

SWR POWER METER F8KGL

Spécifications

V 0.6

F0EOS-F4BJH-28/04/20-Vauréal Amitié Radio

Table des matières

1-INTRODUCTION.....	3
2-ARCHITECTURE MATERIELLE.....	4
2.1-Ligne de mesure.....	5
2.1.1-Coupleur directionnel (source F5ZV).....	5
2.1.2-Détecteur HF (source Wikipedia).....	6
2.2-Calculateur.....	6
2.2.1-ADC (source EMSE).....	7
2.2.2-MCU.....	9
2.3-Afficheur.....	9
2.4-Régulateur d'alimentation.....	11
3-SPECIFICATIONS.....	13
3.1-Schéma de principe.....	13
3.1.1-Généralités.....	14
3.1.2-Spécifications logicielles générales.....	14
3.1.3-Spécifications matériel générales.....	16
3.2-Régulateur d'alimentation.....	16
3.2.1-Etude.....	16
3.2.2-Spécifications.....	17
3.3-LCD.....	17
3.3.1-Etude.....	17
3.3.2-Spécifications.....	18
3.3.2.1-Logiciel.....	18
3.3.2.2-Matériel.....	20
3.3-MCU.....	21
3.3.1-Etude.....	21
3.3.2-Spécifications.....	21
3.3.2.1-Logiciel.....	21
3.3.2.2-Matériel.....	22
3.4-ADC.....	23
3.4.1-Etude.....	23
3.4.2-Spécifications.....	23
3.4.2.1-Logiciel.....	23
3.4.2.2-Matériel.....	23
3.5-Détecteur HF.....	24
3.5.1-Etude.....	24
3.5.2-Spécifications.....	24
3.5.2.1-Logiciel.....	24
3.5.2.2-Matériel.....	25
3.6-Coupleur directionnel.....	25
3.6.1-Etude.....	25
3.6.2-Spécifications.....	25
3.7-Calibrateur.....	25

1-INTRODUCTION

Afin d'optimiser la qualité de ses communications, l'OM cherche à rendre maximum le transfert de puissance entre l'antenne et l'émetteur (et vice et versa). Ce point de fonctionnement optimum est atteint lorsque les impédances entre l'antenne et l'émetteur sont « adaptées ». Alors, la puissance réfléchie est minimale (idéalement nulle), ou le « SWR » (ou ROS), pour « Standing Wave Ratio » (ou Rapport d'Onde Stationnaire) est proche de (idéalement égal à) 1.

Le « SWR Power Meter F8KGL » (ou Wattmètre/ROSmètre F8KGL) est un dispositif permettant de mesurer la puissance transmise à l'antenne, la puissance réfléchie, et le « SWR ». Il donne ainsi la mesure de la qualité de la chaîne de transmission TRX/Antenne.

Le « SWR Power Meter F8KGL » doit répondre aux besoins suivants :

- mesurer une puissance de 1W à 500W, avec une précision de 10 %
- mesurer une puissance dans les 3 bandes radioamateurs HF, VHF, UHF
- être utilisable par une grande majorité des TRX radioamateurs (50 Ω)
- être alimenté par une source extérieure en 13,8V, ou par un pack batterie 4x1,5V LR6
- atténuer le moins possible le signal à transmettre (max 0,2dB)
- afficher le résultat de la mesure sur un écran LCD (puissance en W, et le SWR sans unité)
- être solide et robuste pour une utilisation en contest et /P
- être vendable sous la forme de kit

Ces besoins ont été définis par l'état de l'art technique actuel. En particulier, la technologie moderne appelle l'utilisation de l'électronique numérique le plus souvent possible. C'est pourquoi, l'affichage sur un écran LCD a été choisi. De plus, l'utilisation de moyens informatiques, aussi simples et modestes soient-ils, est préconisé. C'est pourquoi, un microcontrôleur a été choisi pour faire l'interface entre la mesure et l'affichage.

Ce dispositif a été conçu par les OM du club radioamateur « Vauréal Amitié Radio », situé à Vauréal (95), sous l'indicatif F8KGL.

Le projet a été développé par André F0EOS, et Fabrice F4BJH. Portons également à l'attention du lecteur, que l'idée initiale vient de Pierre F1FDD.

