

EMETTEUR KIWI MANUEL DE L'UTILISATEUR

	Nom et Sigle	Date et Visa
Rédigé par	Nicolas VERDIER Responsable filière Ballons Traceurs Troposphériques	12/03/2009 
Pour accord	Jean Pierre ESCARNOT Chef du service nacelle ballons	17/03/09 
Application Autorisée par	Anne SERFASS DENIS Chef du service Jeunesse et acteurs de l'éducation	18/03/09 

Applicabilité aux Systèmes Aérostatiques (cocher les systèmes concernés) :

BSO	BPS	MIR	BPCL	AEC	NANO
<input type="checkbox"/>					

Applicabilité aux Projets (cocher les projets concernés) :

VASCO	NOSYCA	FIRBL	PILOT	SCOUTM			
<input type="checkbox"/>							

Document géré en configuration : OUI/NON par : _____ à compter du : .././..

CNES - 18, avenue Edouard Belin - 31401 Toulouse Cedex 9

Ce document est la propriété du CNES.

Les informations contenues dans celui-ci ne peuvent être communiquées, publiées ou reproduites sans l'accord préalable du CNES

MODIFICATIONS

Version	Date	Objet
3	12/03/09	Edition 3 – Remplace la note « Kiwi – version Millélium – guide de l'utilisateur » version 2

Sommaire

1. OBJET	4
2. UN KIWI, POUR QUOI FAIRE ?	4
3. DU KIWI AU KIWI MILLENIUM	5
4. CARACTERISTIQUES GENERALES	5
5. COMMENT BIEN UTILISER LE KIWI.....	6
5.1. Description	6
5.2. L'alimentation.....	7
5.2.1. Courant maximum	7
5.2.2. Piles ou batteries ?.....	7
5.2.3. Quelle technologie ?.....	7
5.2.4. Exemple de démarche de dimensionnement	8
5.3. Les entrées de mesure	10
5.3.1. Le câblage	10
5.3.2. Choix des montages, composants et capteurs... ..	11
5.4. L'antenne	12
5.5. Le connecteur d'interface et de programmation.....	13
5.6. Interrupteurs de configuration.....	14
5.7. Modulation externe.....	15
6. LE KIWI, COMMENT ÇA MARCHE ? (VERSION DE BASE)	17
7. COMMENT PROGRAMMER LE KIWI ?.....	19
7.1. Outil de programmation	19
7.2. Ecriture du programme - Programme principal	19
7.2.1. Intialisation du microcontrôleur	19
7.2.2. Acquisition des mesures.....	21
7.2.3. Le modulateur	21
8. ANNEXE 1 : PLAN MECANIQUE DU KIWI.....	24
9. ANNEXE 2 : NOTICE D'UTILISATION DU TESTEUR DE KIWI	25
10. ANNEXE 3 : MODES DE FONCTIONNEMENT & CHRONOGRAMMES	27

1. OBJET

Ce document de référence a pour but de décrire l'émetteur KIWI et conseiller les utilisateurs sur son utilisation.

2. UN KIWI, POUR QUOI FAIRE ?

L'émetteur Kiwi est spécialement conçu pour les jeunes expérimentateurs qui désirent mettre en œuvre un système de télémesure à bord de **fusées** ou de **ballons**. En effet, même s'il est intéressant de développer soi-même son propre système de télémesure, l'expérience montre que ces réalisations sont souvent hors de portée des clubs ou des établissements scolaires qui développent des projets expérimentaux.

Ainsi, le CNES, au même titre qu'il met à disposition les vecteurs de propulsion des projets, a décidé très tôt de fournir également les équipements de télémesure.

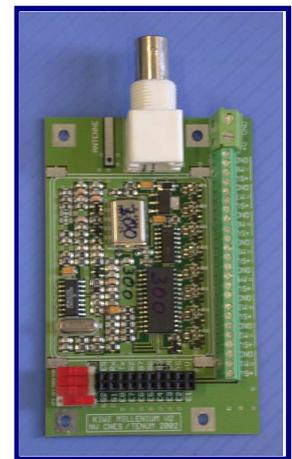


Fig 1 : L'émetteur Kiwi (version millénium)

Dans ce cadre, on distingue deux types d'expérimentateurs :

▸ Les **établissements scolaires** développant des expériences dans le cadre d'opérations menées conjointement par Planète sciences et le CNES (Un ballon pour l'école, une minifusée à l'école...). Dans ce cas, le Kiwi est utilisé dans sa **version de base** la plus simple à mettre en œuvre car la plus adaptée aux projets des élèves. L'émetteur de télémesure Kiwi peut être alors considéré comme un simple **voltmètre sans fil** dont les pointes de mesure se situent à bord et l'afficheur au sol. 8 voies de mesures sont utilisables simultanément.

▸ Les **clubs aérospatiaux** dont l'objectif est de développer des projets plus ou moins complexes avec une composante technique forte. Dans ce cas, il est possible d'utiliser le Kiwi :

- dans sa version de base (conseillée pour les clubs débutants),
- de réaliser son propre modulateur externe et d'utiliser le Kiwi en émetteur simple (clubs confirmés),
- de reprogrammer le logiciel interne du Kiwi en fonction des besoins du projet (clubs expérimentés).



Fig 2 : Un club expérimenté ...

3. DU KIWI AU KIWI MILLENIUM

Initialement, l'émetteur **KIWI** a été conçu en 1995 par G.Bosch (TENUM) et N.Verdier (ANSTJ¹) avec le soutien de M.Lebaron (CNES) pour les besoins de l'activité ballon stratosphérique du département Education Jeunesse² du CNES. Il est aujourd'hui industrialisé par la société TENUM (Labège 31).

En 1997, une nouvelle version de l'émetteur, le **KIWI NG** a vu le jour afin d'améliorer son utilisation par la mise en place de protections électriques et d'une nouvelle interface mécanique.

En 2002, l'ultime version du Kiwi, le **KIWI Millenium** a permis de regrouper les besoins des fusées expérimentales et des ballons stratosphériques. Cette version permet également de réaliser son propre programme d'acquisition de mesure.

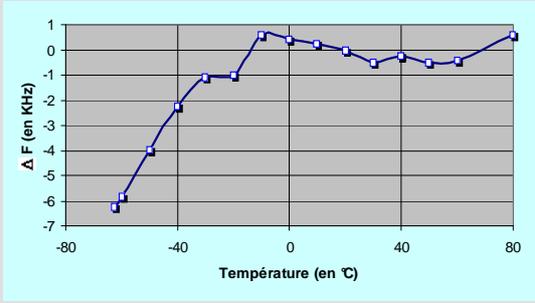
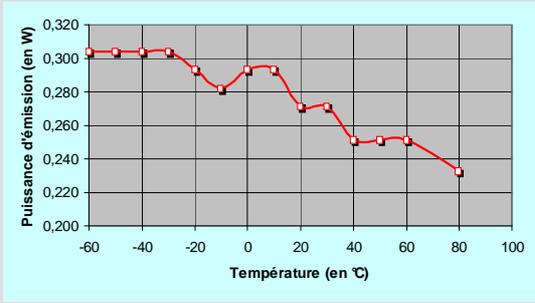
Quelques modifications ont ensuite été conduites notamment pour anticiper l'obsolescence de certains composants et pour améliorer les performances. La version actuelle, relative à ce document est la version 4.

4. CARACTERISTIQUES GENERALES

Paramètres	Min	Moy	Max	Unités
Température d'utilisation	- 60	20	85	°C
Tension d'alimentation *	5.6	9	12	V
Courant consommé * (@9V)	172	184	195	mA
Entrées Analogiques				
Nombre de voies			8	
Tension d'entrée	0		5	V
Résolution		20	5	mV
Fréquence des mesures (récurrence trame)	0.5 (tts les 2s)		2 (en continu)	Trames/s
Débit des données		600		bauds
Entrées – sorties numériques				
Nombre de voies			5	
Entrée modulation				
Niveau (voir & 4.7)	0.1		5	Vcac
Bande passante	0.5		50	KHz
Fréquence d'émission		137.95 ou 138.50		MHz MHz

¹ Aujourd'hui Planète Sciences

² Aujourd'hui service Culture Spatiale

Paramètres	Min	Moy	Max	Unités
Dérive thermique de la fréquence d'émission				
				
Puissance d'émission	173	251	32	mW
Dérive thermique de la puissance d'émission				
				
Réjection Harmonique	50			dBc

Caractéristiques établies d'après les performances de 50 Kiwi V4.0

5. COMMENT BIEN UTILISER LE KIWI

5.1. DESCRIPTION

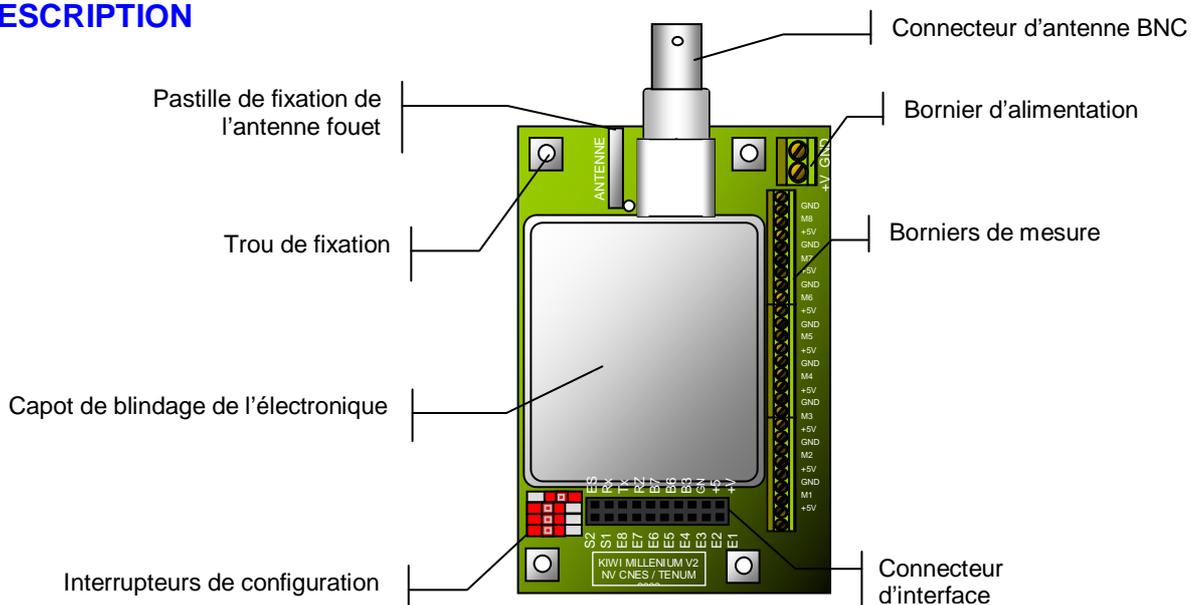


Fig 3 : Emetteur Kiwi, vue générale

Ce document est la propriété du CNES.

