diamètre</b>	<b>longueur</b>	<b>diamètre</b>	
1,5 à 3	21	21	8,3	2	

Ce moteur est disponible chez Radiospares sous le code de commande **238-9692**.

Un moteur CC étant « réversible », lorsqu'il est mis en rotation par un organe externe, une différence de potentiel se crée à ses bornes.

La relation théorique entre la vitesse de rotation est la suivante :

$$V_{\text{mot}} = 214,3 \cdot 10^{-6} \times N$$

*V<sub>mot</sub> en Volts, N en tours/min*

En théorie, on doit retrouver les points suivants :

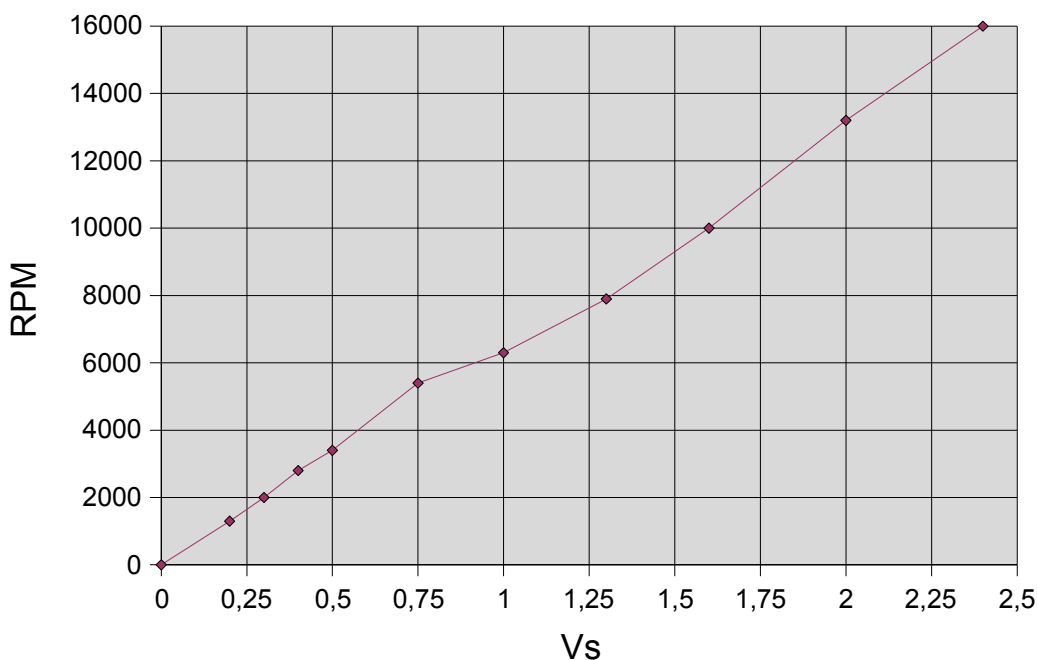
<i>Vitesse voiture (km/h)</i>	<i>Vitesse rotation moteur (rpm)</i>	<i>V<sub>mot</sub></i>
0	0	0
10	1415	0,3V
45	6367	1,36V
60	8489	1,82V
90	12733	2,73V

### Mesures autour du moteur

Il faut cependant valider par l'expérience ces calculs. En effet, un moteur n'est pas un organe fiable dans sa relation vitesse / tension à ses bornes. Si cette relation est linéaire, la tension nominale par rapport à la vitesse nominale n'est pas précise.

Les mesures ont donné :

Vs	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	1,3	1,6	2	2,4	
RPM	0	1300	2000	2800	3400	5400	6300	7900	10000	13200	16000	
Coef		1,54E-004	1,50E-004	1,43E-004	1,47E-004	1,39E-004	1,59E-004	1,65E-004	1,60E-004	1,52E-004	1,50E-004	1,52E-004 Moyenne



Le rapport mesuré entre la vitesse de rotation et la tension aux bornes du moteur est de **0,152 mV par rpm**. La théorie nous donnait **0,214 mV/rpm**. La mesure était nécessaire.

## FP2 : Conversion Régime moteur / Tension

Le régime moteur est récupéré grâce à un capteur à effet Hall associé à un aimant situé sur l'arbre moteur. A chaque fois que l'aimant passe à proximité du capteur, celui ci délivre une impulsion.

Le principe à mettre en oeuvre est une capture de ces impulsions et de compter le nombre de « paquets » de  $n \mu s$  s'étant écoulées entre deux fronts montants. Cette donnée fournit la période du signal en sortie du capteur.

La relation entre le régime (rpm) et cette période (s) est la suivante :

$$Regime_{(rpm)} = \frac{60}{Periode_{(s)}}$$

Le régime maximal du moteur a été évalué à **21221 rpm**.

La période minimale à mesurer est donc de **2,82 ms**.

## FP3 : Conversion Température/Tension

La conversion Température / Tension se fera à l'aide d'une sonde au platine **PT100** intégrée dans un **pont de Wheatstone**.

Une sonde au platine PT100 est un élément dont la résistance varie avec la température. Sa résistance est de **100Ω à 0°C**.