2-ARCHITECTURE MATERIELLE

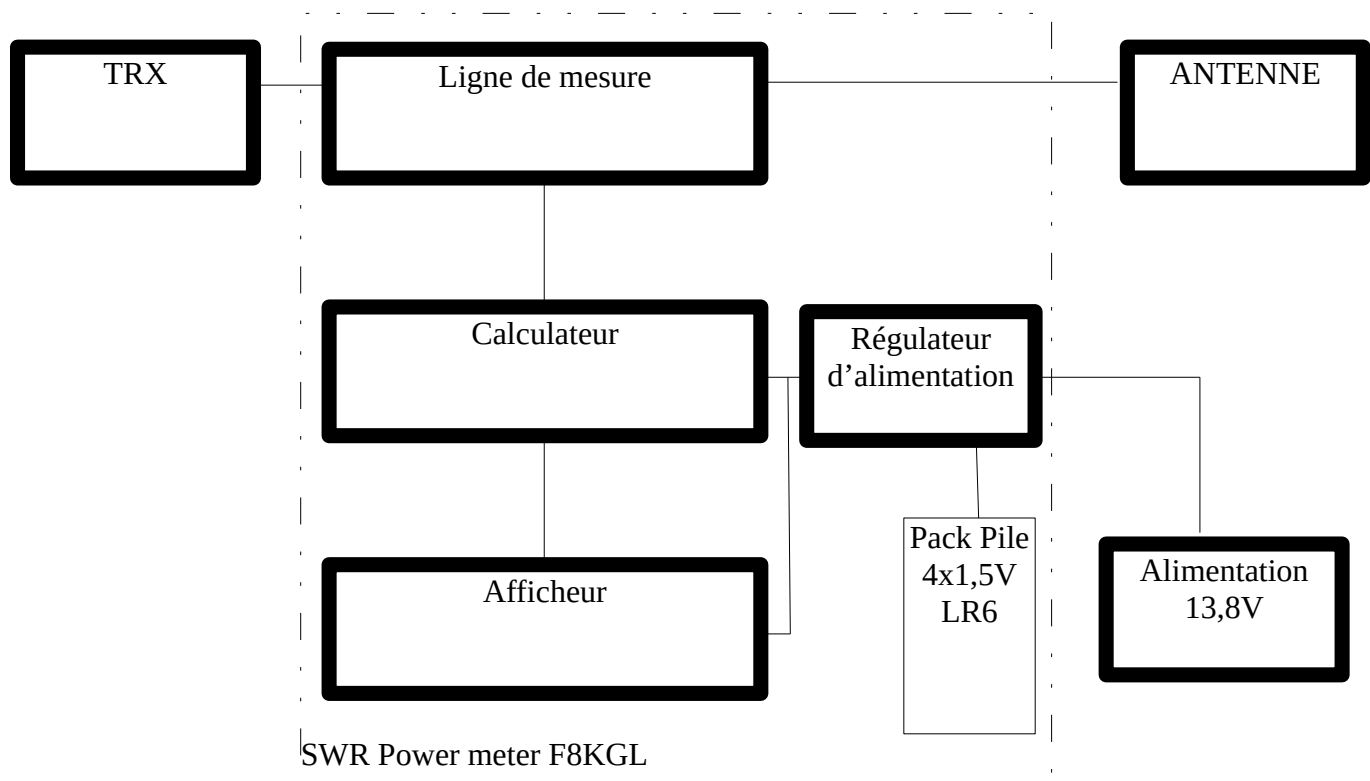


D'un point de vue fonctionnel, le « SWR Power Meter F8KGL » doit permettre :

- de mesurer la puissance transmise de l'émetteur (TRX) vers la charge (Antenne)
- de mesurer la puissance réfléchie par la charge.
- de calculer le SWR à partir de la mesure de ces 2 puissances
- d'afficher le résultat des ces 2 mesures en W, et le résultat du calcul du SWR.

Pour effectuer ces fonctionnalités, le « SWR Power Meter F8KGL » sera constitué de 4 dispositifs :

- une ligne de mesure
- un calculateur
- un afficheur
- un régulateur d'alimentation



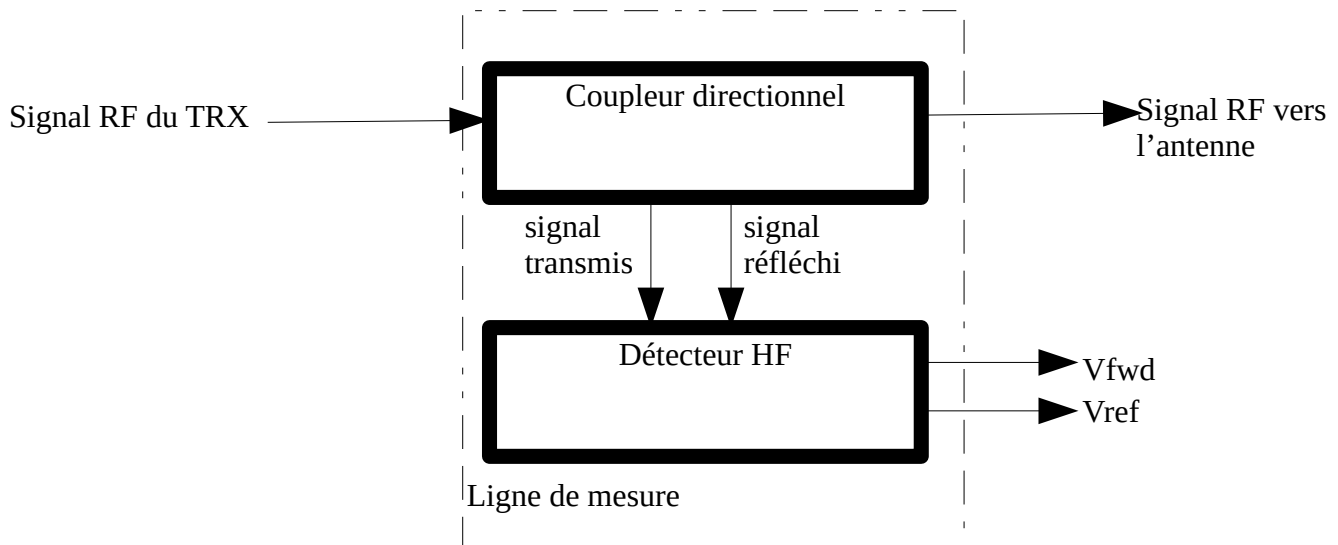
2.1-Ligne de mesure

Pour effectuer la fonctionnalités de mesure des puissances transmise et réfléchi, le « SWR Power meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Ligne de mesure », permettant de :