5.2. L'ALIMENTATION

L'émetteur Kiwi doit être alimenté par une tension continue comprise entre 6 et 12 V à partir du *bornier d'alimentation* **ou** du *connecteur d'interface* (broches 1 et 3). La consommation moyenne est d'environ **190 mA** quelle que soit la tension d'alimentation appliquée. Pour simplifier la mise en œuvre de certaines expériences, il est possible et recommandé d'alimenter l'électronique de mesure du projet grâce aux sorties 5V (présentent sur les borniers de mesure et le connecteur d'interface broche 2). Le courant maximum prélevé doit être, toutes voies confondues, **inférieur à 100mA**.

5.2.1. COURANT MAXIMUM

Souvent on se contente de déterminer la capacité nécessaire à l'expérimentation pour choisir la pile ou la batterie. Cela conduit très souvent à des choix inadaptés car on omet de considérer une autre caractéristique importante de la source d'alimentation. Le **courant maximal admissible**

En effet, une pile ou une batterie de tension à vide donnée, voit sa tension diminuer à mesure que le courant consommé est important. La figure ci-contre montre que cette décroissance est lente jusqu'à un courant dit de seuil au-delà duquel la pile ou la batterie ne peut plus fournir la tension nécessaire. Ainsi, avant d'utiliser une source d'alimentation pour son projet, il faut s'assurer que le **courant maximum** de celle-ci est **inférieur** au **courant consommé** par le Kiwi et l'électronique associée.

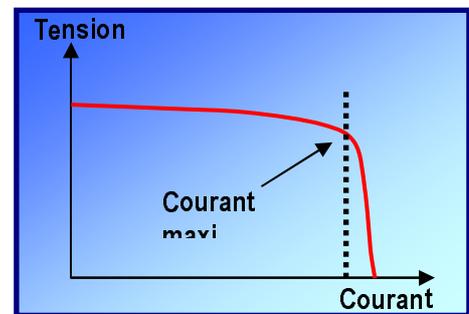


Fig 4 : caractéristique courant – tension d'une pile

5.2.2. PILES OU BATTERIES ?

A bord des ballons, les batteries sont à proscrire car on recherche généralement à minimiser la masse de la nacelle. En effet, les batteries possèdent un rapport capacité / masse plus faible que les piles. De plus, quelle que soit leur technologie (CdNi, NIMH, Li-Ion), les batteries voient leur capacité chuter dramatiquement aux faibles températures. On utilisera donc uniquement des piles.

Pour les fusées, ce choix est plus discutable car les capacités nécessaires sont souvent faibles en raison des durées de vol. L'équipe de projet peut trouver intéressant de pouvoir charger et décharger un ensemble d'alimentation sans avoir à le démonter. Cependant, il ne faut jamais prendre de vu qu'il faut alors contrôler la charge / décharge des accumulateurs, opération complexe et délicate. L'utilisation d'un pack de piles neuve est toujours plus sûre...

5.2.3. QUELLE TECHNOLOGIE ?

Les **piles Lithium** sont aujourd'hui, à capacité égale, les plus petites et les plus légères (et aussi les plus chères !). Cependant, elles ne peuvent être utilisées car le Lithium est très dangereux pour l'environnement³ (à moins d'être certain de le récupérer). On préférera des **piles alcalines de bonne qualité**.

³ 1 pile lithium de montre contamine 400m3 d'eau

Pour les batteries le couple li-ion est le plus performant mais la recharge de ces éléments est très délicate et peut provoquer l'explosion de l'élément. D'ailleurs il est très difficile de trouver des batteries Li-Ion aux formats usuels. Les éléments NIMH par contre sont sans dangers et possèdent des capacités massique et volumique meilleures que le classique CdNi. Il est toutefois nécessaire de les charger avec un appareil spécifique (disponible chez les modélistes).

La plupart des fabricants donnent accès aux capacités de leurs piles ou batteries mais attention, ces valeurs ne sont qu'indicatives car les éléments sont mesurés dans des conditions particulières de courant et de température qui ne correspondent pas forcément aux critères du projet. En conséquence, il est vivement conseillé d'essayer ces éléments dans les conditions de fonctionnement envisagées. Une méthode simple consiste à faire débiter la pile choisie, à la température minimum, dans une résistance qui absorbe le même courant que l'ensemble « Kiwi + électronique ». En mesurant régulièrement la valeur de la tension aux bornes de la pile, on détermine la durée réelle de décharge de celle-ci.

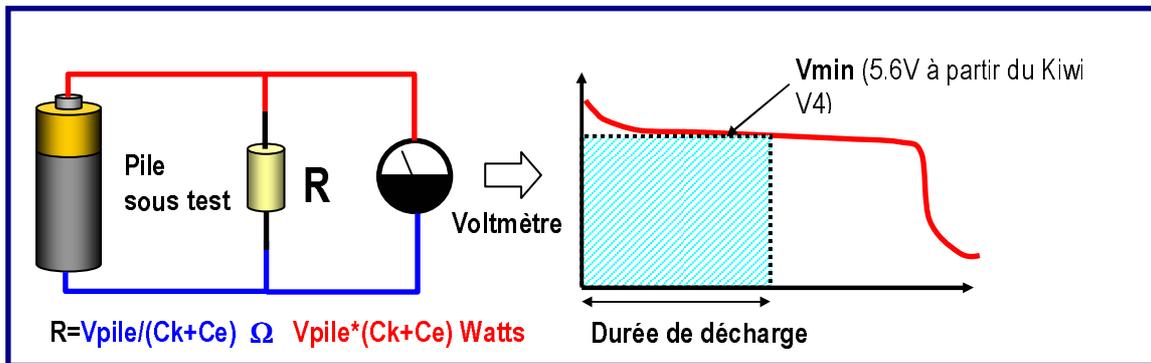


Fig 5 : Test simple pour « bien connaître » une pile

5.2.4. EXEMPLE DE DEMARCHE DE DIMENSIONNEMENT

4.2.6.1 Hypothèses

Vecteur	Ballon stratosphérique
Temps de préparation (Tp)	0h30
Temps de vol (Tv)	3h30
Consommation Kiwi (Ck)	190 mA
Consommation Expériences (Ce)	60 mA
Température minimale	-20°C (on prévoit une bonne isolation thermique)
Capacité nécessaire	1 A.h
Courant maximum	0.25 A

5.2.4.1. Calcul de la capacité de la source d'énergie

A partir des données précédentes on peut estimer qu'elle doit être la capacité des piles utilisées par la formule suivante :

$$C \text{ (en A.h)} = (C_k + C_e) \text{ en Ampères} \times (T_p + T_v) \text{ en heures}$$

5.2.4.2. Choix des piles

Compte tenu des hypothèses précédentes notre choix se porte, a priori, sur une association série de piles DURACELL Plus 4.5V MN1203.

5.2.4.3. Essai des piles

Les fabricants de piles indiquent souvent des capacités à température ambiante. A froid, ces capacités sont souvent beaucoup moins importantes et il est nécessaire de faire des essais de décharge pour en vérifier les performances. Pour vous éviter de réaliser ces tests systématiquement, des essais ont été réalisés au CNES en déchargeant des piles DURACEL de 4.5V (réf : MN1203/15038305) à température ambiante (20°C), à 0°C et à la température minimale d'utilisation des piles (-20°C). Pour chaque couple de température et de courant, on obtient le temps de fonctionnement possible d'un KIWI utilisant deux de ces piles en série. Attention, ces résultats ne sont valables que pour les piles testées, des différences importantes peuvent être constatées avec d'autres produits.

	Courant consommé	
Température	Kiwi seul (185 mA)	Kiwi + expérience consommant 100mA (285mA)
20°C	25 h	12h30
0°C	13h	5h30
-20°C	4h	2h30

Fig 6 : Temps d'utilisation de 2 piles séries pour alimenter un émetteur KIWI en fonction de la consommation et de la température

Les résultats sont éloquentes :

Notre expérience consommant 250mA, il est impossible d'assurer son fonctionnement avec 2 piles en série pendant 4h00 à -20°C...

5.2.4.4. Dimensionnement

En fait, les performances des piles alcalines sont correctes jusqu'à 0°C et décroissent très fortement en deçà. Pour répondre à notre cahier des charges, on prendra donc les précautions suivantes :

- **Utilisation d'au moins 2 piles Alcalines DURACELL Plus 4.5V MN1203 en série**

Mais attention, lorsqu'on alimente le Kiwi au-delà de sa tension minimale d'utilisation (6V), le régulateur interne de celui-ci dissipe, sous forme de chaleur, l'énergie supplémentaire apportée. Cet échauffement est directement proportionnel à la tension d'alimentation et au courant consommé par les éventuels capteurs alimentés par le Kiwi. Un échauffement trop

important peut entraîner un dysfonctionnement de l'émetteur si celui-ci est trop confiné. Ainsi, si le Kiwi est alimenté avec une tension trop importante (3 piles en série typiquement) et que les capteurs consomment près de 100 mA, il est impératif de modérer sa protection thermique et d'assurer une bonne ventilation de celui-ci

► **Protection thermique des piles efficace** pour éviter des températures basses. Une bonne protection des piles avec 3cm de polystyrène en veillant à limiter les fuites thermiques est une solution possible.

Pour augmenter la durée d'utilisation de l'émetteur, il est également possible d'associer les piles en parallèle. Dans ce cas il est impératif d'introduire des diodes comme le montre la figure suivante. Les diodes provoquent une chute de tension, typiquement d'un volt, dont il faut tenir compte.

