



Bornes de mesure de temps pour l'épreuve de kart électrique de 50 mètres départ arrêté



Copyright © <http://www.kartelec.com>

Thierry LEQUEU – thierry.lequeu@univ-tours.fr

Version du 2 août 2007 – Fichier : Projet-50m-DA-1.doc

1	Présentation du projet	3
1.1	Description de l'épreuve de 50 mètres départ arrêté	3
1.2	Description du cahier des charges	3
1.3	Complément au cahier des charges	6
2	Définition du projet électronique et informatique	7
2.1	Analyse des besoins	7
2.2	Gestion du projet	7
2.3	Synoptiques de la partie électronique	8
2.4	Ce qui reste à faire	9
2.5	Analyse de l'existant	10
3	Définition du projet mécanique	13
3.1	Cahier des charges mécaniques du support	13
4	Un peu de théorie	14
4.1	La transmission mécanique	14
4.2	Accélération du véhicule	15

Liste des figures :

Figure 1.1. Schéma de principe de la mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté (Projet-50m-DA.ppt - Page 1).....	3
Figure 1.2. Schéma de principe de la mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté (Projet-50m-DA.ppt - Page 1).....	4
Figure 1.3. Schéma de principe de la détection des karts lors de l'arrivée (Projet-50m-DA.ppt - Page 3).....	5
Figure 2.1. Environnement technique du projet (Projet-50m-DA.ppt - Page 4).....	7
Figure 2.2. Synoptique de niveau 1 du projet électronique (Projet-50m-DA.ppt - Page 5).	8
Figure 2.3. Synoptique de niveau 2 du projet électronique (Projet-50m-DA.ppt - Page 6).	8
Figure 2.4. Synoptique de niveau 3 d'une borne (Projet-50m-DA.ppt - Page 7).....	9
Figure 2.5. Vue de cartes électroniques (images-maquettes\display1-12& 22 & 32.jpg).....	10
Figure 2.6. Vue de carte électronique (images-maquettes\DI8535-12 & -22.jpg).....	11
Figure 2.7. Vue de carte électronique (images-maquettes\aff-50m-alim-12 & -22.jpg).....	12
Figure 3.1. Principe mécanique du support de la borne (Projet-50m-DA.ppt – Page 8).....	13
Figure 4.2. Schéma de la transmission (dessins\kart1.drw).....	14
Figure 4.3. Exemples de calculs de la vitesse en fonction du temps (Projet-50m-DA.xls – Vitesse).	16
Figure 4.4. Exemples de calculs de la position en fonction du temps (Projet-50m-DA.xls – Position).....	16

Liste des tableaux :

Tableau 1.1. Exemple de calculs de la vitesse à l'arrivée (Projet-50m-DA.xls – Feuille 1).	5
---	---

1 Présentation du projet

1.1 Description de l'épreuve de 50 mètres départ arrêté

Parmi les épreuves qui sont disputées lors du challenge pédagogique e-Kart (<http://www.e-kart.fr>), l'épreuve de « 50 mètres départ arrêté » est sans doute la plus spectaculaire.

Il s'agit, ici, de mettre en évidence les performances en terme d'accélération des karts électriques. Il faut un commissaire de piste pour donner le départ et un commissaire à l'arrivée, responsable du chronométrage.

Un ou deux karts se présentent sur la ligne de départ. Le commissaire, qui donne le départ, suit la procédure suivante :

- 1) « A vos marques » : le drapeau est en haut, le feu est rouge ;
- 2) « Prêt » : le drapeau est en position médiane, le feu est orange ;
- 3) « Partez ! » : les karts s'élancent quand le drapeau est en position basse et le feu vert.

Le commissaire, à l'arrivée, déclenche ses chronomètres au départ des karts et les temps sont mesurés au passage sur la ligne d'arrivée.

1.2 Description du cahier des charges

Afin de fiabiliser la méthode de mesure, d'éviter les faux départs et d'avoir une mesure « juste » du temps, un système électronique de chronométrage doit être élaboré.

Il faut donc deux bornes : une pour le départ et une pour l'arrivée. On raisonne sur des bornes capables de traiter 2 karts, un de chaque côté de la borne, avec une option pour fonctionner avec un seul kart.

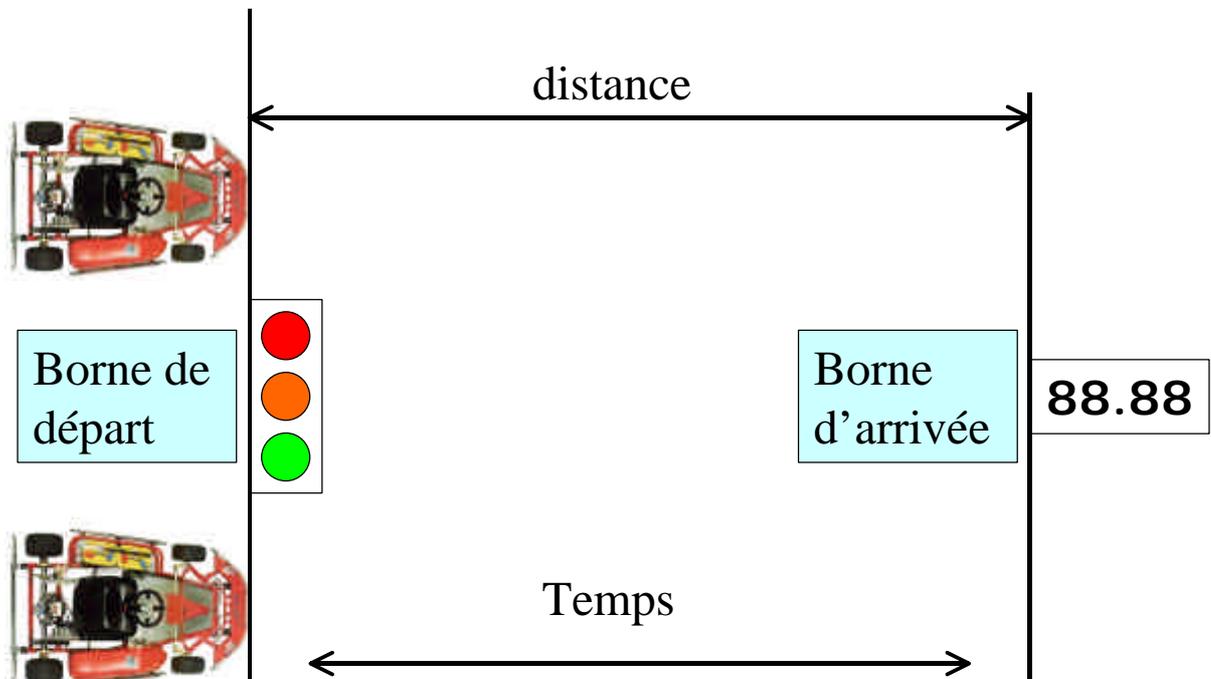


Figure 1.1. Schéma de principe de la mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté (Projet-50m-DA.ppt - Page 1).