- séparer le signal transmis du signal réfléchi
- pour chacun de ces 2 signaux, fournir 2 tensions dont les valeurs sont liées à la puissance du signal transmis et réfléchi

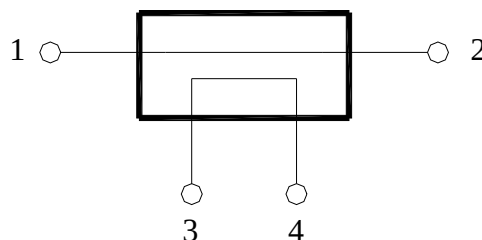
La ligne de mesure sera constitué de 2 dispositifs standards de l'état de l'art :

- coupleur directionnel
- détecteur HF



2.1.1-Coupleur directionnel (source F5ZV)

Le coupleur directionnel doit remplir la fonction de séparer le signal transmis du signal réfléchi.

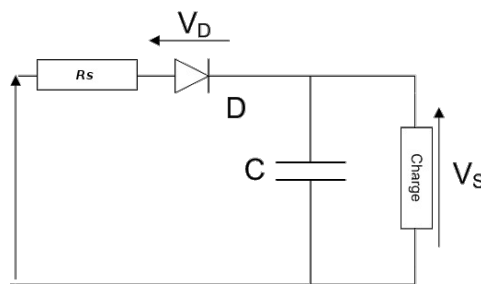


Un coupleur est constitué d'un tronçon de ligne de même impédance que celle sur laquelle il sera utilisé, par exemple 50 ou 75 ohms. Cette ligne peut être une ligne sur circuit imprimé, un guide d'onde, un câble coaxial... Parallèlement à l'âme de la ligne est placée à quelques millimètres de celle-ci une ligne de mesure. Le courant qui circule du port 1 au port 2 dans la ligne principale induit un courant dans la ligne de mesure et provoque l'apparition d'une tension entre les deux

armatures du condensateur que forment les deux lignes. Dans un coupleur parfait les signaux générés par ces deux phénomènes s'additionnent dans le sens direct et s'annulent dans le sens inverse.

Une des extrémités de la ligne de mesure (port 4) est reliée au blindage de la ligne principale au travers d'une charge purement résistive d'une valeur qui dépend des dimensions de cette ligne de mesure et qui peut être différente de l'impédance de la ligne principale. Lorsqu'un courant circule dans la ligne principale du coupleur, une fraction (un échantillon) de ce courant se retrouve à l'autre extrémité (port 3) de la ligne de mesure.

2.1.2-Détecteur HF (source Wikipedia)



Un circuit détecteur d'enveloppe est constitué d'une diode en série reliée à une charge constituée d'un condensateur et d'une résistance.

Son signal d'entrée est une fréquence porteuse dont on veut extraire la tension crête. C'est donc un courant alternatif, présentant une tension tantôt positive, tantôt négative.

Quand la tension d'entrée est positive, la diode conduit et le condensateur se charge. Quand la tension d'entrée est négative, la diode se bloque, le condensateur se décharge dans la charge.

Si la résistance présente dans le circuit lors de la charge de la capacité est faible, celle-ci est beaucoup plus rapide que la décharge dans la résistance. Alors, si la constante de temps du circuit résistance-condensateur est correctement choisie, sa tension reste *à peu près* constante entre deux crêtes de la porteuse.

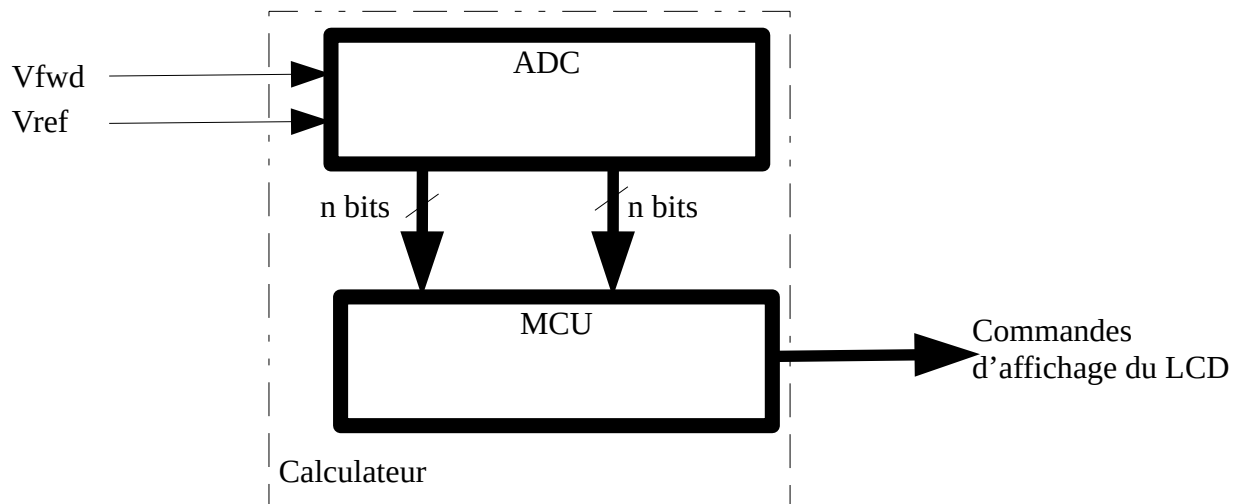
2.2-Calculateur

Pour effectuer la fonctionnalité d'affichage des puissances transmises et réfléchies, et de calcul du SWR, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Calculateur » permettant de :