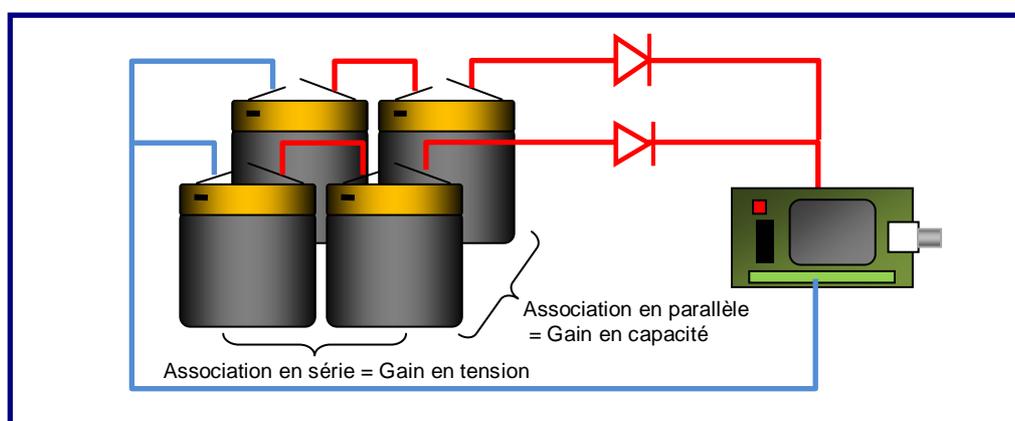


Fig 7 : Association de piles en parallèle pour augmenter l'autonomie (attention à la chute de tension créée par les diodes)

5.3. LES ENTREES DE MESURE

5.3.1. LE CABLAGE

Les entrées de mesure sont disponibles sur le *bornier de mesure* et le *connecteur d'interface et de programmation*. Il est vivement conseillé d'utiliser les bornes (+5v et GND) associées aux voies de mesure pour alimenter les capteurs car cela présente de nombreux avantages :

- On économise un régulateur (il n'y a pas de petites économies...).
- Aucun risque de dépasser la valeur maximum de tension sur les voies de mesure.
- L'alimentation des capteurs est réalisée en même temps que celle du Kiwi ce qui évite d'appliquer accidentellement des tensions sur les entrées de celui-ci lorsqu'il n'est pas alimenté (risque de destruction de l'émetteur).
- On limite les problèmes de parasitage des mesures en évitant les boucles de masse (§4.3.2).
- On dispose d'une même référence de tension pour tous les capteurs

Remarques importantes sur le câblage

Généralement, l'animateur qui met en œuvre l'émetteur KIWI ne connaît pas le montage dans le détail. Il est donc fortement conseillé, pour éviter des heures de debuggage fastidieuses en cas de dysfonctionnement de dernière minute, de lui faciliter la tâche...

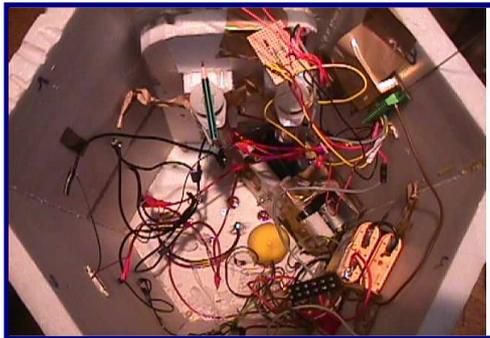


Fig 8 : Câblage « choucroute » difficile à debugger

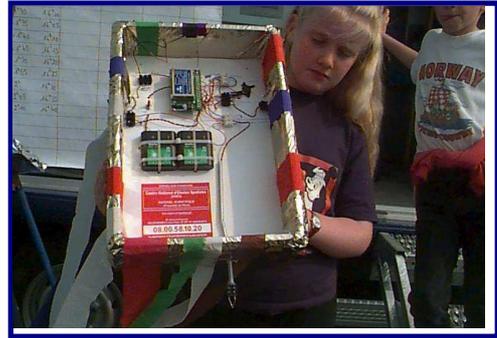


Fig 9 : Câblage « soigneux » facile à debugger

Règle n°1 : Bien repérer les fils en choisissant la norme de couleur ci-contre :

Règle n°2 : Ne jamais utiliser de fil monobrin fragile donc peu fiable

Règle n°3 : Ne pas utiliser des fils de plus de 30cm

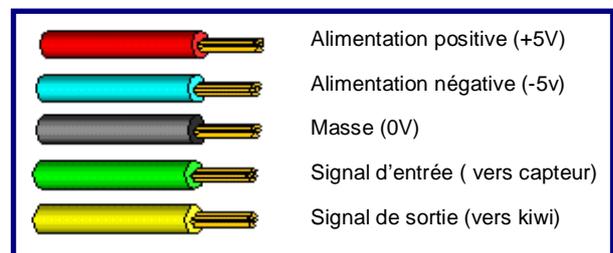


Fig 10 : Respecter un code des couleurs...

L'émetteur KIWI, rayonne par nature. La longueur d'onde du signal émis est d'environ 2m. Il faut donc proscrire les fils trop longs (>30cm) qui risquent de réinjecter dans l'électronique de mesure des signaux parasites indésirables.

5.3.2. CHOIX DES MONTAGES, COMPOSANTS ET CAPTEURS...

En électronique, il y a souvent mille façons de réaliser un montage. Il ne faut pas oublier que le montage que vous allez mettre au point sera soumis au rayonnement électromagnétique du Kiwi. Fonctionnera-t'il dans ces conditions ? Pas évident...

Les problèmes de *compatibilité électromagnétique* (CEM) sont souvent oubliés lors de la conception des expériences. Ils sont pourtant responsables de la majorité des échecs rencontrés car ils sont décelés juste avant le lâcher lorsque l'on met en place l'émetteur KIWI.

Régler ce genre de problème est quelque fois impossible quelques heures avant le lancement. Pour éviter ces situations décourageantes voici **quelques règles simples** :

▶ **Limiter** le nombre de composants. Un montage **simple** est un montage **fiable**. Plus il y a de composants dans un montage plus il y a de risques de pannes, d'interférences ou de dérives.

▶ A chaque fois que cela est possible, utiliser un montage en pont résistif simple. La non-linéarité de ce type de montage n'est pas un obstacle si on étalonne bien le capteur.

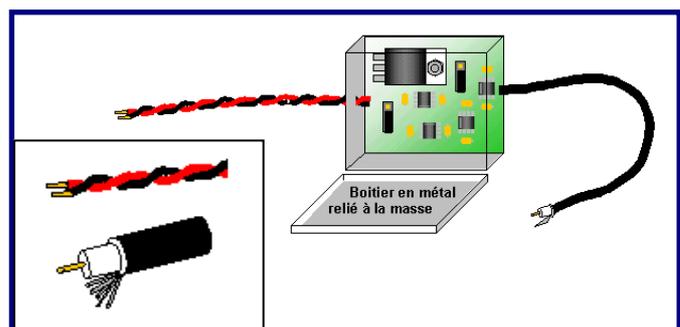


Fig 11 : Se protéger contre les perturbations électromagnétiques

- ▶ Utiliser des câbles de liaison blindés ou torsader les fils.
- ▶ Découpler au maximum toutes les alimentations des modules et leurs circuits intégrés avec des condensateurs.
- ▶ Les montages à base d'amplificateurs opérationnels sont à proscrire sauf si on blinde suffisamment le circuit.

Suite aux nombreux problèmes de compatibilité électromagnétique rencontrés avec l'émetteur Kiwi, la dernière version logicielle propose un mode de fonctionnement supplémentaire. Ce mode dit « pulsé » permet de ne pas émettre durant l'acquisition des mesures. Les capteurs sont ainsi moins perturbés. Pour connaître les périodes d'acquisition et d'émission, on peut utiliser l'information présente en sortie S2 sur le connecteur d'interface et de programmation.

⚠ Attention, la sortie S2 ne peut être utilisée pour alimenter directement les capteurs

L'accès à ce mode est possible en reliant les broches S1 et 5V du connecteur d'interface et de programmation.

5.4. L'ANTENNE

Le Kiwi dispose de deux sorties d'antenne. Il est toutefois conseillé d'utiliser l'antenne fouet fournie avec l'émetteur (pour les débutants). Dans ce cas, il est judicieux d'en protéger l'extrémité avec un bouchon pour éviter les accidents (ça pique !). La soudure doit être réalisée avec soin car une soudure mal faite sur une antenne n'est souvent décelable qu'après le lancement...

Voici quelques conseils pour la mise en place de l'antenne du Kiwi :

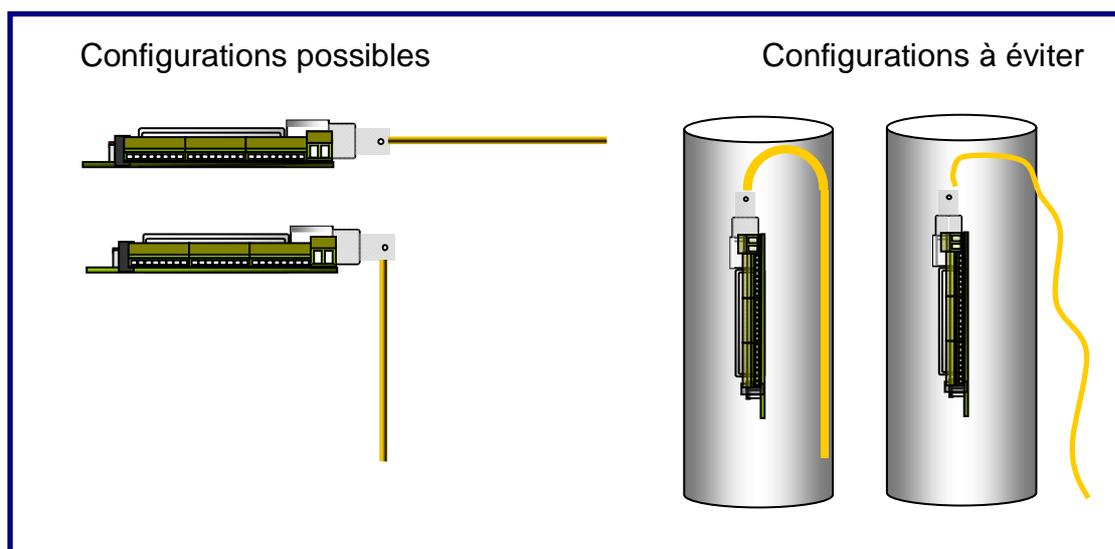


Fig 12 : Positionnement de l'antenne fouet du Kiwi

Pour les plus téméraires ou par nécessité d'intégration, il est également possible de fabriquer une antenne spécifique. Pour les ballons et les fusées une antenne omnidirectionnelle s'impose. Celle-

ci doit impérativement être accordée sur 50 Ohms pour transmettre un maximum de puissance et éviter l'échauffement de l'étage de sortie de l'émetteur.