1.2.1 Borne de départ

La fonction première de cette borne est de détecter le départ des karts. Il y a donc un organe qui détecte le passage du kart appelé « faisceau de détection ». On peut s'en servir aussi pour positionner les karts. A l'aide de 2 faisceaux de détection (1) et (2), il est possible d'indiquer la position du kart sur la ligne de départ.

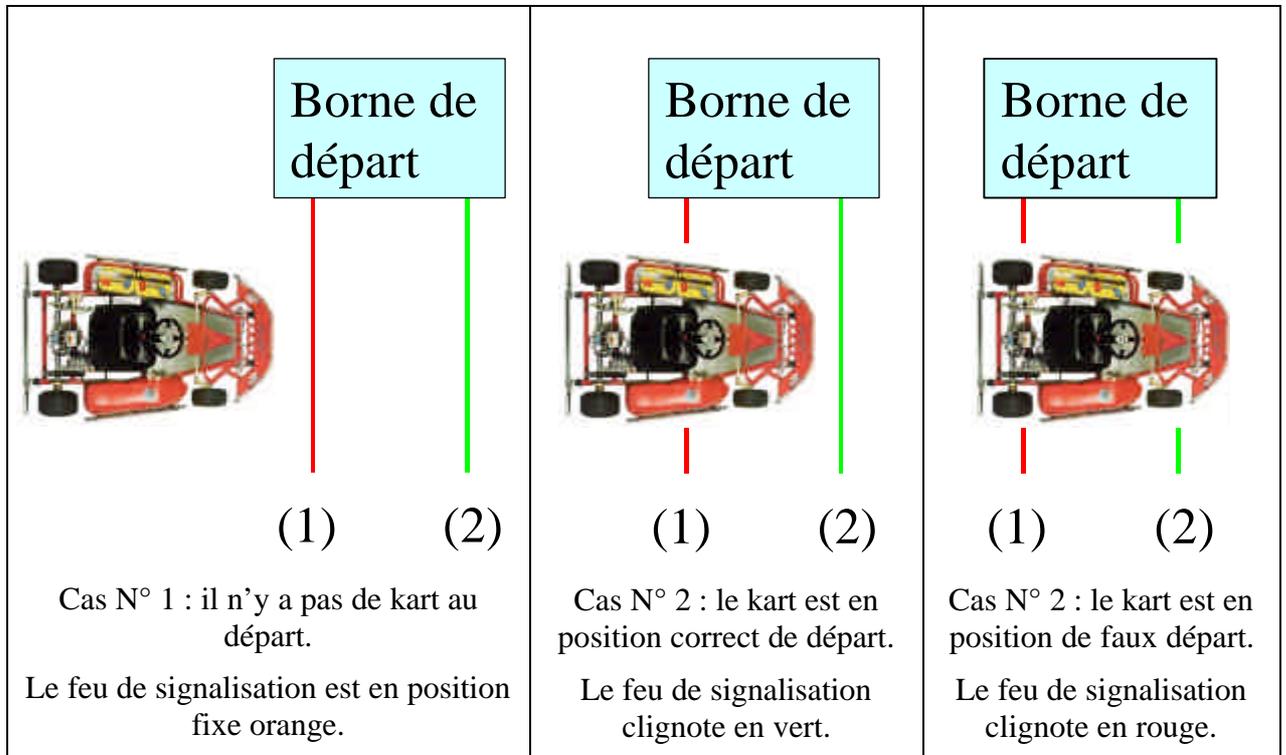


Figure 1.2. Schéma de principe de la mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté (Projet-50m-DA.ppt - Page 1).

La borne de départ dispose aussi d'un système de signalisation (feux rouge, orange et vert) pour donner le départ qui doit être synchronisé et/ou commandé par le commissaire de départ qui tient le drapeau. Il faudra vérifier l'opportunité de conserver le départ au drapeau et vérifier que le signal lumineux de départ est bien visible des pilotes assis dans leur kart.

Le commissaire de départ peut garder le privilège du déclenchement du départ. Le système peut être également automatique. A partir du moment où les karts sont en position correcte pendant un temps donné (30 secondes par exemple), la séquence de départ déroule les feux rouge, orange et vert. Les karts ont alors une durée donnée (10 secondes) pour démarrer. Le système se réinitialise si aucun départ n'est détecté.

Le chronométrage du temps est déclenché individuellement lors du passage du kart devant le faisceau vert (2). Il n'y a plus de faux départ, puisque les pilotes ont 10 secondes pour démarrer et que leur temps de départ est compté à partir du moment où ils franchissent le faisceau de détection.

1.2.2 Borne d'arrivée

Les principales fonctions de cette borne sont :

- 1) de détecter l'arrivée des karts (coupure du faisceau N° 1) ;
- 2) de mesurer les temps de parcours ;
- 3) d'afficher les temps de parcours.

Avec le même système de double faisceaux de détection (1) et (2), il est possible d'indiquer la vitesse du kart sur la ligne d'arrivée.

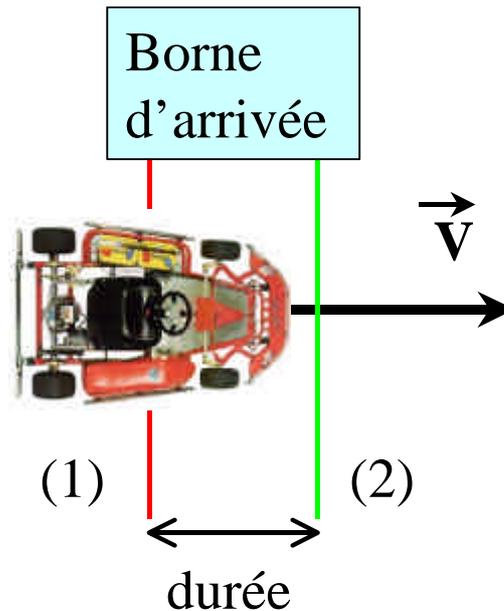


Figure 1.3. Schéma de principe de la détection des karts lors de l'arrivée
(Projet-50m-DA.ppt - Page 3).