- mesurer une tension
- calculer une puissance correspondant à la tension mesurée (avec une précision de 10%)
- calculer le SWR à partir des puissances calculées
- faire afficher le résultat sur un écran LCD

Le calculateur sera constitué de 2 dispositifs standards de l'état de l'art :

- Convertisseur analogique numérique (ou « ADC »)
- unité de calcul informatique, intégrant sa propre mémoire (ou « MCU »)



Dans l'état de l'art technique actuel, les performances (pertes en ligne, facteur de couplage, ROS) sont variables d'une ligne de mesure à l'autre. Le SWR POWER METER devra donc également prévoir une fonction de calibration de la ligne de mesure, qui sera intégrée dans le calculateur.

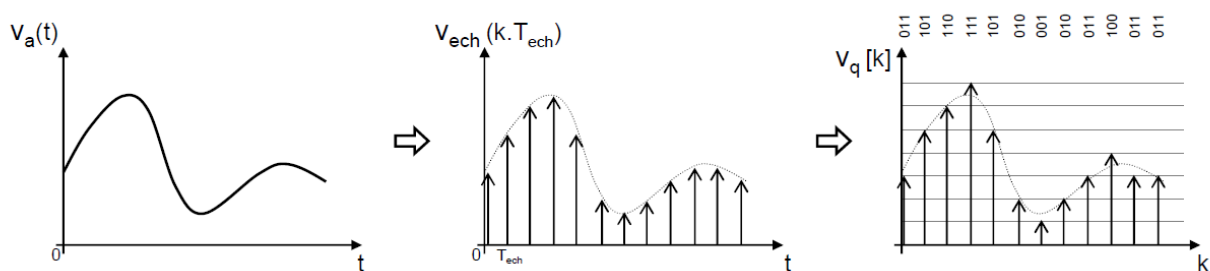
2.2.1-ADC (source EMSE)

Un convertisseur analogique – numérique (CAN, « ou ADC » pour Analog to Digital Converter) est un dispositif électronique permettant la conversion d'un signal analogique en un signal numérique.

Cette définition pour être complète en appelle deux autres :

- un signal analogique est un signal continu (au sens mathématique du terme) en temps et en amplitude
- un signal numérique est un signal échantillonné et quantifié, discret en temps et en amplitude.

Conceptuellement, la conversion analogique – numérique peut être divisée en trois étapes : l'échantillonnage temporel, la quantification et le codage.



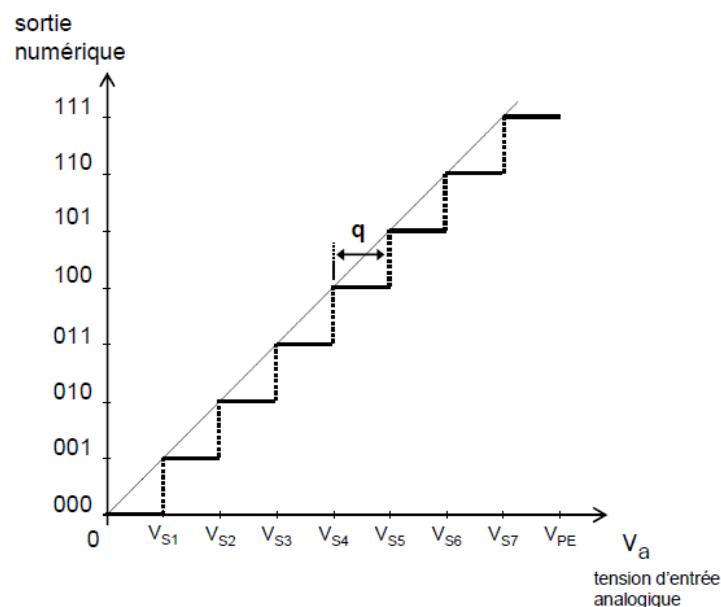
Un signal analogique, $v_a(t)$ continu en temps et en amplitude (i) est échantillonné à une période d'échantillonnage constante T_{ech} . On obtient alors un signal échantillonné $v_{ech}(k.T_{ech})$ discret en temps et continu en amplitude.

Ce dernier est ensuite quantifié, on obtient alors un signal numérique $v_q[k]$ discret en temps et en amplitude. La quantification est liée à la résolution de l'ADC (son nombre de bits)

Dans l'exemple précédent $v_q[k]$ peut prendre huit amplitudes différentes (soit 2^3 , 3 étant le nombre de bits de l'ADC). La figure précédente présente également l'étape de codage. Le résultat final est un code numérique sur trois bits (en code binaire naturel) associé à $v_q[k]$ en fonction du temps.

Un ADC (Analog to Digital Converter) est donc un dispositif électronique permettant de convertir une grandeur analogique (par exemple, une tension) en une valeur numérique, qui prend la forme d'un nombre binaire.

Cette valeur numérique peut être codée sur plusieurs bits, et est proportionnelle à la grandeur analogique d'entrée.