La relation liant la résistance de la sonde à la température est la suivante :

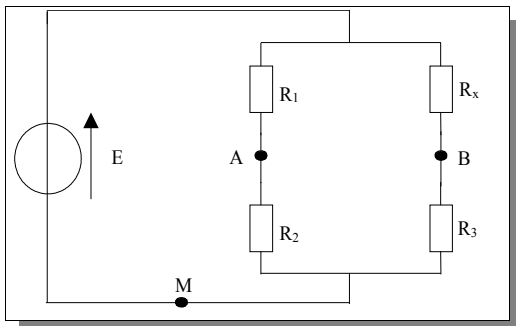
$$R_t = R_0(1 + \alpha \Theta)$$

$\Theta$  est la température,  $\alpha$  est la valeur du coefficient de température, ce coefficient est lié au métal utilisé pour la sonde. Pour une sonde au platine,  $\alpha = 385.10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

$R_0$  est la résistance à 0°C. Dans le cas d'une PT100 : **100Ω**

La courbe  **$R_t = f(\Theta)$**  est une droite de coefficient directeur  $\alpha$  et d'ordonnée à l'origine  $R_0$ .

Un pont de Wheatstone est une structure électronique permettant notamment d'obtenir une tension différentielle fonction de 4 résistances.



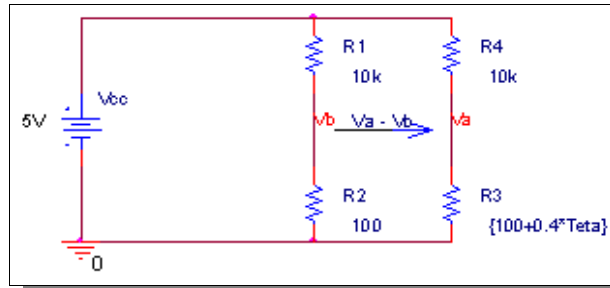
Un pont de Wheatstone est dit équilibré lorsque  $V_a - V_b = 0V$ .

Pour obtenir cet état, il faut que les produits  $R_1.R_3$  et  $R_2.R_x$  soient égaux.

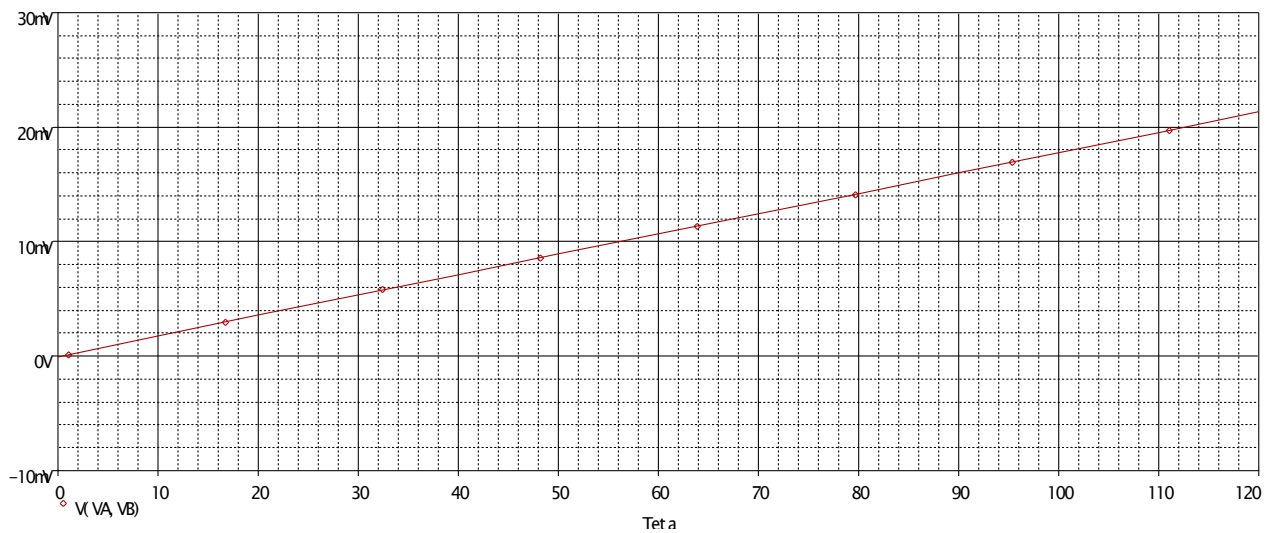
Dans le cas contraire, une ddp apparaît entre les points A et B.

Pour notre problème, il s'agit d'obtenir une tension  $V_a - V_b$  fonction de la température, et donc de la résistance de la sonde PT100.

Le cahier des charges nous dit que la température minimale à mesurer est  $0^\circ\text{C}$ . Il faut donc que  $V_a - V_b = 0\text{V}$  lorsque la température est égale à  $0^\circ\text{C}$ , donc lorsque  $R_t = 100\Omega$ .



Une simulation donne la valeur de la tension  $V_a - V_b$  en fonction de la température (Teta) :



On remarque que la tension  $V_a - V_b$  évolue linéairement entre  $0^\circ\text{C}$  et  $120^\circ\text{C}$  de  $0\text{V}$  à une valeur située entre  $22\text{mV}$  et  $24\text{mV}$ .