Connaissant la distance ΔX entre les deux capteurs et la durée ΔT entre la coupure du faisceau (1) et du faisceau (2), on peut calculer la vitesse du kart par la formule suivante :

$$\|\vec{V}\| = V = \frac{\Delta X}{\Delta T} \text{ en m/s si } \Delta X \text{ est en mètre et } \Delta T \text{ en seconde.} \quad (1.1)$$

$$V = \frac{\frac{\Delta X}{1000} \times \frac{3600}{1000}}{\frac{\Delta T}{1000}} = \frac{\Delta X}{\Delta T} \times 36 \text{ en km/h si } \Delta X \text{ est en cm et } \Delta T \text{ en ms.} \quad (1.2)$$

Tableau 1.1. Exemple de calculs de la vitesse à l'arrivée (Projet-50m-DA.xls – Feuille 1).

ΔX	ΔT	$\ \vec{V}\ $	ΔX	ΔT	$\ \vec{V}\ $
en cm	en ms	en km/h	en cm	en ms	en km/h
10	100	3,6	20	100	7,2
10	50	7,2	20	50	14,4
10	10	36,0	20	10	72,0
10	5	72,0	20	5	144,0

1.2.3 Cas de la borne seule

On peut également être amené à utiliser la borne seule. C'est le cas, par exemple, d'un essai d'autonomie d'un kart seul. Sur une longueur de piste donnée, un seul kart fonctionne. La borne mesure alors les paramètres suivants :

- 1) nombre de tours ;
- 2) le temps au tour ;
- 3) la vitesse de passage.

Dans ce cas d'utilisation, la transmission des données vers un ordinateur de stockage est très intéressante.

1.3 Complément au cahier des charges

Voici quelques remarques concernant ce projet :

- Les bornes doivent être au maximum identiques.
- Elles doivent être disposées d'un paramétrage simple (borne de départ, borne d'arrivée, borne seule).
- Elles doivent être autonomes en énergie et fonctionner sur une batterie OPTIMA 12V 48AH JAUNE.
- La communication doit être sans fils entre les bornes.
- En option, la communication avec un ordinateur du commissaire de l'épreuve est à prévoir.
- Le déplacement et le rangement des bornes doivent être simples (voir section mécanique).
- Les bornes doivent être robustes et résistantes aux chocs.
- L'affichage doit être visible d'assez loin (jusqu'à 100 mètres).
- Les bornes ne doivent pas dégager de chaleur (économie d'énergie).
- Elles doivent être étanches et résister à la pluie.
- Elles doivent pouvoir fonctionner de -10°C jusqu'à $+50^{\circ}\text{C}$.

2 Définition du projet électronique et informatique

2.1 Analyse des besoins

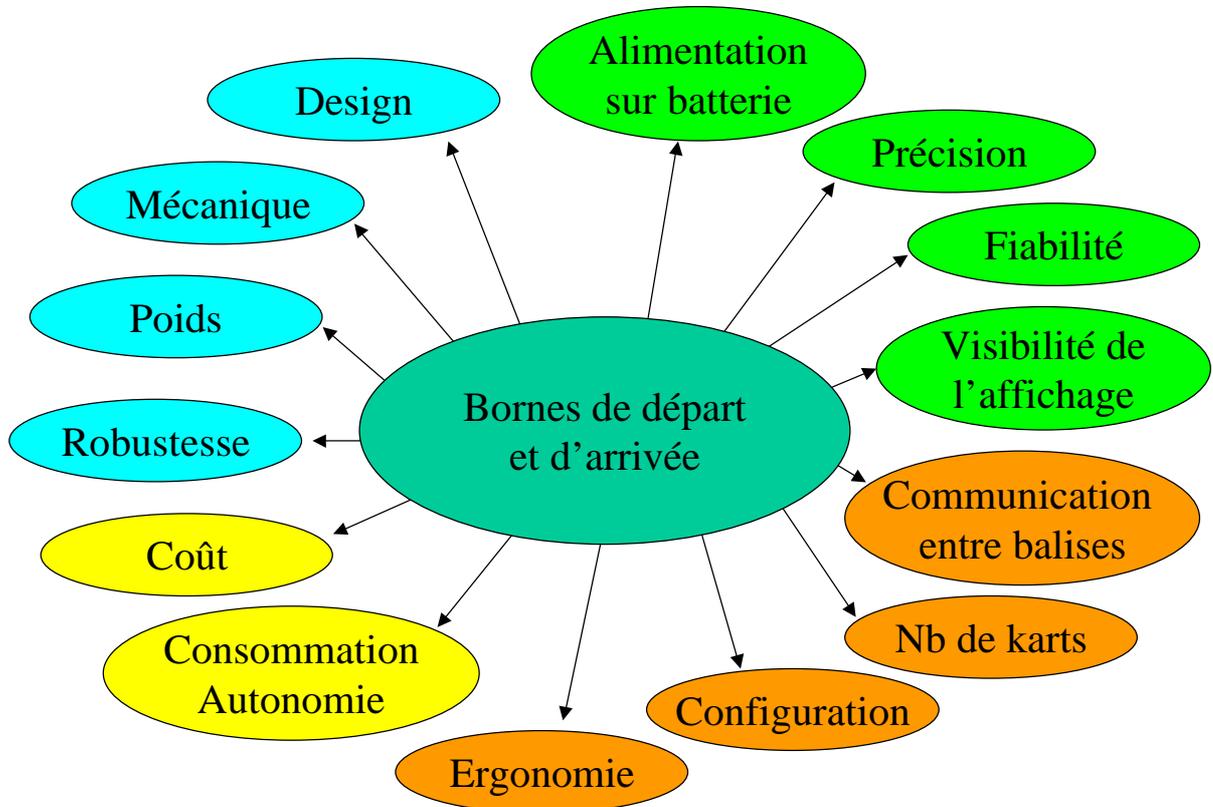


Figure 2.1. Environnement technique du projet
(Projet-50m-DA.ppt - Page 4).