Le pas de quantification et la précision d'un ADC dépendent du nombre de bits en sortie, appelé résolution. Pour un ADC à N bits, le nombre d'états possibles en sortie est 2^N , ce qui permet d'exprimer des signaux numériques de 0 à 2^{N-1} en code binaire naturel. Un ADC est caractérisé également par la plage de variation acceptable de la tension analogique d'entrée, appelée Pleine Echelle (FS pour *Full Scale* en anglais) et que nous noterons V_{FS} .

$$q = V_{s1} = LSB = \frac{V_{FS}}{2^N}$$

Plus la résolution d'un ADC est élevée, plus la sortie numérique est une image précise du signal analogique d'entrée comme l'illustre le tableau ci-dessous pour une tension de pleine échelle de 5V.

N (résolution en bits)	Quantum (q = LSB)
8	19,5mV
10	4,8mV
12	1,22mV
14	305µV
16	76µV

2.2.2-MCU

L'ADC fournit une valeur numérique au format binaire naturel, et elle peut être facilement traitée par un dispositif informatique.

Le traitement que ce dispositif effectue s'appelle un programme informatique. Le programme est une succession d'instructions, dont le but est de produire un résultat en fonction de la valeur de données d'entrée.

Ces données d'entrées sont stockées dans une mémoire au format binaire. Les résultats produits dépendent des instructions programmées dans une autre mémoire. Dans le cas du « SWR Power Meter F8KGL », le résultat final est un affichage de la puissance transmise et réfléchie sur un écran LCD.

L'ensemble de ces traitements, synthétisé dans un programme informatique (lecture de la valeur numérique de l'ADC, stockage en mémoire, calcul) sera effectué par le MCU (microcontroller unit).

Le SWR POWER METER est prévue pour une utilisation en contest. Le choix technique du MCU devra donc s'attacher à une autonomie d'utilisation de 24H minimum.

Compte tenu des possibles variations de fabrication de la ligne de mesure, une phase de calibration du SWR POWER METER devra être implémentée.

2.3-Afficheur

Pour effectuer la fonctionnalité d'affichage du SWR, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Afficheur » permettant de :

- Afficher un message de bienvenue au démarrage
- Afficher les puissances calculées (puissances transmises, et réfléchies) en W
- Afficher le SWR
- Afficher les puissances calculées (puissances transmises, et réfléchies) sous la forme d'un bar-graphe croissant.

L'afficheur sera constitué d'un dispositif standards de l'état de l'art :écran LCD (ou écran à cristaux liquides).

(source Wikipedia)

L'écran à cristaux liquides (ACL pour affichage à cristaux liquides, ou en anglais : LCD pour *liquid crystal display*) permet la création d'écran plat à faible consommation d'électricité. Aujourd'hui ces écrans sont utilisés dans presque tous les affichages électroniques.

Les écrans à cristaux liquides utilisent la polarisation de la lumière par des filtres polarisants et la biréfringence de certains cristaux liquides en phase nématique, dont on peut faire varier l'orientation en fonction du champ électrique. Du point de vue optique, l'écran à cristaux liquides est un dispositif passif : il n'émet pas de lumière, seule sa transparence varie, et il doit donc disposer d'un éclairage.

D'abord disponible en monochrome et de petite taille, il est utilisé dans les calculatrices, les appareils de mesure, les montres du fait de sa faible consommation électrique ; il permet actuellement d'afficher en couleurs dans des dimensions dépassant un mètre, en diagonale. Il a supplanté le tube cathodique dans la plupart des applications, sauf en très haute définition lorsque la palette des couleurs doit être précise et fidèle, et dans les environnements difficiles (par exemple quand la température d'utilisation est inférieure à 5 °C).

L'écran à cristaux liquides est constitué de deux polariseurs dont les directions de polarisation forment un angle de 90°, disposés de chaque côté d'un sandwich, formé de deux plaques de verre enserrant des cristaux liquides. À chacune des interfaces avec les cristaux liquides, une couche de polymère, généralement un polyimide, rainurée assure l'ancrage des molécules au repos.

Les deux faces internes des plaques de verre comportent une matrice d'électrodes transparentes pour le noir et blanc. L'épaisseur du dispositif et la nature des cristaux liquides sont choisies de manière à obtenir la rotation désirée du plan de polarisation, en l'absence de tension électrique (90° dans les écrans TN). Dans les écrans de grande dimension, on ajoute des espaceurs, petites billes transparentes, dans l'espace rempli de cristaux liquides pour maintenir la très faible épaisseur (20 µm) constante et précise.

L'application d'une différence de potentiel plus ou moins élevée entre les deux électrodes d'un pixel entraîne un changement d'orientation des molécules, une variation du plan de polarisation, et donc une variation de la transparence de l'ensemble du dispositif.

Cette variation de transparence est exploitée par un rétro-éclairage, par réflexion de la lumière incidente ou par projection.

Les électrodes des pixels ne sont accessibles que par ligne ou colonne entières et la commande d'allumage ou d'extinction doit se faire par un balayage régulier des lignes de points. Les petits afficheurs à cristaux liquides monochromes reposent sur le même principe, mais emploient souvent des électrodes avant en forme de segment de caractère, de façon à simplifier l'électronique (commande directe en tout ou rien), tout en obtenant une très bonne lisibilité (pas de balayage).