Par le calcul, à  $120^\circ\text{C}$ , on trouve :

$$R_t = 100 + 46,2 = 146,2 \Omega$$

$$V_b = 5 \times (100/10000) = 50 \text{ mV}$$

$$V_a = 5 \times (146/10000) = 73 \text{ mV}$$

$$\mathbf{V_a - V_b = 23 \text{ mV}}$$

Cette tension ne varie pas en fonction de la température

## FP4 : Amplification

Le but de cette fonction est d'amplifier la tension aux bornes du moteur à courant continu afin d'obtenir une tension variant de 0 à 4,5V pour une vitesse de voiture variant de 0 à 90 km/h.

Rappel :

la tension  $V_{mot}$  varie de 0 V à 1,9 V pour une vitesse allant de 0 à 90 km/h.

L'amplification à obtenir est de 5 / 2 (pour s'affranchir de la tension de déchet ) soit **2,5**.

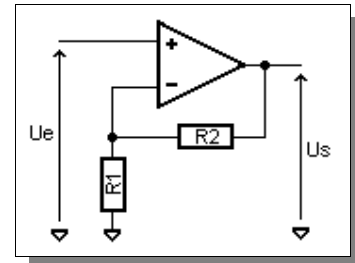
La tension aux bornes du moteur évolue en fonction de la vitesse :

$$V_{mot}(V) = 21,1 \cdot 10^{-3} \text{ Vitesse}(Km/h)$$

La structure utilisée est un montage à AIL en amplificateur non inverseur.

L'amplification d'un tel montages est  $1 + (R2 / R1)$

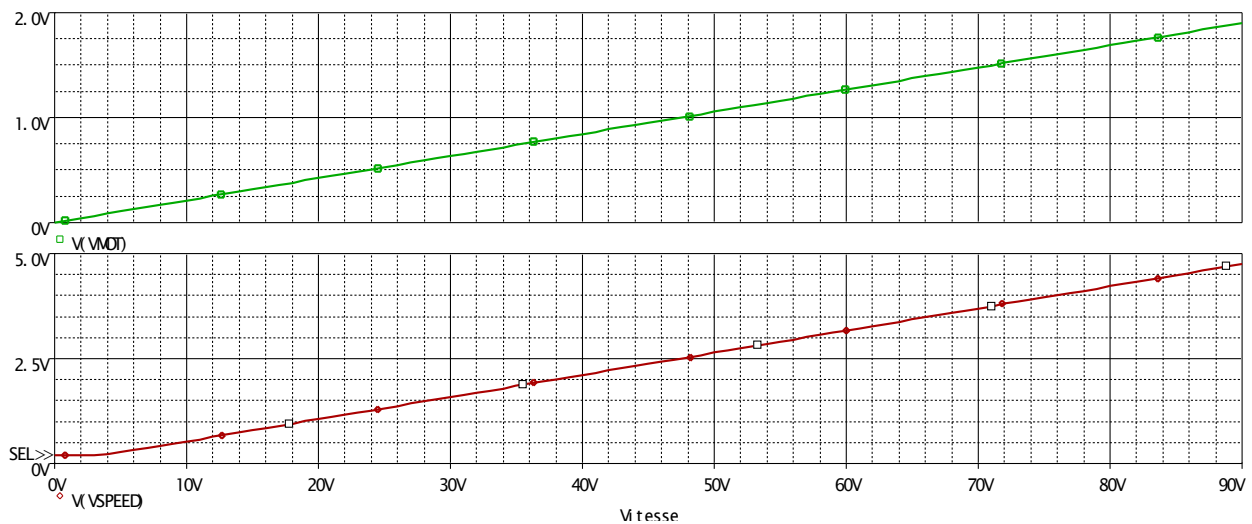
Pour obtenir une amplification de 2,5, nous choisissons  $R1 = 10 \text{ k}\Omega$



$R2 = 1,5 \cdot R1$

$R2 = 15 \text{ k}\Omega$  (série E12)

Une simulation valide les choix :



Remarque :

On observe que pour une vitesse entre 0 et 4 km/h, la tension Vspeed est ne descend pas en dessous de 0,2 V.

Ceci est du aux tensions de déchet de l'AIL : le tension en sortie ne peut pas atteindre les tensions d'alimentation de l'AIL. En fonction de l'amplificateur choisi, la valeur des tensions de déchet varie.

Nous devons choisir un AIL dont les tensions de déchet sont très faibles. Un tel amplificateur est qualifié de « Rail to Rail ».

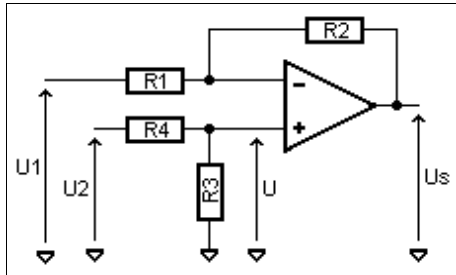
Le composant choisi correspond à ce critère, c'est un **TLV2460**.

Dans tous le cas, même avec cet amplificateur, la vitesse minimale mesurable est située aux alentours de 4 km/h.