Plusieurs points sont déjà imposés par la conception, à savoir :

- Utilisation d'une batterie 12V pour chaque borne. L'autonomie visera alors simplement à calculer la durée de fonctionnement, en fonction de la consommation.
- Utilisation d'un micro-contrôleur ATmega 8535 de chez ATMEL. Thierry LEQUEU dispose des outils de développement nécessaires à la programmation de ce micro-contrôleur.

La communication entre balises se fera de préférence via une liaison RS232 et de transmetteur HF à 433 MHz. D'autres solutions pourront être étudiées, comme l'utilisation du WiFi.

2.2 Gestion du projet

Il serait souhaitable que ce projet soit dirigé par un binôme d'étudiants de **Licence Professionnelle** de l'IUT de Tours : les « Managers ».

Ils pourront sous-traiter tout ou une partie de la réalisation vers différents binômes de deuxième année d'IUT, en mode concurrentiel, dans le cadre des **Etudes et Réalisations**, aussi bien en **ER-GE** qu'en **ER-ISI4**, **ER-μP** ou **ER-EDP**.

Différentes solutions pourront alors être testées et les meilleures réalisations seront retenues dans le projet final.

2.3 Synoptiques de la partie électronique

2.3.1 Fonction principale de niveau 1

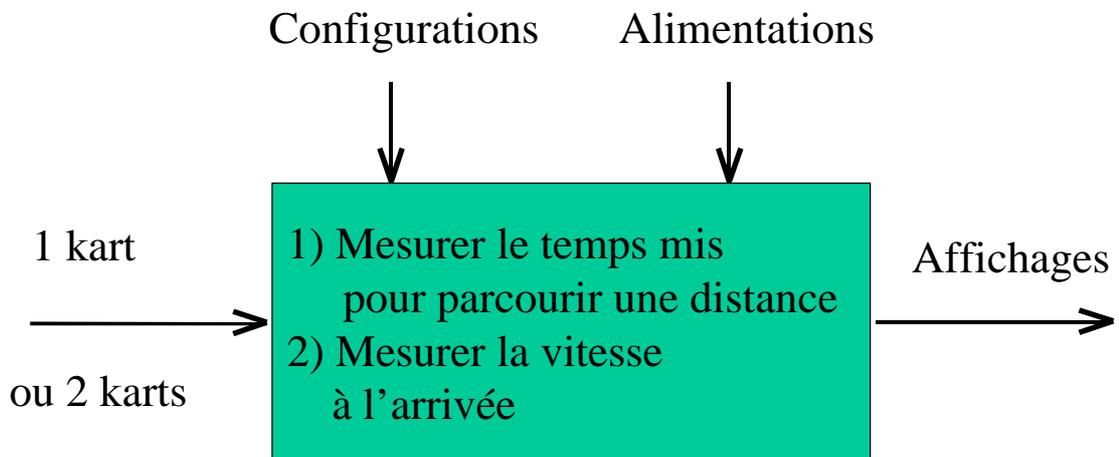


Figure 2.2. Synoptique de niveau 1 du projet électronique (Projet-50m-DA.ppt - Page 5).

L'alimentation est fixée à partir d'une batterie 12V (entre 10V et 13,5V).

L'utilisation du micro-contrôleur ATmega 8535 est imposée.

2.3.2 Fonction principale de niveau 2

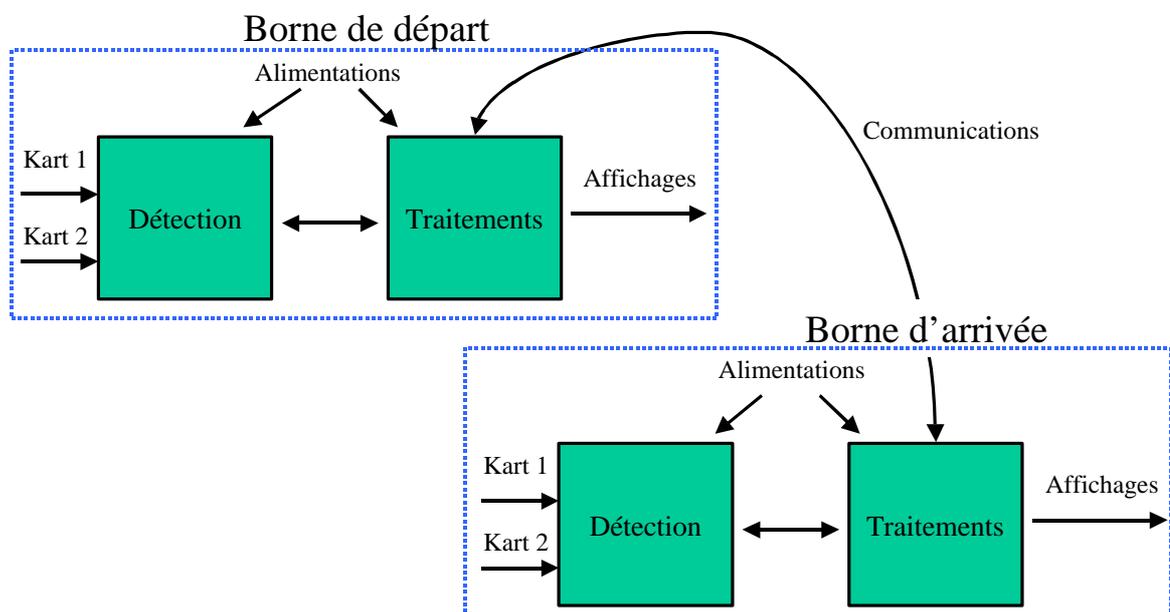


Figure 2.3. Synoptique de niveau 2 du projet électronique (Projet-50m-DA.ppt - Page 6).

Les bornes de départ et d'arrivées sont identiques.

La communication entre balises se fait via une liaison RS232 et des transmetteurs HF à 433 MHz.