Les écrans ACL diffèrent aussi par leur taille, leur résolution et leur pitch (taille du pixel affiché à l'écran), dont voici une liste ci-après : ceci est à prendre en considération lors du choix d'un moniteur, en fonction de son usage, et de ses besoins.

2.4-Régulateur d'alimentation

Pour effectuer la fonctionnalité de régulation de l'alimentation, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Régulateur d'alimentation » permettant de :

-alimenter l'ensemble du « SWR Power Meter F8KGL » à partir soit d'un pack pile, soit d'une alimentation stabilisée 13,8V

Le régulateur d'alimentation sera constitué de dispositifs standards de l'état de l'art :

-régulateur de tension (*source Wikipedia*)

Un régulateur de tension, est un composant électronique qui maintient à sa sortie, dans certaines limites, une tension constante, indépendamment de la charge et de la tension d'entrée.

-1 pack pile (*source Wikipedia*)

On appelle pile alcaline un type de pile électrique primaire dont l'électrolyte est alcalin. Les modèles les plus courants sont la pile alcaline zinc-dioxyde de manganèse (Zn-MnO₂), et la pile alcaline lithium-dioxyde de manganèse (Li-MnO₂). La pile alcaline zinc-dioxyde de manganèse, que l'on appelle souvent pile alcaline par abus de langage, tire son nom du fait que ses deux électrodes, l'électrode négative en zinc et l'électrode positive en dioxyde de manganèse, sont plongées dans un électrolyte alcalin d'hydroxyde de potassium, par opposition à l'électrolyte acide de la pile saline (zinc-carbone) qui offre la même tension nominale et la même taille.

- Les fabricants, qui n'ont pas conçu les piles alcalines pour qu'elles soient réutilisables, recommandent de jeter les piles après un seul cycle de décharge.
- La construction d'une pile alcaline est très consommatrice d'énergie : il faut environ 50 fois plus d'énergie pour fabriquer une pile alcaline que ce qu'elle fournira pendant toute sa durée de vie.

Les batteries Ni-Cd (nickel-cadmium) sont aujourd'hui relativement dépassées en termes d'autonomie, et sont interdites dans l'Union européenne suite à la directive 2006/66/CE1. Elles sont remplacées par les batteries NiMH, elles-mêmes concurrencées par les batteries Li-ion.

- Le cadmium est très polluant.

Les accumulateurs Ni-MH (nickel-hydrure métallique) n'incorporent ni cadmium ni plomb et est donc peu polluant. De plus, son énergie massique est supérieure de 40 % à celle des Ni-Cd et son effet mémoire est très faible. La technologie NiMH est extrêmement répandue dans les accumulateurs portables d'usage courant :

- Les modèles AA/HR6 dont la capacité peut atteindre 2700 mAh pour les plus performants ;
- Les modèles AAA/HR3 dont la capacité maximale est de 1000 mAh.

Les accumulateurs à base de lithium (Li-Ion, Li-Po, etc.) sont issus d'une technique récemment mise au point et toujours en cours de développement. Ces piles présentent un très important potentiel électrochimique.

On distingue la technique lithium métal où l'électrode négative est composée de lithium métallique (matériau qui pose d'importants problèmes de sécurité, ce qui limite l'emploi de ce type de pilette combinaison), et la technique lithium ion, où le lithium reste à l'état ionique grâce à

l'utilisation d'un composé d'insertion aussi bien à l'électrode négative (généralement en graphite) qu'à l'électrode positive. Des problèmes de sécurité demeurent (prise de feu) en cas de surcharge, de décharge trop rapide ou de court-circuit. Les accumulateurs lithium-ion sont parfois remplacés par leur variante lithium polymère dite Li-Po. Sa combinaison électrochimique est la même, mais un gel (polymère) fige l'électrolyte, ce qui permet de réduire son contenant à une simple enveloppe plastique souple. Le polymère ralentit le déplacement des ions ce qui a pour effet de limiter sa capacité à fournir d'important courant et sa puissance spécifique (voir définition plus haut) est généralement inférieure à celle des éléments Li-Ion de même capacité.