## FP5 : Amplification différentielle

Le pont de Weatstone délivre une tension différentielle (non référencée par rapport au 0V). Il faut donc utiliser une structure adéquate. C'est un montage inspiré du montage « amplificateur différentiel » bâti autour d'un AIL.

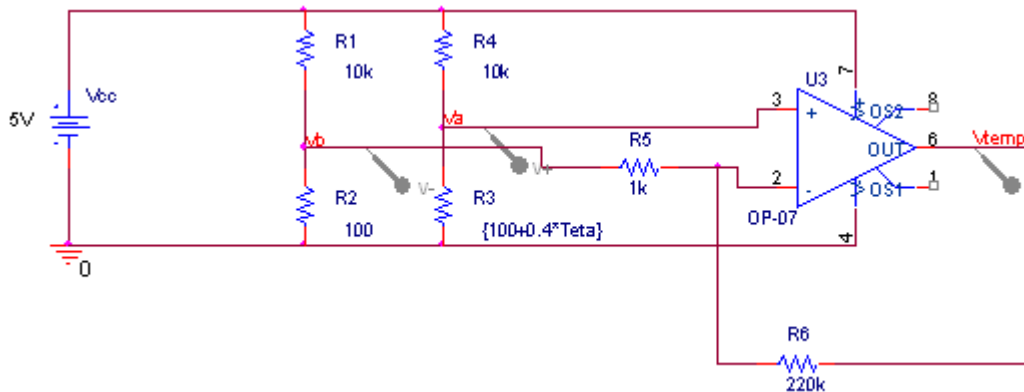


Ce montage permet d'obtenir une tension  $U_s$  fonction de la différence ( $U_2 - U_1$ ) :

$$U_s = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} U_2 - \frac{R_2}{R_1} U_1$$

Nous travaillons avec «  $U_1$  » fixe et une tension  $U_s$  devant être nulle pour  $U_2 = U_1$ .

Le montage peut être simplifié :



Dans ce cas, la relation est simple :

$$V_{temp} = (R_6 / R_5) (V_a - V_b)$$

Nous sommes en face d'une tension ( $V_a - V_b$ ) évoluant de 0V à 23mV.

Nous désirons en sortie une tension variant de 0 à 5V

L'amplification est donc d'environ **217**.

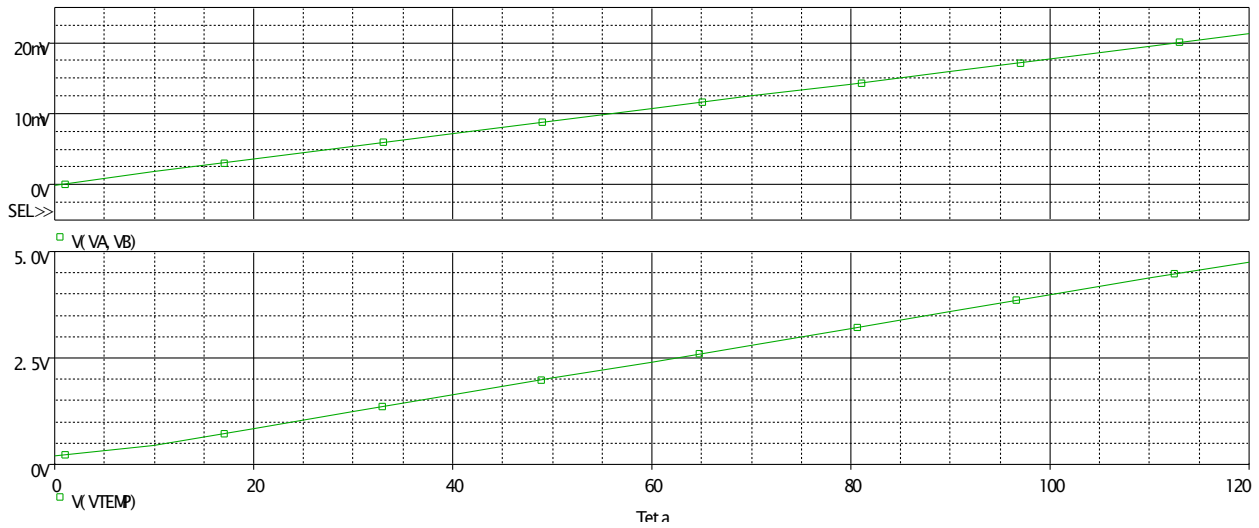
L'amplification est fixée par le rapport ( $R_6 / R_5$ ). Ce rapport doit être égal à 217.

Nous choisissons  $R_5 = 1\text{k}\Omega$  et  $R_6 = 220\text{k}\Omega$ .

L'amplification théorique est de 220. Ce choix se justifie par l'appartenance de la valeur 220 k $\Omega$  à la série E12.