2.3.3 Fonction principale de niveau 3

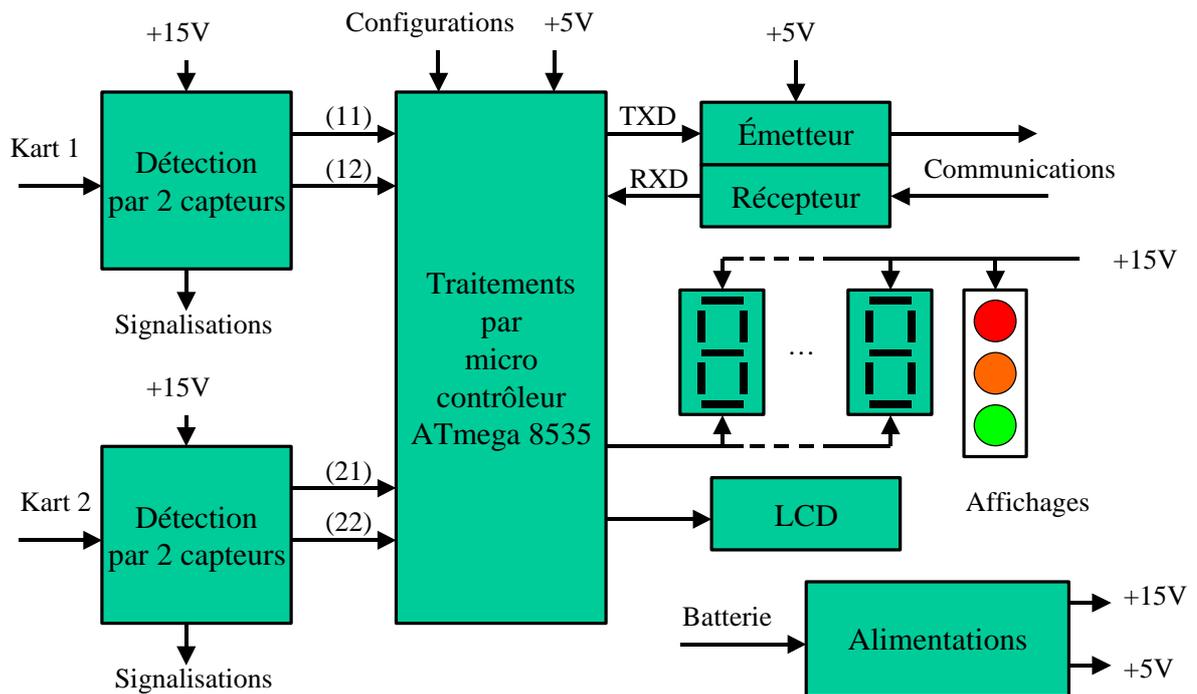


Figure 2.4. Synoptique de niveau 3 d'une borne
(Projet-50m-DA.ppt - Page 7).

Un premier module de test avec des afficheurs de 100 mm est réalisé.

La communication entre balises se fait via une liaison RS232 et des transmetteurs à 433 MHz.

2.4 Ce qui reste à faire

Il reste à choisir et à mettre en œuvre le système de détection.

Un afficheur à base de LED bleue de 5 mm est à faire.

L'alimentation est à dimensionner en fonction des besoins (le prototype est à refaire).

Le système de configuration, ainsi que l'ergonomie est à repenser en fonction de la structure mécanique qui sera choisie (positions des boutons et de l'afficheur LCD).

LA PROGRAMMATION DU MICROCONTROLEUR !!!

2.5 Analyse de l'existant

2.5.1 Le module afficheur 7 segment KINGBRIGHT 100 mm

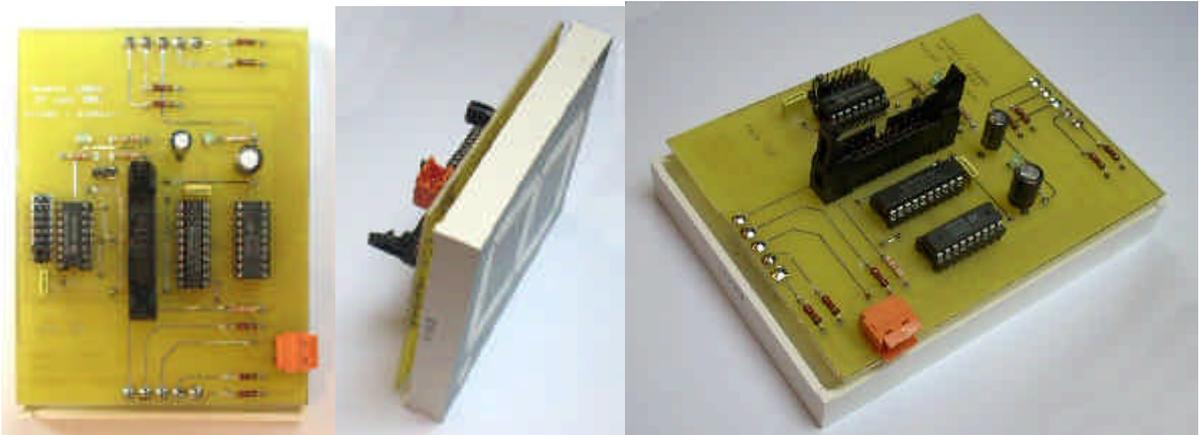


Figure 2.5. Vue de cartes électroniques (images-maquettes\display1-12 & 22 & 32.jpg).

La solution retenue ici a été le développement d'un driver de puissance « adressable ». Un bus d'adresse de 4 fils (16 cartes) et un signal de Chip Select permettent l'enregistrement d'un octet de 8 bits dans un LATCH 8 bits. Un réseau de 8 transistors de puissance permet le pilotage des LEDs de l'afficheur.

Les résistances de limitation de courant ont été calculées à partir des informations suivantes :

- $I_F = 2 \times 20 \text{ mA} = 40 \text{ mA}$ et $V_F = V_{F\max} = 10\text{V}$ pour les segments ;
- $I_F = 20 \text{ mA}$ et $V_F = V_{F\max} = 5\text{V}$ pour le point ;

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Segment} \\ \text{Point} \end{array} \right. \begin{array}{l} R_s = \frac{E - V_{Fs}}{I_{Fs}} = \frac{15 - 10}{0,040} = 125\Omega \Rightarrow R_s = 120\Omega \\ R_p = \frac{E - V_{Fp}}{I_{Fp}} = \frac{15 - 5}{0,020} = 500\Omega \Rightarrow R_p = 250\Omega \end{array} \quad (2.1)$$

En pratique, pour un segment, on obtient $I_{Fs} = \frac{E - V_{Fs} - V_{CESAT}}{R_s} = \frac{15 - 7,2 - 0,7}{120} \approx 59\text{mA}$ et pour

le point $I_{Fp} = \frac{E - V_{Fp} - V_{CESAT}}{R_p} = \frac{15 - 3,6 - 0,7}{270} \approx 40\text{mA}$, soit un total de 453 mA par afficheur

et 1,8 A pour les 4 !