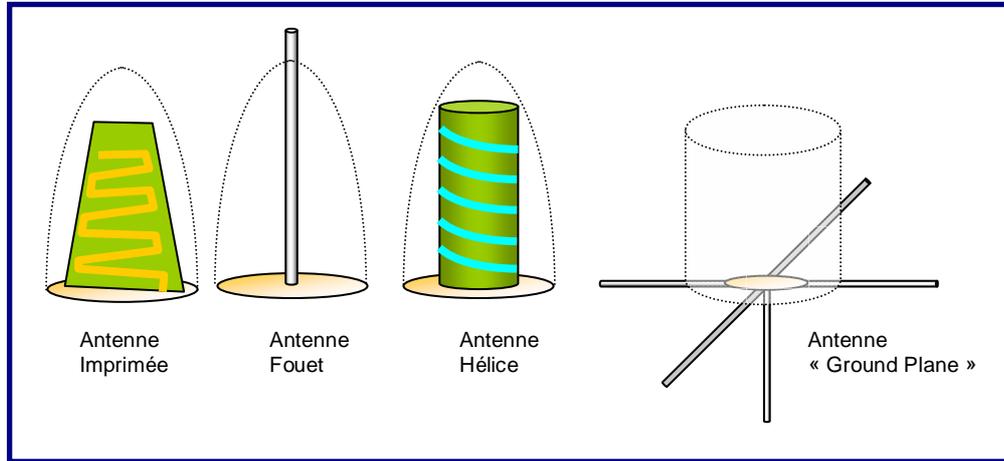
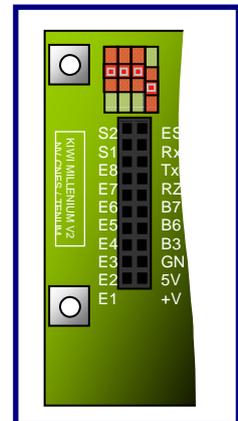


Fig 13 : Différents types d'antenne pour fusées et ballons

5.5. LE CONNECTEUR D'INTERFACE ET DE PROGRAMMATION

Ce connecteur HE14-20 points est utilisé essentiellement dans les projets fusées où l'on souhaite interfacier le Kiwi avec l'électronique de mesure et d'alimentation avec un câble unique. Il regroupe :

- ▶ L'entrée alimentation (+V)
- ▶ La sortie alimentation régulée (5V)
- ▶ La masse (GN)
- ▶ Les entrées analogiques E1 à E8 déjà disponibles sur les borniers
- ▶ L'entrée de modulation Externe (ES)
- ▶ Les entrées/sorties nécessaires à la programmation (B3,B6,B7 et RZ)
- ▶ Des entrées / sorties numériques (S1,S2,TxD,RxD) utilisables par le programmeur (dans le cas où l'on décide de reprogrammer le Kiwi (voir §5). En particulier la sortie TxD et l'entrée RxD peuvent permettre de connecter un GPS directement au Kiwi.



Remarques importantes sur le câblage

Le connecteur choisi permet d'amener les fils de câblages sur des barrettes coudées doubles au **pas de 2.54mm**. Les fils doivent être soudés avec soin et protégés individuellement par un morceau de gaine thermorétractable. Avant le vol, il est conseillé de déposer une goutte de colle avec un pistolet à colle afin de bien fixer la barrette sur le connecteur du Kiwi.

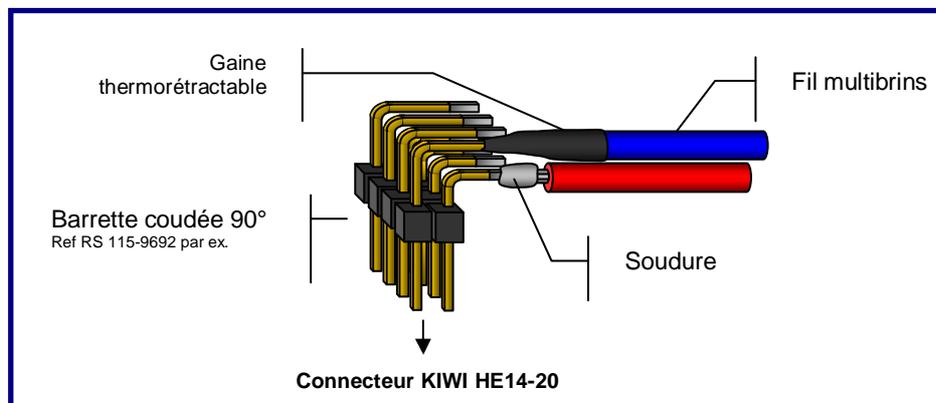


Fig 14 : Câblage du connecteur d'interface et de programmation

5.6. INTERRUPTEURS DE CONFIGURATION

Le Kiwi dispose de 4 interrupteurs de programmation qui permettent de modifier la fréquence d'émission (FREQ), la source de modulation (MOD) le nombre et la fréquence des trames numériques. Dans le cas où l'utilisateur déciderait d'implanter son propre programme, il est possible d'utiliser ces « switches » à d'autres fins.

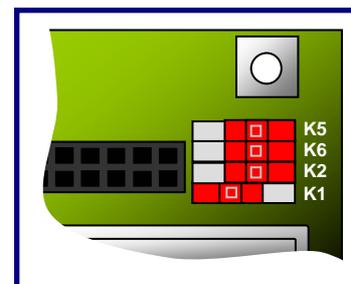
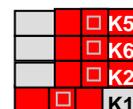


FIG 15 : Emplacement des inters

Trames non répétées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trames répétées 3 fois
Trames en continu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trames toutes les 2 secondes
Fréquence 138.500 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fréquence 137.950 MHz
Modulation interne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modulation externe
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	

Par défaut, la configuration choisie est (à partir de la version 4 du Kiwi):

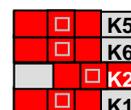
- ▶ Trames toutes les 2 secondes répétées 3 fois
- ▶ Fréquence 137.950 MHz
- ▶ Modulation interne



La répétition des trames est particulièrement utilisée pour les ballons car la qualité de la transmission peut être dégradée par la distance importante entre le ballon et la station de réception. En répétant l'envoi de mesures trois fois, on augmente ainsi les chances de bien recevoir au moins une trame.

Par contre à bord des fusées on cherche souvent à transmettre les paramètres plus souvent car les mesures varient rapidement. Dans ce cas, il est conseillé de ne pas répéter les trames et de les transmettre en continu. On choisit plutôt :

- ▶ Trame en continue non répétées
- ▶ Fréquence 137.950 MHz
- ▶ Modulation interne



Dans le cas d'une transmission des trames en continu le débit de données est toujours de 600

bauds mais il n'y a ni répétition des trames, ni temps mort significatif entre les trames (voir annexe 3).

Attention, l'extinction de porteuse n'est possible qu'en mode « émission toutes 2 secondes » (voir § 5.3.1).

5.7. MODULATION EXTERNE

L'émetteur Kiwi permet de transmettre des trames numériques avec un débit de 600 bauds. Certaines expériences en particulier à bord des fusées expérimentales nécessitent des débits plus élevés. Il est donc possible de réaliser un modulateur externe pour exploiter plus largement la bande passante de l'émetteur. Il est toutefois vivement recommandé d'utiliser des modulations compatibles avec les standards proposées par Planète Sciences (modulation analogique IRIG 4 voies ou modulation numérique FSK). Dans les deux cas on présente sur l'entrée ES un signal composite qui module la fréquence de l'oscillateur du KIWI. On parle de **modulation de fréquence**.

L'amplitude crête à crête V_{cac} du signal modulant est un paramètre important en FM car il détermine l'excursion ΔF de la fréquence de l'oscillateur HF (à 137.950 MHz). Le spectre de fréquence du signal transmis, c'est à dire la plage de fréquence qu'il occupe dépend de façon importante à la fois de cette variation ΔF mais aussi de la fréquence modulante maximum F_m . Cette plage B est appelée bande de Carson : $B=2(\Delta F+F_m)$

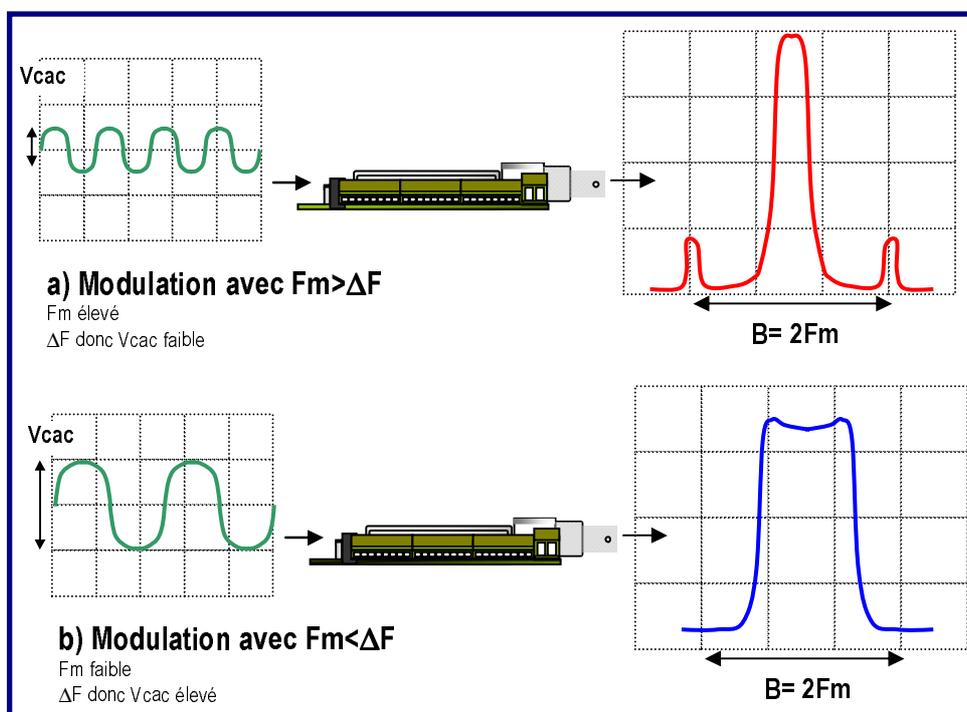


Fig 16 : Largeur du spectre pour différents signaux de modulation externe

On remarque donc que la bande de fréquence occupée, qui contient l'ensemble des informations à transmettre est d'autant plus importante :

- ▶ que la fréquence du signal modulant F_m est élevée
- ▶ que l'excursion en fréquence est grande (donc que l'amplitude du signal modulant est grande)

Or, plus on augmente la bande de fréquence occupée par notre information, plus on aura du mal à la recevoir au sol. C'est l'éternel compromis des concepteurs de système de télémesure entre débit de données et portée radioélectrique. C'est pour cette raison que les sondes spatiales lointaines (Voyager, Galileo...) transmettent leurs données avec des débits souvent très faibles.

Pour optimiser la liaison entre émetteur et récepteur, il est nécessaire de choisir une amplitude de modulation qui utilise au mieux la bande du récepteur. Le tableau suivant donne l'**amplitude crête à crête** (V_{cac}) du signal modulant conseillée pour différents débits de données :

Fréquence modulante F_m	Qualité de réception						
	Largeur de bande du récepteur ~ B						
	3Khz	6kHz	12kHz (NFM)	15kHz	30kHz	110kHz	220kHz (WFM)
1 kHz	0.1v	0.2v	0.4v	0.5v	1v	2v	5v
2 kHz		0.1v	0.2v	0.3v	1v	5v	5v
5 kHz					0.4v	5v	5v
10 kHz							5v
15 kHz							5v

Exemple 1: Sur une fusée, on souhaite réaliser un modulateur externe au standard SNR 4800 bauds. La fréquence haute de cette modulation est **15 KHz**. Dans ce cas on injecte un niveau de modulation de **5 V_{cac}**. On se trouve dans ce cas avec une fréquence $F_m > \Delta F$ (fig. 14a). Cette configuration, dite à faible indice de modulation⁴, n'est pas favorable à une bonne restitution du signal au sol.