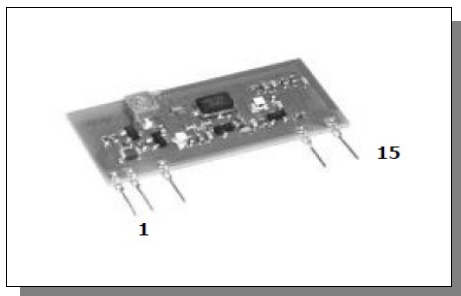
Dans ce cas, la tension maximale  $V_{temp}$  est égale à  $220 \times 23\text{mV}$  soit environ 5V. Nous savons qu'avec les tensions de déchet, la valeur maximale de  $V_{temp}$  sera limitée à environ 4,7V. Ce n'est pas un problème car cette tension correspond à une température moteur de plus de 110°C, qui ne doit théoriquement jamais être atteinte.

La simulation donne les résultats suivants :



### FP7 : Emission UHF

L'émission UHF se fait par l'intermédiaire d'un module **AUREL 868 Mhz : TX-8LAVSA01IA**.

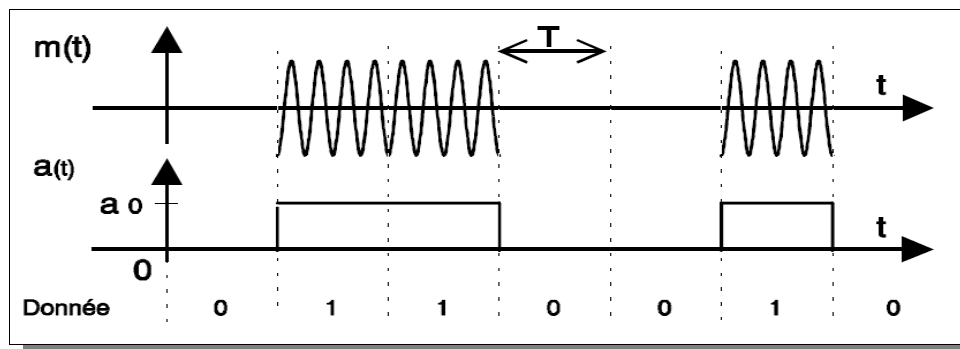


Ce module comporte une antenne intégrée et permet de moduler un signal numérique (suite de '0' et de '1') en ASK (Amplitude Shift Key).

En fait, il s'agit d'une modulation **OOK** (On Off Keying) utilisant une fréquence porteuse de **868,3 Mhz**.

Exemple d'un signal modulé en OOK.

$m(t)$  est le signal émis.  
 $a(t)$  est le signal représentant les « données »



Voici un extrait de la documentation technique de l'émetteur :

Description	Min	Typical	Max	Unity
<b>Working frequency centre</b>		868.3		MHz
<b>Voltage supply (Vs)</b>	2.7	3	5	V
<b>Absorbed Current</b>	18	25	45	mA
<b>RF output power (E.R.P.)</b>		+0		dBm
<b>Modulation Frequency</b>			3	KHz
<b>Input logic level</b>	4.5	5	5.5	V
<b>Operating temperature</b>	-20		+80	°C
<b>Working temperature [ETS 300 220]</b>	-20		+55	°C
<b>Dimensions</b>	38.1 x 13.7 x 3 mm			

	<b>Pin 1-4-13</b>	Ground	Connected to external ground plane
	<b>Pin 2</b>	Input Mod.	Data Input [0 to Vs]
	<b>Pin 15</b>	+V	Connected to power supply [+2.7 to 5V]

## FP6 : Traitements numériques

Cette fonction est bâtie autour d'un microcontrôleur **PIC 16F873**.

Le fabricant **Microchip** a développé une large gamme de microcontrôleurs « PIC » : PIC10, PIC12, PIC16, PIC18... Le choix s'est porté sur un 18F2520 car il est largement répandu, peu onéreux et possède tous les éléments nécessaires à notre projet.

Voici un résumé des fonctionnalités des PIC 18F25XX :

Features	PIC18F2420	PIC18F2520	PIC18F4420	PIC18F4520
Operating Frequency	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16384	32768	16384	32768
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	19	19	20	20
I/O Ports	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	1	1
Enhanced Capture/Compare/PWM Modules	0	0	1	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART
Parallel Communications (PSP)	No	No	Yes	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	10 Input Channels	10 Input Channels	13 Input Channels	13 Input Channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable High/Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP

## Liste des fonctionnalités nécessaires pour l'émetteur de télémétrie F2000

Acquisition de la vitesse de la voiture : Convertisseur Analogique Numérique

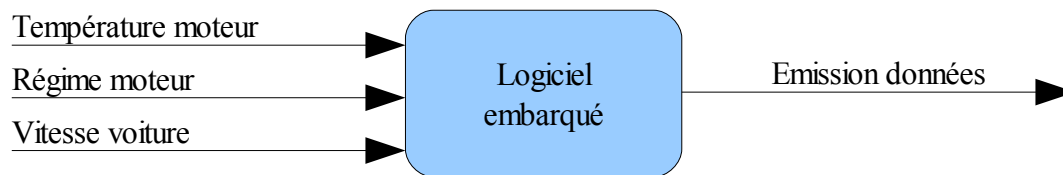
Acquisition de la température du moteur : Convertisseur Analogique Numérique

Acquisition du régime moteur : Timer en mode capture

Emission des données : UART

On remarque que le PIC18F2520 est doté d'un CAN à 10 entrées, de 4 timers et d'un AUSART. Il est donc, a priori adapté à l'application.