Remarques :

- Un montage plus simple peut être réalisé à partir du bus I2C et du composant PCF8574.
- Le même principe doit être utilisé pour piloter les feux de signalisation ROUGE, ORANGE et VERT.

2.5.2 La carte microcontrôleur ATmega 8535

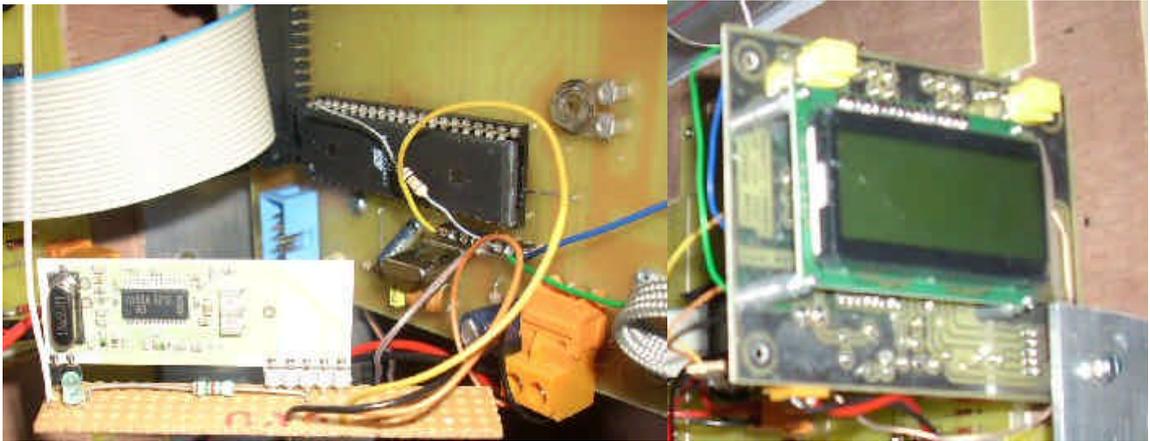


Figure 2.6. Vue de carte électronique (images-maquettes\DI8535-12 & -22.jpg).

Cette carte microcontrôleur utilise les composants de la carte d'étude ATmega8535 avec afficheur LCD 16 caractères x 4 lignes. Elle dispose d'un connecteur ISP (In Site Programming). La programmation se fait donc sur la carte, directement à partir du logiciel « CodeVisionAVR ».

L'afficheur LCD est relié en mode 4 bits sur le port C.

Le port A est utilisé comme bus de données 8 bits.

Les 5 bits de poids faible du port B forment le bus d'adresse et le CS. Les 3 bits de poids fort sont utilisés par l'interface ISP.

Le port D est utilisé pour la transmission série et pour les boutons poussoirs (4 boutons poussoirs configurables).

La vitesse de transmission est fixée à 9600 bauds, 8 bits, 1 bit de STOP, pas de parité.

Le Timer/Counter 1 est utilisé pour générer une interruption toutes les 10 millisecondes. A partir d'une fréquence de quartz de 16 Mhz et une pré-division par 8, la valeur de pré-chargement vaut 20 000 (x 0,5 us = 10 ms) soit 0x4E20 en hexadécimal.

2.5.3 L'alimentation



Figure 2.7. Vue de carte électronique (images-maquettes\aff-50m-alim-12 & -22.jpg).

On utilise ici une batterie de 12 V OPTIMA JAUNE 48 AH. Cette batterie étant « usagée », elle a une capacité moindre, mais suffisante pour notre application.

La tension aux bornes de la batterie varie de 13,6 V lorsque la batterie est bien chargée, à 10V quand la batterie est déchargée.

Il faudra donc un régulateur abaisseur pour le +5V et un régulateur élévateur pour le +15V. La technologie à découpage est retenue, car elle permet d'avoir des rendements de conversion supérieure à 80 %, limitant ainsi la puissance dissipée (économie d'énergie).

On utilise un régulateur à découpage de type BUCK pour la section +5V. On estime la consommation de la carte microcontrôleur et de la logique à environ 500 mA. Un régulateur LM2575T-5 a été choisi ici ($V_e = 40V$, $V_s = 5V$ et $I_s = 1A$). Si la consommation s'avérait être moindre dans la version finale, un régulateur LM2574 en boîtier DIP suffirait ($I_s = 500$ mA).

Deux alimentations +15V ont été retenues, le courant pour un bloc d'afficheur étant estimé entre 1,5 et 2A. On utilise un régulateur à découpage de type BOOST. Un régulateur LM2577T-ADJ a été choisi ici ($V_e = 40V$, $V_s =$ ajustable et $I_{switch} = 3A$).

Le dimensionnement et le choix des composants ont été fait sur le site du fabricant, à savoir :

<http://www.national.com/>

2.5.4 Bibliographie

- [DIV518] T. LEQUEU, *Projet 2 - TEMPS50M / Mesure et affichage du chrono pour un 0-50 m départ arrêté*, projet IUT5, avril 2007.
- [DIV512] T. LEQUEU, *Projet 05 - AT8535 / Carte ATmega8535 avec afficheur LCD 16 caractères x 4 lignes + connecteur ISP*, projet IUT5, février 2007.
- [DIV517] T. LEQUEU, *Prog. 03 - ATmega8535 / Carte d'étude de l'ATmega8535 - Langage C et assembleur*, Documentation de programmation, février 2007.
- [DIV491] T. LEQUEU, *Projet 01 - 12V15V5V / Alimentations +15V / +5V / -15V à partir d'une batterie 12V*, IUT4, mai 2006.

3 Définition du projet mécanique

3.1 Cahier des charges mécaniques du support

3.1.1 Transport

Afin d'être facilement transportable, malgré le poids de la batterie (17 kg), le support devra comporter des roulettes et être stable en position normale. On utilise, ici, le principe des containers pour ordures ménagères : des roues déportées et une poignée de manutention.



*Figure 3.1. Principe mécanique du support de la borne
(Projet-50m-DA.ppt – Page 8).*

Le poids du support n'est pas très contraignant. Il devra être rigide et résistant aux chocs en cas de renversement par un kart.

Le support devra être démontable pour le transport (dans un camion ou une voiture lors des déplacements).