Exemple 2: Sur un ballon, on souhaite utiliser la modulation FM qui offre la meilleure qualité de réception. On choisit donc de régler la largeur de bande du récepteur à **3 kHz**. Avec une amplitude V_{cac} de 0.1V on s'autorise une **fréquence modulante maxi de 1 kHz**. On choisit donc une modulation (analogique ou numérique) répondant à cette contrainte.

Dans tous les cas, il est bon de prévoir un réglage du niveau injecté (V_{cac}) vers le Kiwi afin de l'adapter correctement à la chaîne de réception

Les paragraphes précédents permettent de bien utiliser le Kiwi dans sa configuration de base. Les utilisateurs expérimentés peuvent toutefois imaginer d'autres applications qui nécessitent d'implanter un logiciel différent au sein de l'émetteur. Cette opération doit être menée avec soin et représente un travail important qu'il est bon de prendre en compte dans l'organisation du projet. La deuxième partie de ce document qui décrit les modalités de programmation est donc réservée aux utilisateurs avertis...

⁴ L'indice de modulation est le rapport $\Delta F/F_m$

6. LE KIWI, COMMENT ÇA MARCHE ? (VERSION DE BASE)

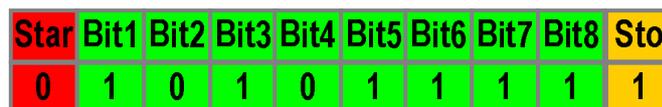
Les 8 entrées, d'une dynamique de 5V, attaquent le multiplexeur analogique 8 vers 1 (CD4051) U1 qui sélectionne une des entrées. Le microcontrôleur PIC 16F873 de Microchip réalise la conversion analogique numérique sur 8 bits du signal sélectionné (via RA0) et forme une **trame numérique** cadencée par une horloge à 2.4576 MHz. La trame numérique constituée, le microcontrôleur génère les signaux FSK correspondants sur 4 bits que le réseau R-2R (CNA) met en forme pour moduler l'oscillateur haute fréquence. Cet oscillateur est asservi par une boucle à verrouillage de phase (PLL) qui lui confère une bonne stabilité. Un amplificateur HF fournit la puissance nécessaire. Dans le cas où l'on utilise un amplificateur externe, celui-ci module directement l'oscillateur haute fréquence. Il faut bien adapter le niveau du signal modulant à l'excursion de fréquence souhaitée (voir § 5.7). Le standard de télémétrie KIWI est proche du standard SNR développé par Planète Sciences pour les besoins des fusées expérimentales.

► La **trame numérique** « KIWI » est constituée de 11 octets répartis de la façon suivante :



- **FF** est l'octet de synchronisation, il permet de repérer le début de la trame numérique.
- **V1...V8** sont les valeurs des voies 1 à 8 codées sur 8 bits. La valeur 255 n'est jamais atteinte (pour éviter l'obtention d'un FF)
- **Alim** est un octet qui représente le tiers de la tension d'alimentation appliquée à l'émetteur. Il permet de surveiller l'état des piles ou des batteries pendant le vol.
- **Chk** est une addition sur 8 bits des voies 1 à 8 et de la voie Alim suivi d'une division entière par 2 (pour éviter l'obtention d'un FF). Cette checksum bord, comparée à la même opération effectuée au sol permet de valider ou non la trame reçue.

► Pour être transmis ces octets sont accompagnés de bits de contrôle à savoir :



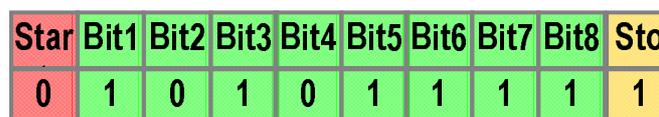
← Exemple transmission d'un octet AF (en

► La vitesse de transmission est de **600 bauds** (bits/s)

► Le codage FSK (décalage en fréquence) associé à chaque bit un signal de fréquence déterminé.

- A un "zéro logique" correspond la fréquence de **900 Hz**
- A un "un logique" correspond la fréquence de **1500 Hz**

Exemple de transmission d'un octet codé FSK



← Exemple transmission d'un octet AF codé

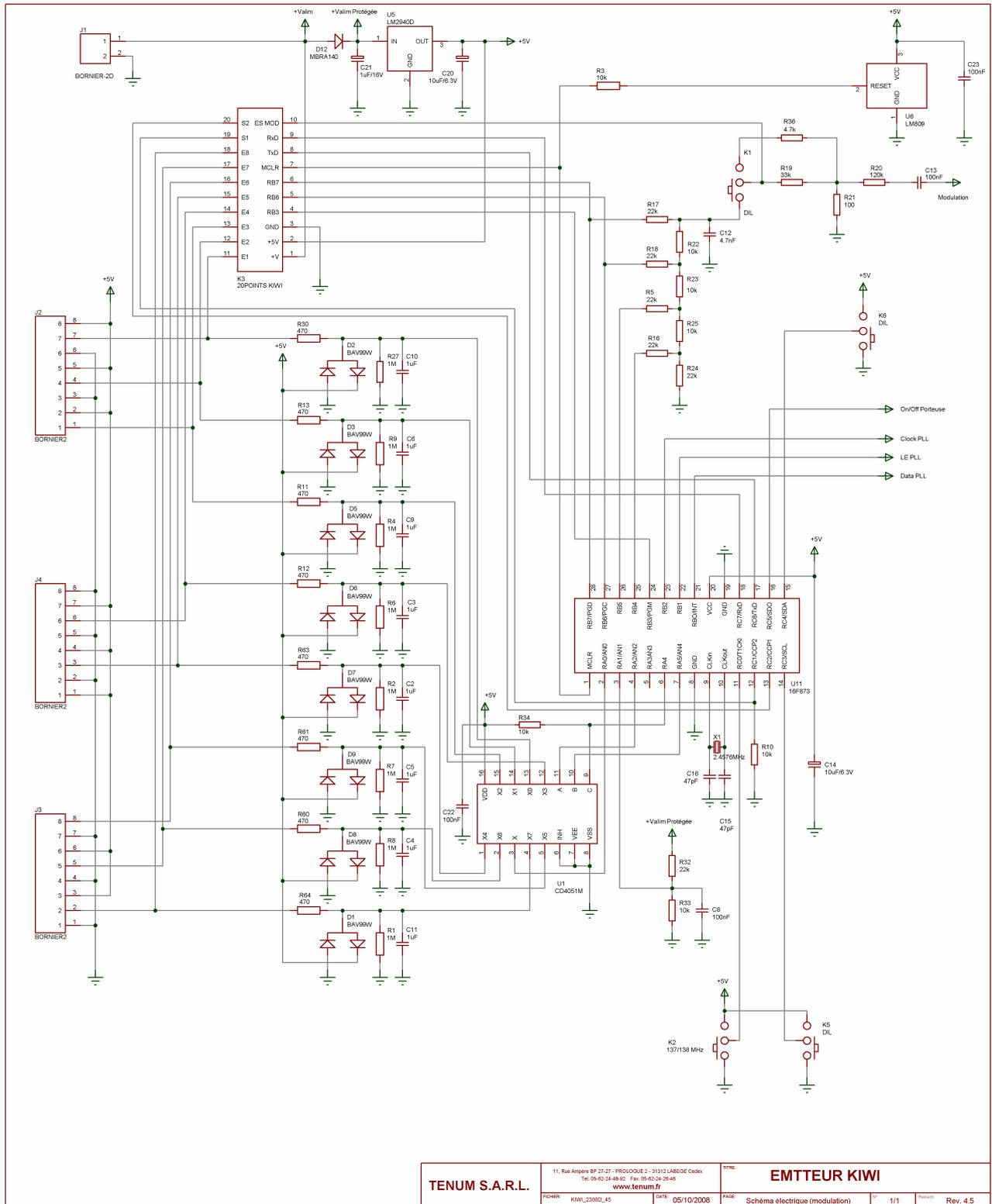


Fig 17 : Schéma électrique de la partie « modulation » du KIWI

Ce document est la propriété du CNES.

Les informations contenues dans celui-ci ne peuvent être communiquées, publiées ou reproduites sans l'accord préalable du CNES

NT-BL_Maj_30janvier 09

7. COMMENT PROGRAMMER LE KIWI ?

7.1. OUTIL DE PROGRAMMATION

La dernière version de l'émetteur Kiwi possède la particularité de pouvoir être reprogrammée. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de développer des programmes spécialement dédiés à leur projet (fusée ou ballon). Cependant l'implantation d'un nouveau logiciel dans le microcontrôleur de l'émetteur KIWI doit être réalisée avec le plus grand soin et nécessite de bonnes connaissances en programmation. Le microcontrôleur qui pilote l'ensemble des organes de l'émetteur est un PIC 16F873 de la société Microchip[™]. Ce composant a l'avantage de pouvoir être programmé in situ, c'est à dire par un simple câble d'adaptation entre le Kiwi et le programmeur. Le programmeur utilisé est l'ICD Microchip[™] (environ 140 euros). Pour les clubs ou les établissements scolaires les moins fortunés, il existe également de nombreux schémas de programmeurs disponibles sur Internet mais attention de ne pas détruire le Kiwi !



Fig 18 : L'ICD2 de Microchip

7.2. ECRITURE DU PROGRAMME - PROGRAMME PRINCIPAL

A la mise sous tension, le composant doit être initialisé tant au niveau de ses ports d'entrée-sorties qu'au niveau des registres internes qu'il utilise. Ensuite, le synthétiseur de fréquence doit être programmé. **Il est fortement conseillé d'utiliser la routine CNES / Tenum sous peine de gros problèmes** de mise au point. Cette routine utilise des variables qu'il faut définir en début de programme. Ensuite le programme principal boucle successivement sur l'acquisition des mesures, qu'il est possible de modifier et de reconstruire, et la mise en forme et l'envoi des trames.

7.2.1. INTIALISATION DU MICROCONTROLEUR

Avant de débiter l'écriture du programme il est nécessaire de bien définir l'affectation des broches d'entrées sorties du PIC implanté sur le Kiwi. Comme le montre la figure suivante certaines broches sont réservées et ne peuvent être utilisées que pour les fonctions qui leur sont assignées.