## Etude du logiciel embarqué



### Acquisition de la température

Tension analogique variant entre 0 et 5V pour une température évoluant entre 0 et 120°C

Utilisation de la voie 0 du CAN, mode 8bits.

Précision obtenue sur la température :

Avec un CAN 8 bits, la précision obtenue est de  $120^{\circ}\text{C} / 256$  soit **0,46°C**.

### Acquisition de la vitesse de la voiture

Tension analogique variant entre 0 et 5V pour une vitesse évoluant de 0 à 90km/h

Utilisation de la voie 1 du CAN, mode 8bits.

Précision obtenue sur la vitesse :

Avec un CAN 8 bits, la précision obtenue est de  $90 \text{ km/h} / 256$  soit **0,35 km/h**

### Acquisition du régime moteur

Tension rectangulaire dont la fréquence est l'image du régime : 1 Hz = 60 rpm

Un procédé à base de timers est à mettre en place.

Après une étude, le principe choisi est le suivant : compter un nombre de paquets de  $n \mu\text{s}$  entre deux fronts du signal issu du capteur à effet Hall. Pour cela, il faut utiliser le module CCP1 en mode capture. Associé au timer 1 en mode timer.

Les calculs ont permis de déterminer que les meilleures performances seront obtenues en comptant des paquets de  $8 \mu\text{s}$  entre deux fronts descendants sur « l'entrée de capture », sur laquelle est connecté le capteur à effet Hall.

#### Limitations :

Le timer 1 est un timer 16 bits, il pourra compter au maximum 65536 paquets de  $8 \mu\text{s}$ . Cela implique une durée maximale de  $65536 \times 8 \mu\text{s}$ , soit 524,29 ms entre deux fronts descendants.

La durée entre deux fronts descendants correspondant à 1 tour, un tour devra être fait en moins de 524,29 ms. Ce qui donne un régime minimum mesurable d'environ **115 tours/minutes**.

Le régime maximum mesurable correspond à 1 tour en  $8 \mu\text{s}$ , soit **7 500 000 tours/minutes**.

Le régime maximum étant de 18000 tours/minutes, ce principe de mesure est utilisable.

La limitation concernant le régime minimum est gênante. Nous la contournerons en mettant en oeuvre l'interruption « Overflow » du timer 1. La routine associée aura pour rôle d'incrémenter une variable sur 8 bits.

La valeur de la période sera donc codée en fait sur 24 bits. La période maximale mesurable devient  $2^{24} * 8 \mu\text{s}$  soit **134,21s**, correspondant à moins de  $\frac{1}{2}$  **tour par minute**.

### **Emission des données**

Le timer 0 a pour rôle, ici, de générer une interruption toutes les 32ms permettant de cadencer les émissions. A chaque « top » (chaque 32ms), une trame au format RS232 (9600 bps, 8 bits de donnée, 1 bit de stop, pas de parité) est émise.

4 types de trames sont implémentées :

- x Vitesse
- x Température
- x Régime moteur haut
- x Régime moteur bas

Les trames sont émises dans l'ordre suivant : régime moteur (en fonction du régime, c'est soit une trame régime haut, soit une trame régime bas qui est émise), Vitesse, température.

Ces trames sont codées ASCII, intègrent une somme de contrôle et sont fabriquées selon un schéma commun :

STX	Identifiant trame	Données	Checksum	ETX
-----	-------------------	---------	----------	-----

Les identifiants de trame sont les suivants :

- x Vitesse : 'V'
- x Température : 'T'
- x Régime haut 'R'
- x Régime bas : 'r'

Les données sont composées d'un octet pour la vitesse et la température, deux octets pour un régime bas et trois octets pour un régime haut.

La somme de contrôle est codée sur un octet (somme modulo 256 de l'identifiant et des données).

La taille maximale d'une trame (après codage ASCII) est donc de  $1 + 2 + 3 \times 2 + 2 + 1$  soit 12 octets. L'émission de la trame maximale prendra donc environ 12ms. L'encombrement de la bande est donc inférieur à 30% (12 ms au max. toutes les 32 ms).

### **Remarques**

Pour des raisons évidentes, le watchdog intégré au PIC18F2520 est utilisé. Il sert à réinitialiser le programme en cas de « plantage ».