3.1.2 Quelle hauteur ?

Il y a différents choix possible pour la hauteur :

- 1) A hauteur des pilotes installés dans le kart, hauteur de vue entre 70 et 90 cm. Cette hauteur est une contrainte plutôt pour le feu de départ.
- 2) A hauteur du public, hauteur de vue entre 160 et 190 cm Cette hauteur permet une bonne visibilité aux commissaires.
- 3) A dessus du public, hauteur de vue supérieure à 200 cm Cette hauteur permet une bonne visibilité à l'ensemble du public situé loin de la piste.

3.1.3 Fixation des afficheurs

Il faut prévoir l'intégration des afficheurs sur le support, mais aussi les feux de signalisations.

4 Un peu de théorie ...

4.1 La transmission mécanique

4.1.1 Définitions et calculs

La figure suivante définit les grandeurs mécaniques utilisées, à savoir :

- pour le moteur, N_m la vitesse en tours par minute et D_m le diamètre de la poulie côté moteur ;
- pour l'arbre de transmission, N_a la vitesse en tours par minute et D_a le diamètre de la poulie ;
- pour les roues, $N_r = N_a$ la vitesse en tours par minute et D_r le diamètre des roues ;
- $V = |\vec{V}|$ est la vitesse linéaire en kilomètres par heure ;

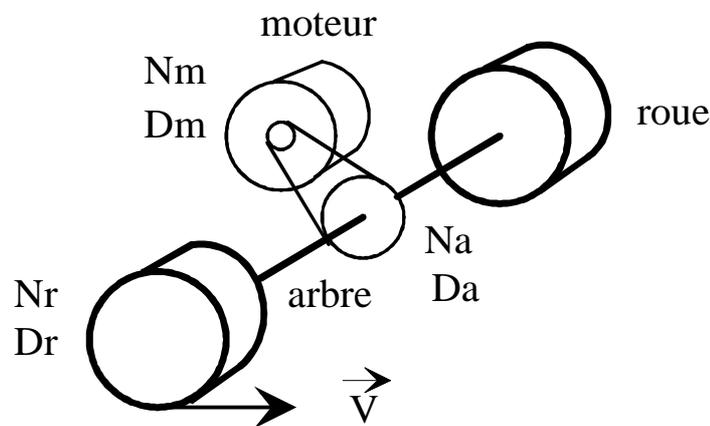


Figure 4.2. Schéma de la transmission (dessins\kart1.drw).

La vitesse de l'arbre de transmission est donnée par le rapport du diamètre des poulies :

$$\frac{N_a}{N_m} = \frac{D_m}{D_a} = \frac{N_b \text{ dent}(a)}{N_b \text{ dent}(m)} \Leftrightarrow N_a = N_m \times \frac{D_m}{D_a} \text{ en tr/min} \quad (4.1)$$

La vitesse de rotation des roues est égale à celle de l'arbre moteur :

$$N_r = N_a = N_m \times \frac{D_m}{D_a} \text{ en tr/min} \quad (4.2)$$

La vitesse angulaire de rotation des roues est donnée par :

$$\Omega_r = \frac{2\pi \times N_r}{60} = N_m \times \frac{D_m}{D_a} \times \frac{\pi}{30} \text{ en rd/s} \quad (4.3)$$

La vitesse linéaire du véhicule vaut alors :

$$|\vec{V}| = \frac{D_r}{2} \times \Omega_r = N_m \times \frac{D_m}{D_a} \times \frac{\pi}{30} \times \frac{D_r}{2} \text{ en m/s} \quad (4.4)$$

La conversion en kilomètre par heure donne :

$$V = \frac{3600}{1000} \times |\vec{V}| = N_m \times \frac{D_m}{D_a} \times \frac{\pi}{30} \times \frac{D_r}{2} \times 3,6 \text{ en km/h} \quad (4.5)$$

4.1.2 Application numérique

$$\left\{ \begin{array}{l} Nm = 3200 \text{ tr/min} \\ Dm \approx 4 \text{ cm} \Rightarrow 18 \text{ dents} \\ Da \approx 16 \text{ cm} \Rightarrow 65 \text{ dents} \\ Dr \approx 25 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow V = 3200 \times \frac{18}{65} \times \frac{2\pi}{60} \times \frac{0,25}{2} \times \frac{3600}{1000} = 41,7 \text{ km/h} \quad (4.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Nm = 3200 \text{ tr/min} \\ Dm \approx xx \text{ cm} \Rightarrow 26 \text{ dents} \\ Da \approx 16 \text{ cm} \Rightarrow 65 \text{ dents} \\ Dr \approx 25 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow V = 3200 \times \frac{26}{65} \times \frac{2\pi}{60} \times \frac{0,25}{2} \times \frac{3600}{1000} = 60,32 \text{ km/h} \quad (4.7)$$

4.2 Accélération du véhicule

Le paramètre utilisé ici sera plutôt le temps mis pour parcourir une distance donnée à partir d'une vitesse nulle. Deux paramètres entrent en jeu :

- l'accélération proprement dite ;
- la vitesse maximale.

L'accélération est supposée constante pendant l'essai et jusqu'à la vitesse maximale. A $t = T_0 = 0$, la vitesse est nulle :

$$A = \left| \vec{a} \right| = \left| \frac{d\vec{v}}{dt} \right| = \frac{V_{max} - V_0}{T_{max} - T_0} = \frac{V_{max}}{T_{max}} \text{ en m/s}^2 \quad (4.8)$$

L'évolution de la vitesse est donnée par :

$$v = \left| \vec{v} \right| = \left| \frac{d\vec{x}}{dt} \right| = A \cdot (t - T_0) + V_0 = \frac{V_{max}}{T_{max}} \cdot t \text{ en m/s} \quad (4.9)$$

La position du véhicule vaut alors :

$$x = \left| \vec{x} \right| = \frac{A \cdot (t - T_0)^2}{2} + V_0 \cdot t + x_0 = \frac{A \cdot t^2}{2} = \frac{V_{max}}{2 \cdot T_{max}} \cdot t^2 \text{ en mètre} \quad (4.10)$$

La distance D_{max} parcourue au bout du temps T_{max} vaut :

$$D_{max} = x(T_{max}) = \frac{V_{max}}{2 \cdot T_{max}} \cdot T_{max}^2 = \frac{V_{max} \cdot T_{max}}{2} \text{ en mètre} \quad (4.11)$$