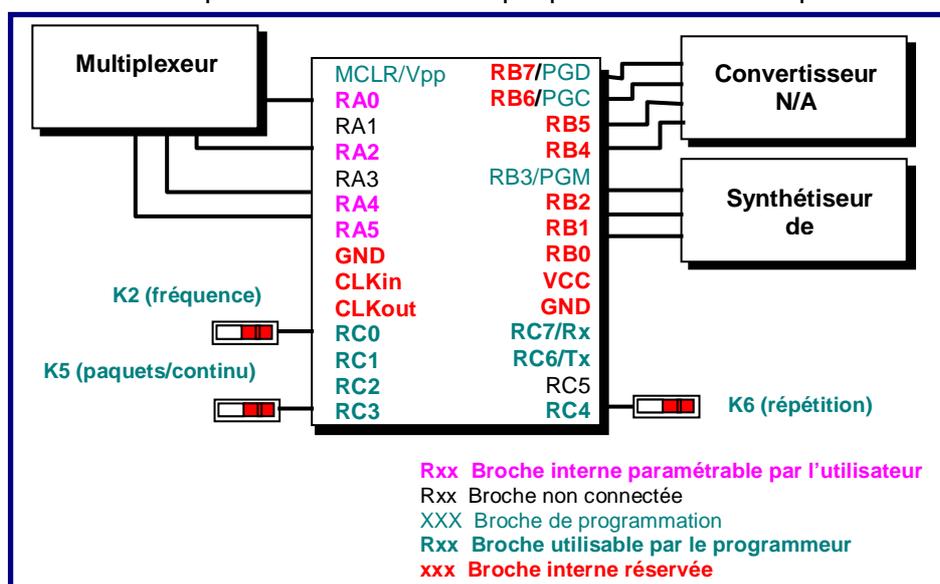


Fig 18 : Synoptique de l'émetteur Kiwi (or étage HF)

De base, les entrées directement utilisables (à travers le multiplexeur) sont les huit entrées analogiques disponibles sur les borniers d'accès. Cependant, en vue d'applications particulières (connexion d'un GPS, d'une carte numérique...) nous donnons également accès sur le connecteur multipoints à 5 broches du PIC paramétrables en entrée ou en sortie. Trois interrupteurs sont également disponibles pour pouvoir modifier les paramètres du programme.

Le tableau ci dessous liste les broches accessibles en indiquant leur utilisation possible.

Broches	Utilisation
RC0,RC3,RC4	Chacune de ces broches est connectée à un interrupteur sur la platine de l'émetteur. Elles peuvent être utilisées pour configurer le programme (modification du débit, nombre de trame, type de trame...)
RC1,RC2	Entrées-sorties numériques disponibles sur le connecteur E/S (utilisés pour le mode « sans porteuse »)
RC6,RC7	Entrées-sorties numériques ou UART interne du microcontrôleur (Connexion d'un GPS par ex.)
RA0	Entrée analogique (ou sortie) accessible à travers le multiplexeur 8 vers 1
RA2,RA4,RA5	Sorties pour configuration du multiplexeur
MCLR,RB6,RB7,RB3	Entrées-sorties de programmation (voir manuel ICD debugger microchip) www.microchip.com

Après avoir attribué une fonction aux broches d'entrée sortie, il faut écrire la procédure logicielle qui permet leur configuration. A titre d'exemple, la procédure init suivante est utilisée pour configurer les ports du microcontrôleur dans la configuration standard du Kiwi. Il est recommandé de mettre les broches non utilisées en sortie.

```

*****
;*
;* ROUTINE D'INITIALISATION
;*
*****

init
clrwdt ; Mise a zéro du chien de garde
bsf STATUS,5
bcf STATUS,6 ; Page 1
clrf OPTIO

movlw B'00000100' ; Justification à gauche
movwf ADCON1 ; RA0, RA1 et RA3 sont des entrées
analogiques
; RA2 et RA4 sont des entrées numériques

movlw B'001011' ; RA0,RA1 et RA3 sont des entrées
movwf TRISA ; RA2, RA4 sont des sorties
movlw B'00001000' ; RB0,RB1,RB2,RB4,RB5,RB6 et RB7 en
sortie
movwf TRISB ; RB3 en entrée
movlw B'11111011' ; RC0 ,RC1,RC3,RC4,RC5,RC6,RC7 en
entrée
; RC2 en sortie

movwf TRISC ;
clrf PORTC ;

```

7.2.2. ACQUISITION DES MESURES

Là, tout est possible et c'est à l'équipe de projet de définir et d'écrire son propre programme. Remarquons que de nombreuses broches sont utilisables en entrée et en sortie. Dans la configuration Kiwi de base seules les entrées analogiques sont lues mais il n'est pas interdit d'utiliser ces broches en sortie pour cadencer un montage externe ou envoyer une commande à une carte périphérique. Il ne faut pas oublier que le microcontrôleur PIC contient des timers, un UART et d'autres périphériques internes dont il est possible de tirer partie. La seule limite est ici l'imagination du concepteur...

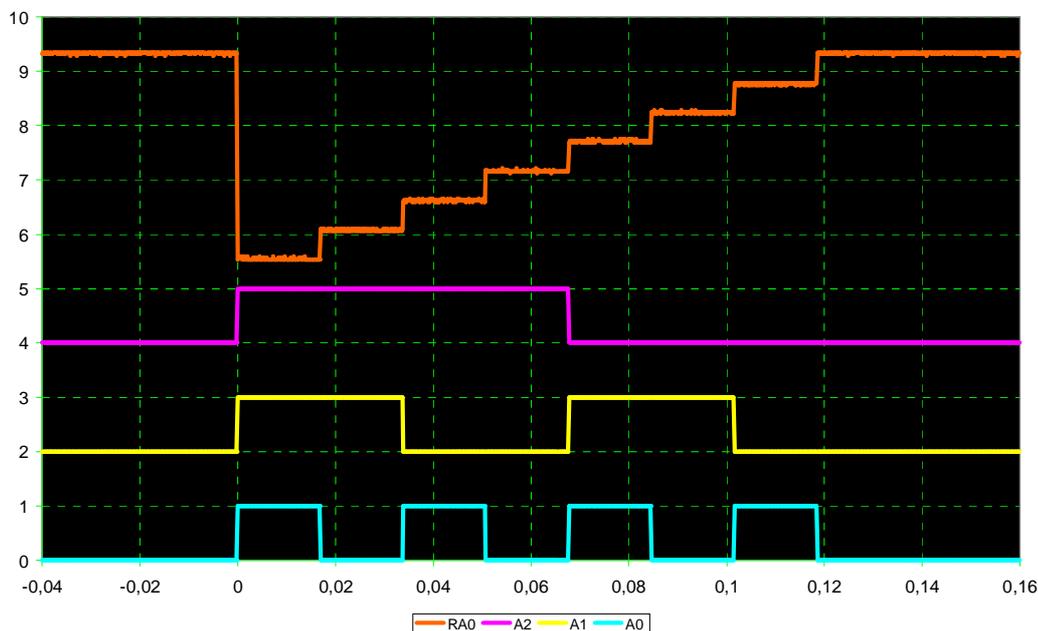


Fig 19 : Oscillogramme des lignes de commande du multiplexeur

L'oscilloscope ci-dessus montre le séquençage sur les sorties RA2, RA4 et RA5 qui permet le multiplexage des entrées de mesures analogiques vers l'entrée du convertisseur RA0. Les tensions présentées aux entrées de mesure sont équi-reparties sur la plage 0-5V.

7.2.3. LE MODULATEUR

Afin de diminuer les coûts de production de l'émetteur, d'optimiser sa masse et sa taille, le Kiwi utilise un modulateur FSK numérique. En effet, les deux fréquences codant respectivement un 0 ou un 1 de la trame sont générées par le programme lui-même. Pour cela, on utilise une table dont les valeurs codent une forme sinusoïdale sur 4 bits (de 0 à 16). Cette table est lue à une vitesse différente en fonction du bit à coder (0 ou 1) pour générer la forme sinusoïdale adéquate. La valeur lue est envoyée sur les sorties RB4, RB5, RB6 et RB7 qui attaquent un convertisseur numérique-analogique constitué uniquement de résistances et d'un condensateur de filtrage. Cette méthode astucieuse permet de limiter considérablement le coût de l'émetteur par l'utilisation de quelques résistances à la place d'un modulateur (type XR2206 par exemple). L'inconvénient est que le programmeur qui souhaite développer son propre programme doit utiliser cette même méthode de codage. La compréhension du code et sa modification (pour envoyer des trames différentes) nécessite, quelques explications complémentaires ...

Tout d'abord, on dispose en mémoire d'un certain nombre d'octets issus des mesures effectuées que l'on souhaite envoyer. La première étape vise donc à constituer une trame série contenant ces octets. Cette trame peut être destinée à un démodulateur synchrone ou asynchrone (type RS232). Dans ce dernier cas, le plus courant, il est nécessaire de rajouter aux octets transmis, un bit de start, de stop et éventuellement de parité. Il faut donc pour cela réserver une zone mémoire dans laquelle on va rajouter ces bits. Pour synchroniser la trame c'est à dire permettre au logiciel de réception d'extraire chaque octet correctement on a l'habitude d'ajouter en début (et éventuellement en fin) de trame un ou plusieurs octets fixes. Dans le programme de base du Kiwi cet octet est unique, il s'agit de FF (en hexa). L'avantage de mettre un seul octet de synchronisation est que l'on utilise au mieux le débit du canal, le nombre d'octet informatif étant important devant l'unique octet de synchro. Cependant on comprend aisément qu'il faut absolument éviter qu'un octet ne prenne la valeur de l'octet de synchro sous peine d'un beau mélange lors de l'extraction des informations dans la trame. Pour éviter cela, une petite routine empêche les données d'atteindre la valeur FF en limitant artificiellement leur valeur à FE.

Dans le cas d'une trame assez longue, il peut être intéressant d'utiliser plusieurs octets de synchro. Dans ce cas, on n'est pas obligé de « seuiller » les valeurs de mesure quand la probabilité de retrouver dans la trame la même succession d'octet de synchro est faible. Dans la pratique trois octets de synchro donnent de bons résultats.

Ce choix du nombre d'octet de synchronisation étant effectué, il faut maintenant réserver un espace mémoire pour construire les trames. Ensuite, un pointeur lit les valeurs dans cet espace et génère la forme d'onde adéquate.