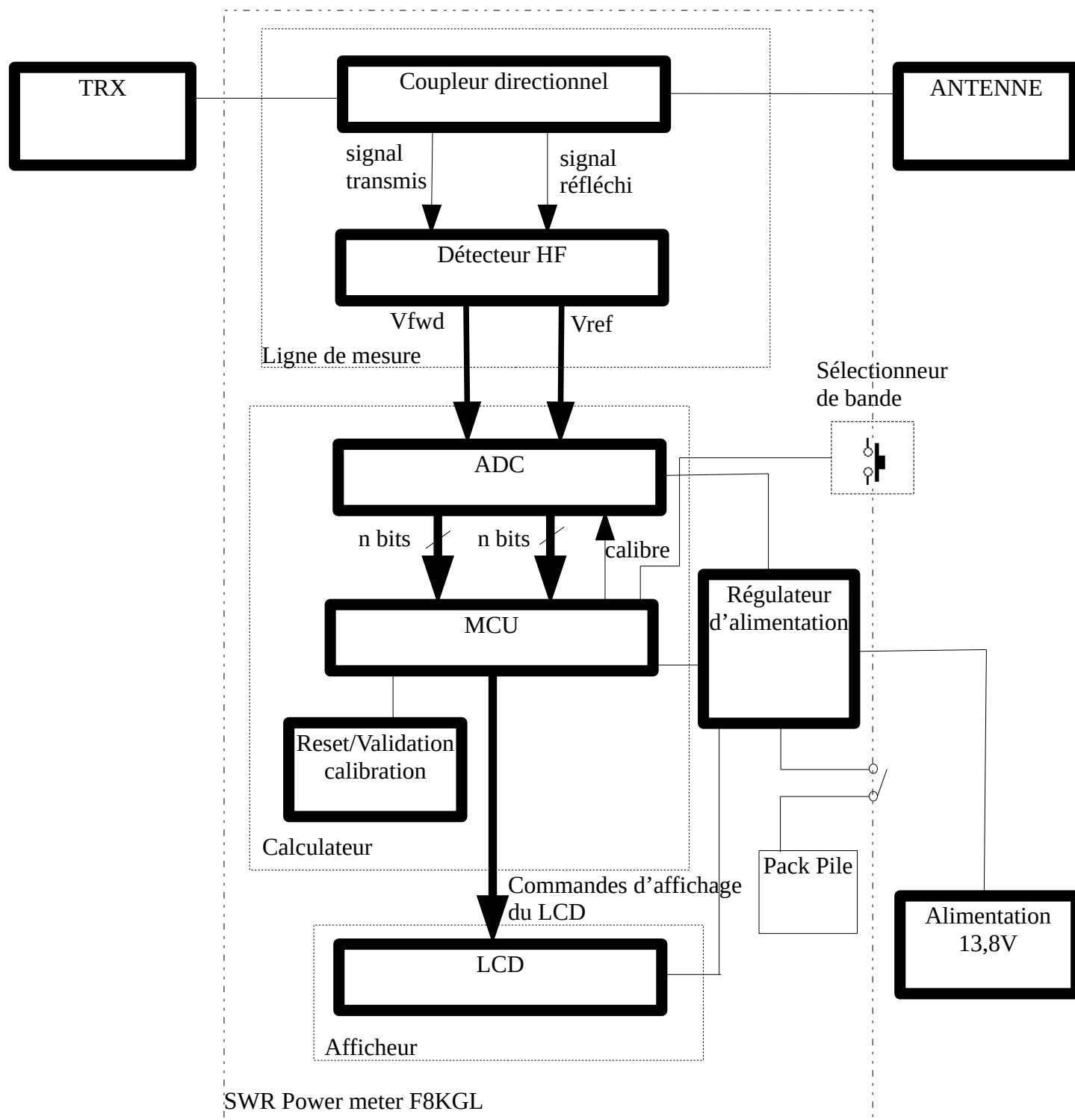
- Les piles Li-Ion sont les piles rechargeables le plus utilisées dans le monde aujourd'hui.
- Ces piles sont fréquemment utilisées pour alimenter les téléphones mobiles, les ordinateurs portables, les voitures téléguidées, les perceuses électriques et même les voitures électriques.
- Le potentiel le plus répandu d'une cellule au lithium-ion est de 3,6 V ou 3,7 V. La densité énergétique des accumulateurs Lithium-ion peut atteindre un niveau de 200 Wh/kg.
- Recyclage : les difficultés rencontrées pour recycler le lithium ne permettent pas de valoriser les matériaux utilisés actuellement pour une seconde utilisation des composés chimiques. Les techniques de traitement permettent seulement de stabiliser les impacts dangereux des matériaux composant cette technologie d'accumulateur. Le coût de traitement est l'un des plus importants en fin de vie de l'ensemble des accumulateurs.

-1 interrupteur marche/arrêt pour arrêter le « SWR POWER METER » lorsqu'il est alimenté par le pack pile.

3-SPECIFICATIONS

Dans cette partie sont présentées les performances attendues du SWR-POWER METER F8KGL (§3.1). Dans les paragraphes qui suivront seront présentées les spécifications de chacun des dispositifs, permettant de satisfaire les performances attendues du SWR POWER METER F8KGL.