Le temps T_{max} mis pour parcourir une distance D_{max} vaut :

$$T_{max} = \frac{2 \cdot D_{max}}{V_{max}} \text{ en seconde} \quad (4.12)$$

Si $D_{max} < D$ distance à parcourir pour l'épreuve, le reste du parcours se fait à vitesse constante, égale à V_{max} . Le temps supplémentaire ΔT , pour parcourir la distance $\Delta x = D - D_{max}$, vaut :

$$v = \frac{dx}{dt} = V_{max} = C^{ste} \Rightarrow V_{max} = \frac{\Delta x}{\Delta T} = \frac{D - D_{max}}{\Delta T} \text{ soit } \Delta T = \frac{D - D_{max}}{V_{max}} \text{ en s} \quad (4.13)$$

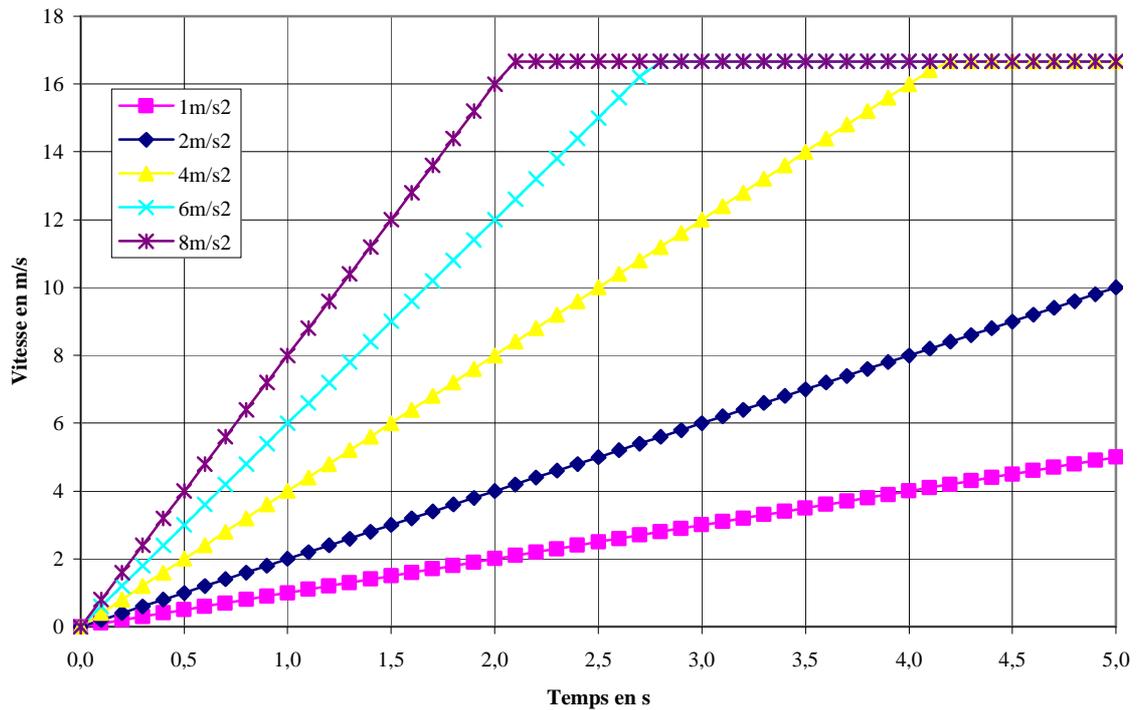


Figure 4.3. Exemples de calculs de la vitesse en fonction du temps (Projet-50m-DA.xls – Vitesse).

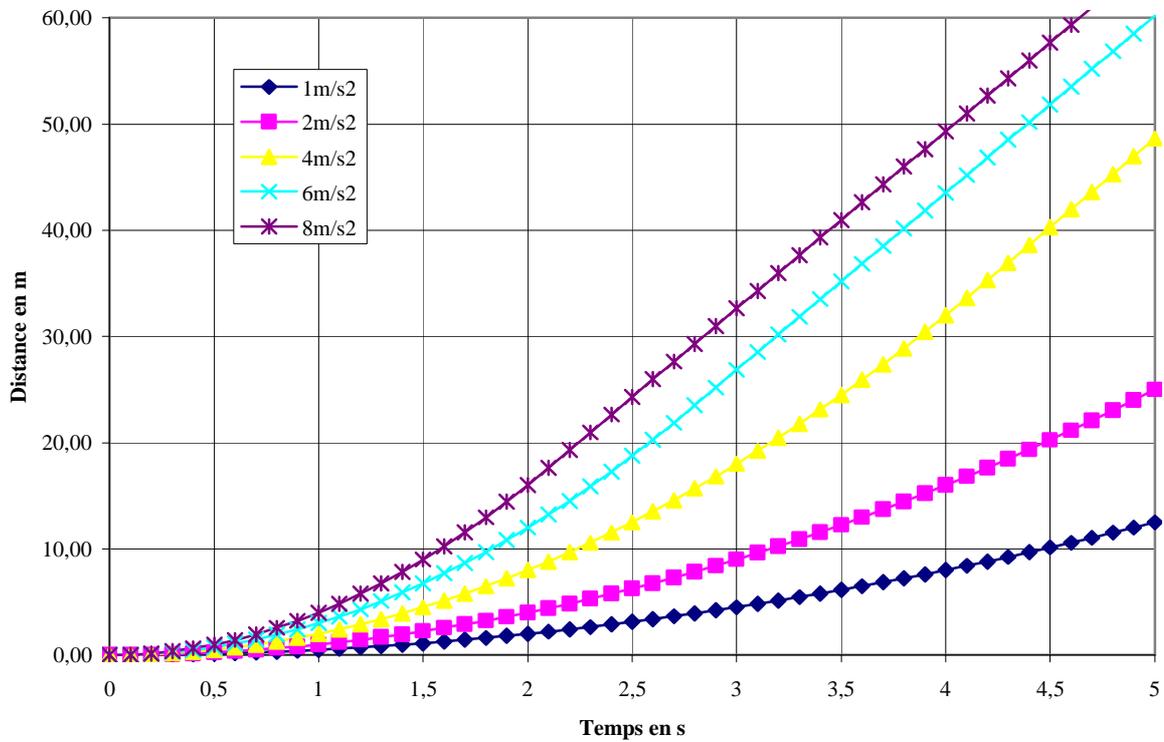


Figure 4.4. Exemples de calculs de la position en fonction du temps (Projet-50m-DA.xls – Position).