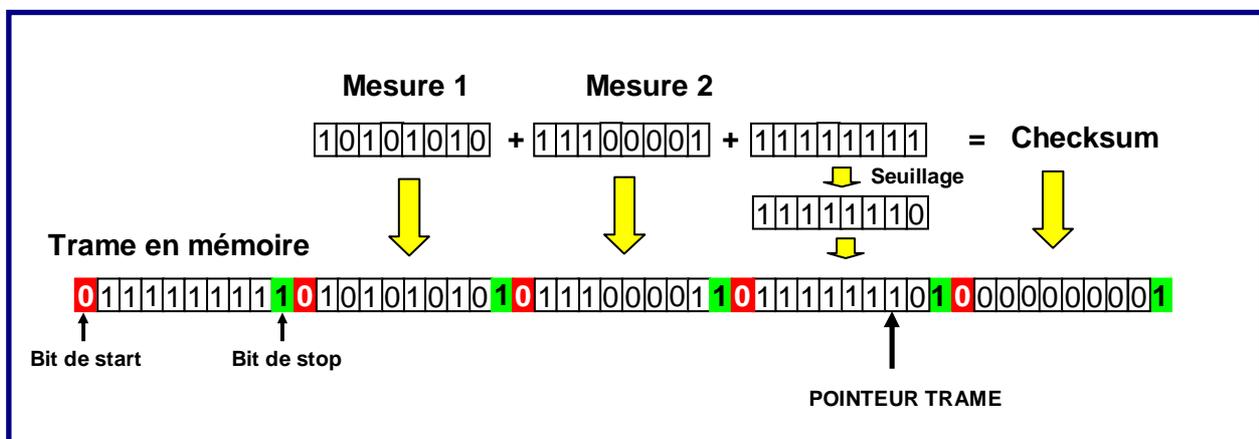


Fig 20 : Mécanisme de constitution des trames

Lorsque l'on utilise le microcontrôleur interne de l'émetteur Kiwi pour acquérir et transmettre des données de mesure, il est préférable de conserver un débit de données de 600 bauds. Cela signifie que chaque bit est représenté par une forme d'onde, en l'occurrence sinusoïdale, de fréquence 900 Hz (0) ou 1500 Hz (1)

Ainsi, sur la durée d'un bit ($1/600=1.66\text{ms}$), à un 0 doit correspondre 1 période $\frac{1}{2}$ d'un signal sinusoïdal à 900Hz et à un 1 doit correspondre 2 périodes $\frac{1}{2}$ d'un signal sinusoïdal à 1500Hz. Il faut donc déplacer un pointeur dans la table sinusoïdale plus ou moins vite en fonction du bit à coder. La table sinus contient 32 valeurs, pour la parcourir 1 fois $\frac{1}{2}$ (cas du 0) il faut donc que le pointeur s'incrémente toutes les $1.6\text{ms}/(32+16)=34.7\mu\text{s}$. De la même manière, pour la parcourir 2 fois $\frac{1}{2}$ (cas du 1) il faut que le pointeur s'incrémente toutes les 1.6ms

$(32+32+16)=20.8\mu\text{s}$ pendant 1.6ms. A chaque fois que le pointeur s'incrmente, la valeur de la table pointee est envoyee sur les sorties RB4 à RB7.

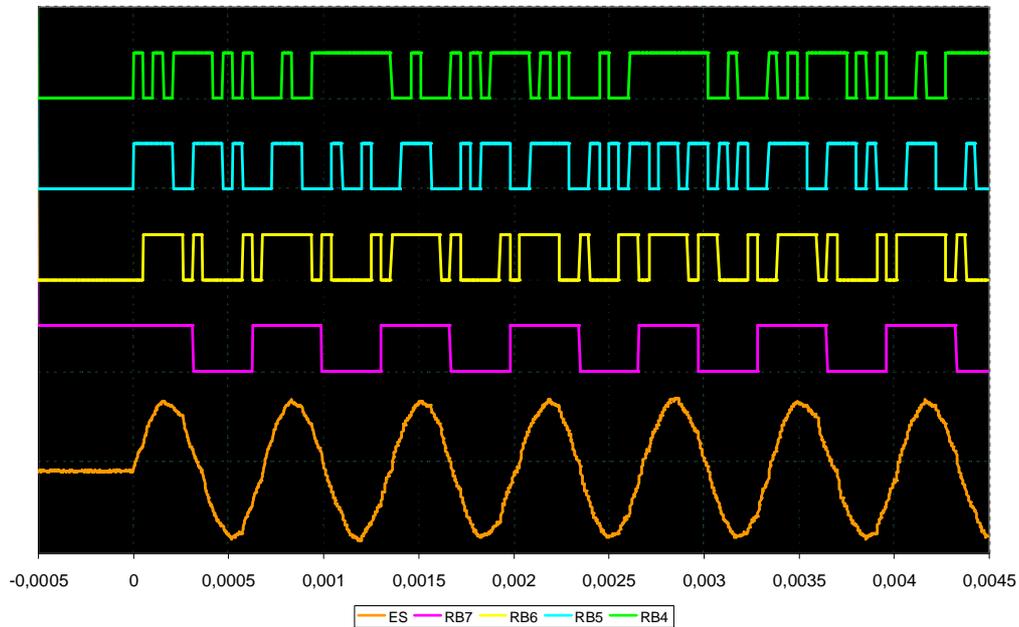
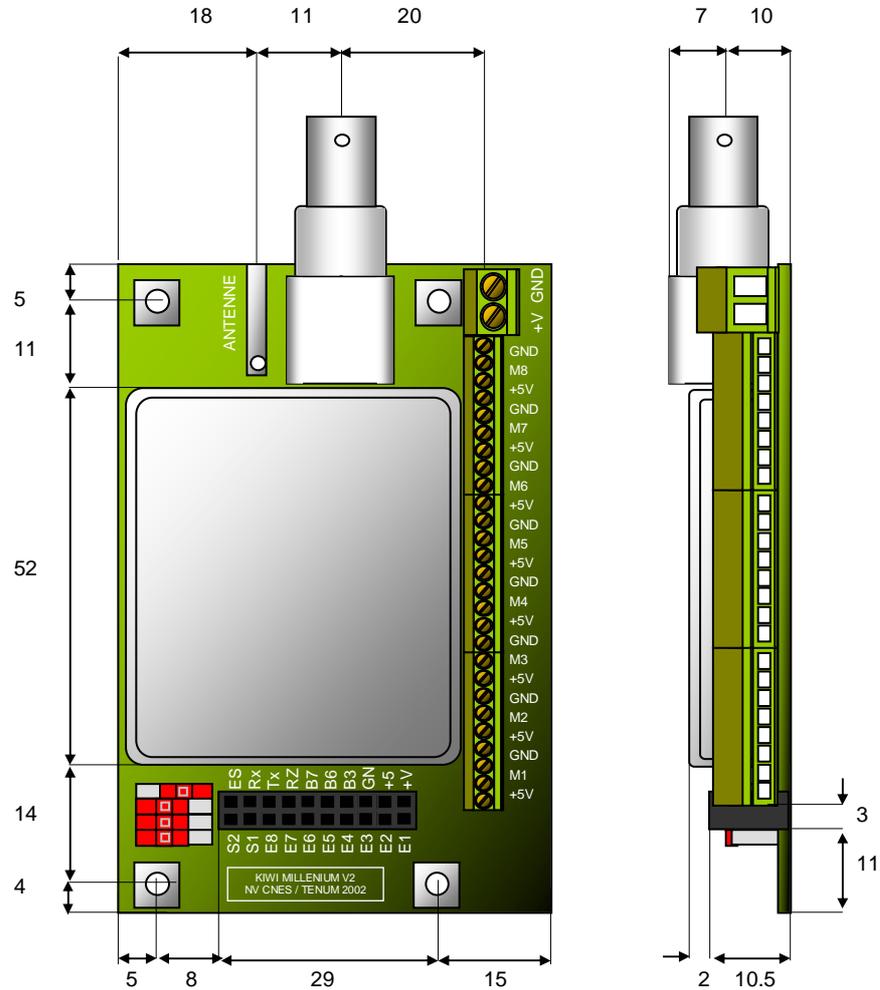


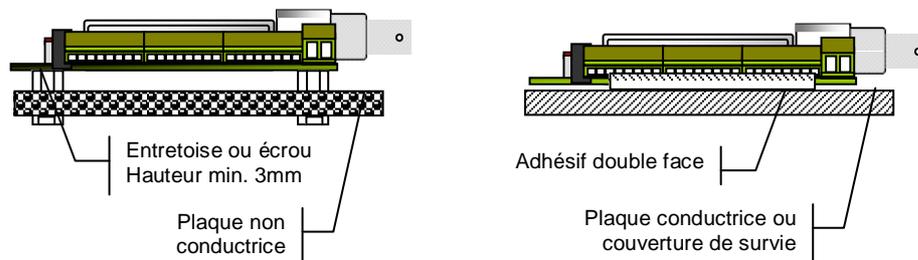
Fig 21 : Oscillogramme montrant les sorties numériques du modulateur et le signal FSK reconstitué via le réseau R-2R

🌀 Bonne programmation... 🌀

8. ANNEXE 1 : PLAN MECANIQUE DU KIWI



Conseils d'intégration



OUI

NON

9. ANNEXE 2 : NOTICE D'UTILISATION DU TESTEUR DE KIWII

Le testeur de Kiwi est un outil qui permet de diagnostiquer un émetteur avant son utilisation.

Utilisation du testeur

La touche **M** met en marche le testeur

La touche **A** arrête le testeur

La touche **▲** incrémente (menu ou valeur)

La touche **▼** décrémente (menu ou valeur)

La touche **Ok** valide le choix (menu ou valeur)

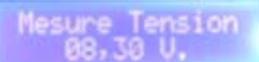


Fonctions du testeur

Fig 22 : Le testeur de Kiwi en pleine action...

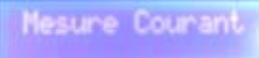
Mesurer la tension d'alimentation

Le testeur de Kiwi possède une pile interne qui alimente l'émetteur Kiwi sous test. Cette fonction permet de vérifier que la tension d'alimentation de celui-ci se situe bien dans la plage **7.5V-14V** lors du test. Si ce n'est pas le cas, changer les piles du testeur.



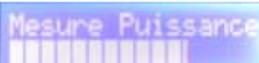
Mesurer le courant

Le courant consommé par le Kiwi renseigne sur sa santé. La valeur moyenne est **190 mA** mais peut varier autour de cette valeur notamment si le test se fait avec l'antenne livrée avec l'émetteur.



Mesurer la puissance

La mesure de la puissance d'émission permet de vérifier que l'émetteur rayonne bien la puissance qu'il consomme. La mesure n'est représentative que lorsque le Kiwi est en place sur le connecteur du testeur avec son antenne d'origine. Le « bargraph » doit indiquer une valeur **supérieure au deux tiers de la plage**. Dans le cas contraire, vérifier que l'antenne est correctement soudée.



Générateur

Le générateur émule des capteurs et permet de vérifier l'ensemble de la chaîne de transmission sans pour cela nécessiter une nacelle.