## Le récepteur

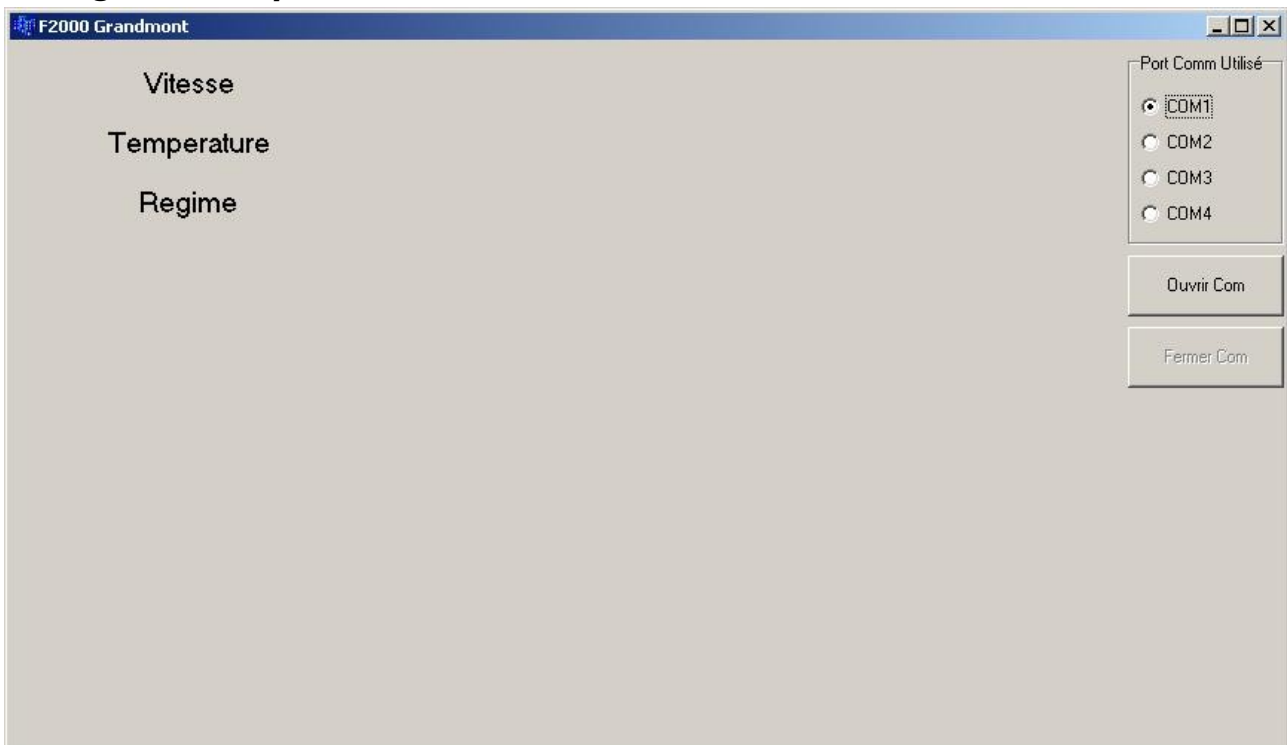
La partie du système baptisée « récepteur » est composée des éléments suivants :

- x Une carte électronique « transceiver » (convertisseur de media) : cet élément sert simplement à récupérer les données émises par la voiture (l'émetteur) via HF et à les retransmettre sur un port série à la norme RS232.
- x Un PC « récepteur », sur lequel est connecté le transceiver et sur lequel s'exécute le logiciel de réception et d'exploitation.
- x Un PC « Face avant » sur lequel s'exécute le logiciel LabView représentant le « tableau de bord » déporté de la voiture.

Ces deux PC doivent être connectés entre eux par un réseau IP. Les deux logiciels communiquant entre eux via ce support. Il est aussi tout à fait possible d'exécuter les deux logiciels (récepteur et face avant) sur le même ordinateur.

Dans une version non encore totalement validée, il est possible de connecter plusieurs PC « Face avant » à un PC récepteur. Plusieurs personnes pouvant ainsi voir graphiquement l'évolution des paramètres de la voiture.