Dans le menu Générateur trois sous-menu sont disponibles :

Menu rampe



Ce menu permet d'injecter sur les 8 voies analogiques du Kiwi une tension augmentant régulièrement au cours du temps. Sur le logiciel de réception, on constate que toutes les courbes sont confondues montrant ainsi que la conversion analogique - numérique s'effectue de la même manière sur l'ensemble des voies.

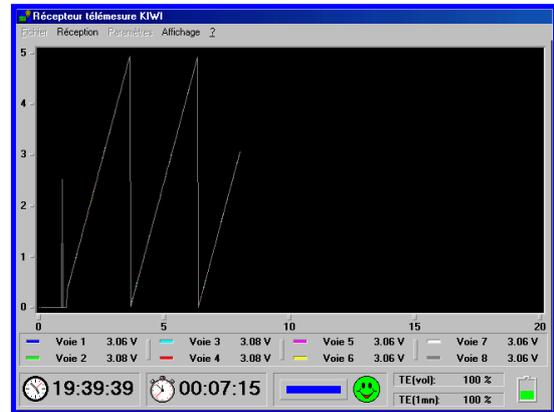
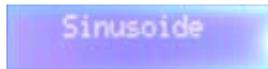


Fig 23 : Le générateur de rampe en action...

Menu sinusoïde



Le menu sinusoïde permet de vérifier le fonctionnement de l'ensemble des voies de l'émetteur Kiwi. Un signal périodique sinusoïdal est envoyé sur chaque voie avec un déphasage donné. Cette fonction permet de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des canaux de l'émetteur.

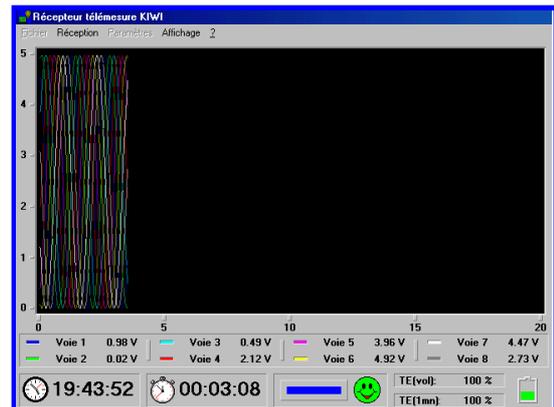


Fig 24 : Des sinusoïdes...

Menu Tension manuelle



Ce menu permet de d'injecter une tension définie par l'utilisateur sur une voie donnée. Les puristes peuvent ainsi mesurer précisément la fonction de transfert du convertisseur analogique - numérique de l'émetteur et quantifier la précision des mesures.

Pour utiliser ce mode, il faut d'abord sélectionner le numéro de la voie à caractériser (0 à 7)

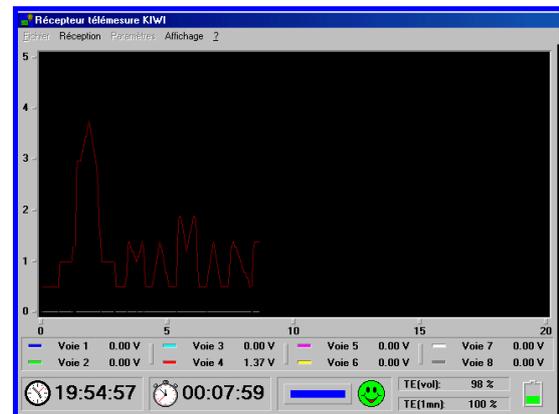


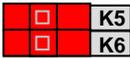
Fig 25 : Pour les nostalgiques du télécran...

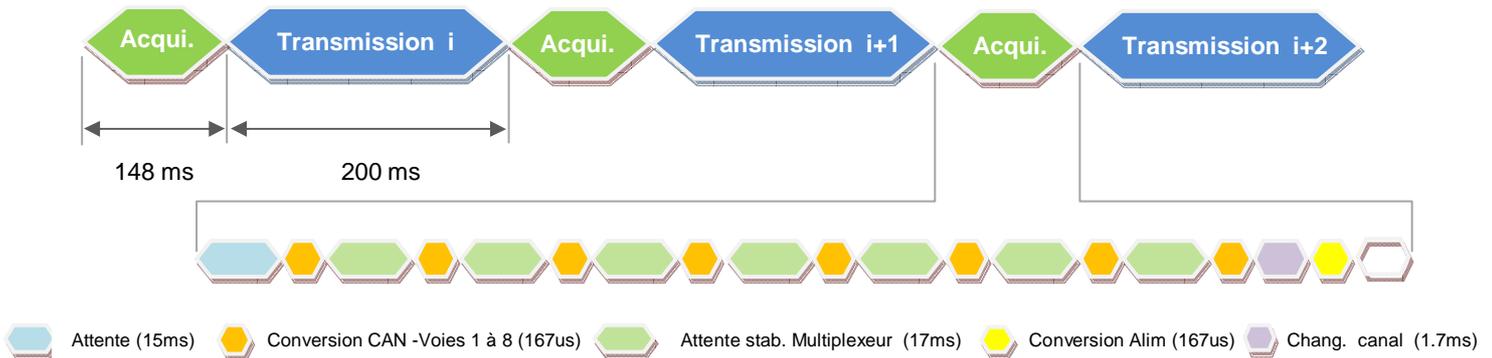
Puis, l'utilisateur peut incrémenter ou décrémenter la tension appliquée sur le canal choisi.



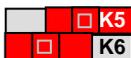
10. ANNEXE 3 : MODES DE FONCTIONNEMENT & CHRONOGRAMMES

Mode 1 : (fusée)

Trames non répétées Trames en continu  Trames répétées 3 fois
Trames toutes les 2 secondes



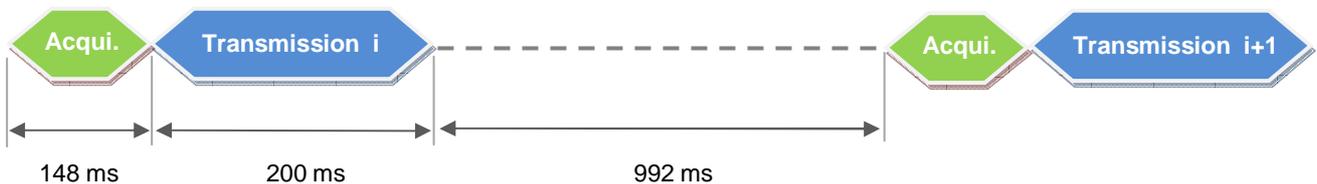
Mode 2 :

Trames non répétées Trames en continu  Trames répétées 3 fois
Trames toutes les 2 secondes

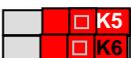


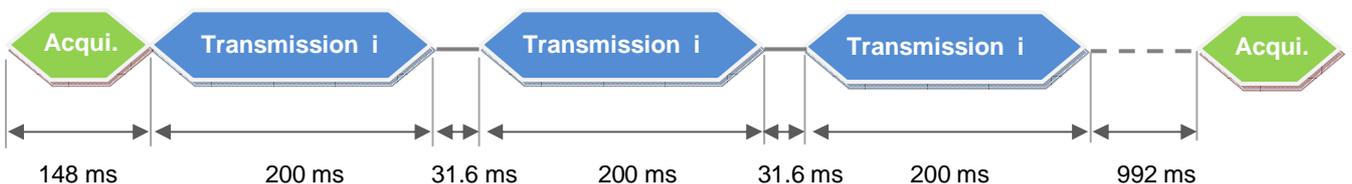
Mode 3 :

Trames non répétées Trames en continu  Trames répétées 3 fois
Trames toutes les 2 secondes



Mode 4 : (ballon)

Trames non répétées Trames en continu  Trames répétées 3 fois
Trames toutes les 2 secondes



Ce document est la propriété du CNES.

DIFFUSION

NOM	SIGLE/SOCIETE	NB	NOM	SIGLE/SOCIETE	NB
CLAIR Marie-Anne	BL/D		CHADOUTAUD Pierre	BL/OB	
LAM-TRONG Thien	BL/DA		JOUHANNET Nathalie	BL/OB	
RETIF Sylvie	BL/D		BATS Mélanie	BL/OB	
DOUCHIN Françoise	BL/D		BELOT Alice	BL/OB	
GEAY KAMINSKI Nathalie	BL/GS		BERGOS Pierre	BL/OB	
NAUCODI Réjane	BL/GS		CARDONNE Alain	BL/OB	
COCQUERET Philippe	BL/PR		CAZALET Mathieu	BL/OB	
MONGIS Jacques	BL/PR		DUGARRY Jean-Marc	BL/OB	
VARGAS André	BL/PR		DUPOUY Gilles	BL/OB	
ESCARNOT Jean-Pierre	BL/NB	1	GARY Jacqueline	BL/OB	
BEZ Pascale	BL/NB	1	GELOT Philippe	BL/OB	
BRAY Nicolas	BL/NB		GUILBOT Bernard	BL/OB	
BRES Robert	BL/NB		LACOURTY Michel	BL/OB	
EVARD Jean	BL/NB		LAMARQUE Christian	BL/OB	
GAUSSERES Serge	BL/NB		LOPEZ Jean-Marc	BL/OB	
LEFEVRE Jean-Paul	BL/NB		LUZE Patrick	BL/OB	
LE METAYER Pierre	BL/NB		TOURRAILLE Jean-Michel	BL/OB	
MIRC Frédérik	BL/NB		CHARBONNIER Jean-Marc	BL/VP	
NICOT Jean-Marc	BL/NB		LE DINH Loan	BL/VP	
RAGAZZO Patrick	BL/NB		DERAMECOURT Arnaud	BL/VP	
TAPIE Pierre	BL/NB		FACON Ghislaine	BL/VP	
VALVIDIA Jean-Noël	BL/NB		HUENS Thomas	BL/VP	
VERDIER Nicolas	BL/NB	1	LETRENNE Gérard	BL/VP	
LACOGNE Jean	BL/AE		PERRAUD Sophie	BL/VP	
DEHEEM Gilles	BL/AE		POUJADE Sébastien	BL/VP	
GIRAUDEAU Hubert	BL/AE		SOSA-SESMA Sergio	BL/VP	
ALBY Fernand	DA		THOMASSIN Jérôme	BL/VP	
LEFEBVRE Luc	DA		TROY Gabriel	BL/VP	
LAULHERET Roland	AQ/SF		VERSTAPPEN Nicolas	BL/VP	
BRONDINO Georges	AQ/SO		FORTAS Emmanuelle	ASTEK pr AQ/GP	
ESPADA Bernard	APAVE pr AQ/SO		SERGUE Edwige	DF/GO/TL1	
DAUBAN Gilles	EQUERT pr AQ/SO		SERFASS DENIS Anne	DCE/CS	1
			BOSCH Gonzague	TENUM	1
			HUREL Anabel (pour diffusion PS)	Planète Sciences	1