### Le logiciel récepteur

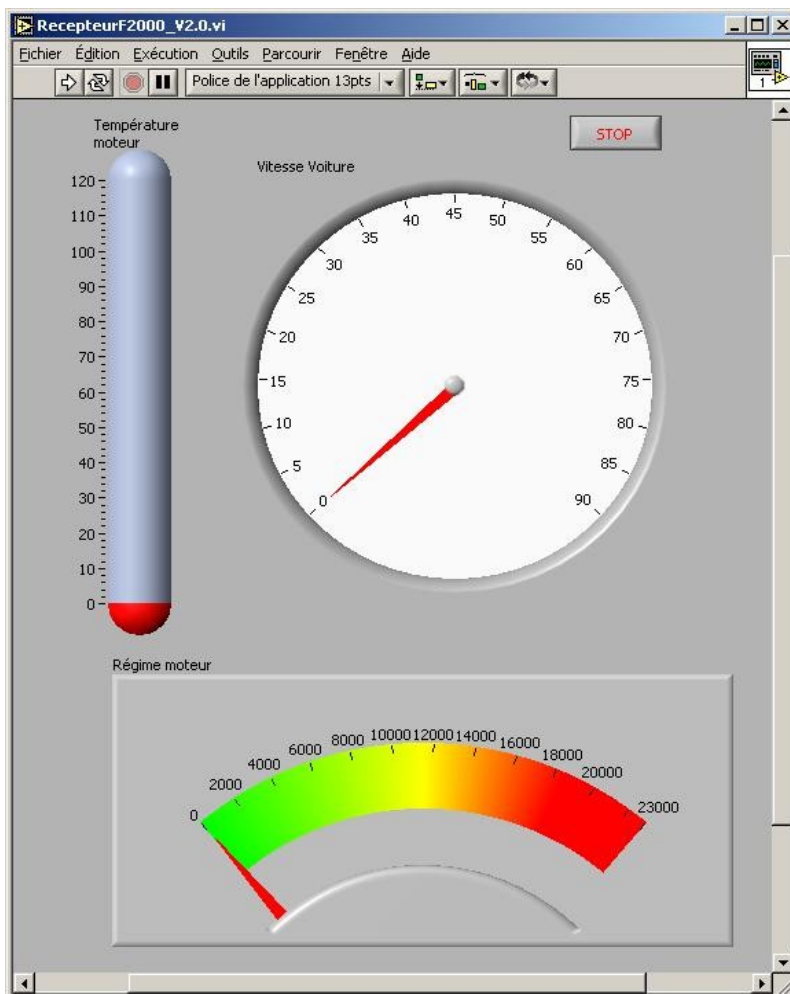


Ce logiciel est développé sous C++ Builder. Il permet de récupérer les données via un port série.

Les tâches principales de ce logiciel sont :

- x Recevoir les différentes trames
- x Les identifier et les valider (à l'aide d'un contrôle par somme de contrôle)
- x Traiter les données pour en extraire les valeurs de vitesse, température ou régime.
- x Effectuer l'affichage
- x Retransmettre ces données sous forme de paquets UDP vers une (ou plusieurs) adresses IP. Ces adresses IP correspondent aux ordinateurs sur lesquels s'exécute la face avant.

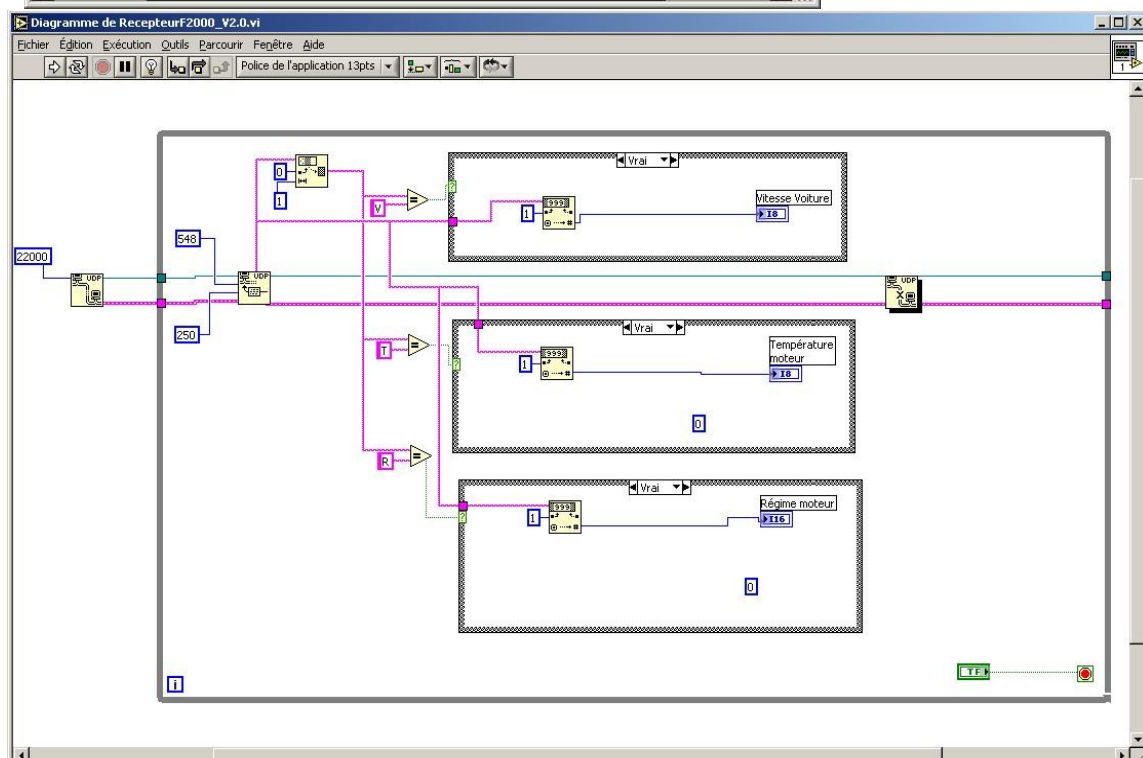
## La face avant



Cette face avant est un V.I. Développé sous Labview.

Les données sont récupérées à travers un serveur UDP, traitées et envoyées sur les différents cadrans.

Ci dessous, le diagramme du VI







## Conclusions

Au moment de la compétition, le système est opérationnel.

Les différents tests en laboratoire ont montré un fonctionnement satisfaisant, c'est à dire conforme au cahier des charges.

L'installation des capteurs sur la voiture a été réalisée. La prise de mesures est elle aussi opérationnelle.

Les aléas envisagés sont liés à la liaison HF (perturbations, distances...) les essais en situation n'ayant pu être menés par manque de temps, des surprises sont a prévoir.

Le déroulement de la compétition nous permettra aussi d'évaluer la tenue du système sur la durée. Il n'est pas impossible en effet que les vibrations, chocs... aient un impact sur le système (mise hors service d'un capteur, coupure sur une connexion...)