3.1-Schéma de principe



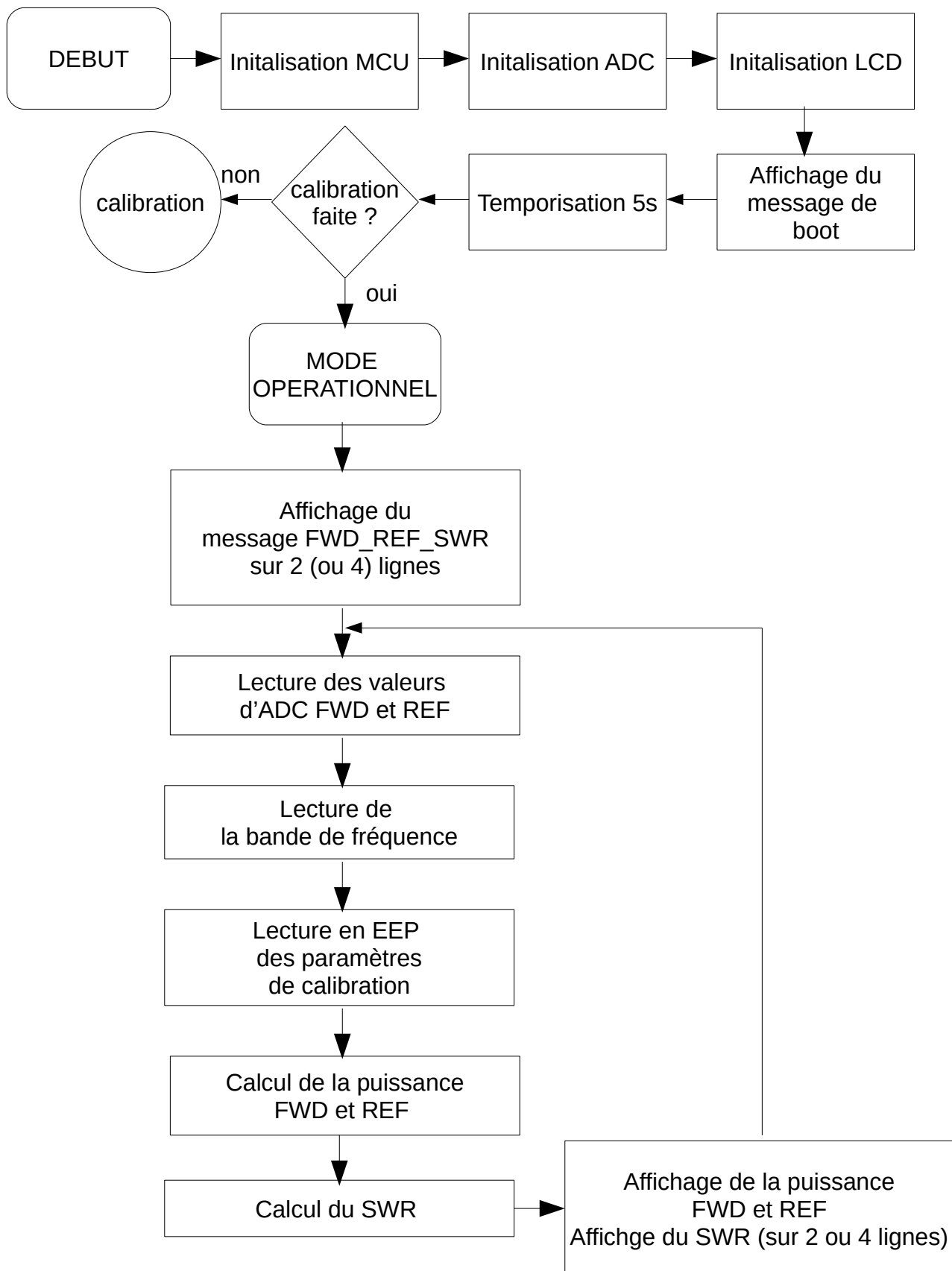
3.1.1-Généralités

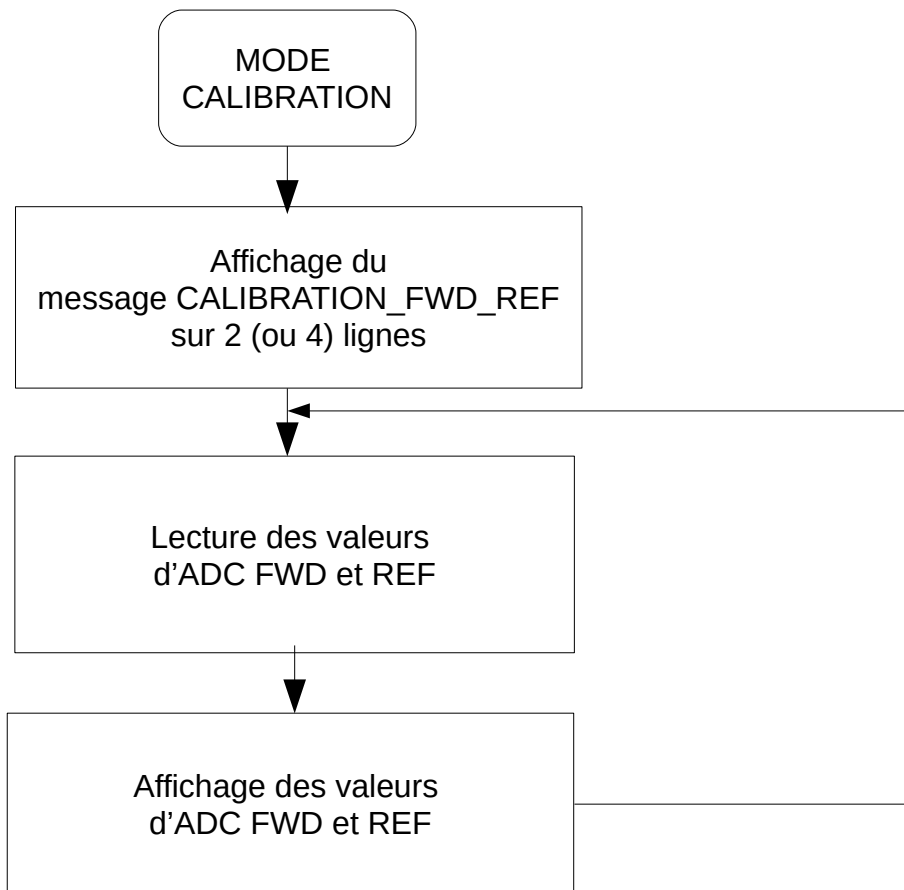
	min	typ	max	Unité
Paramètres radio				
Fréquence de fonctionnement	0		500	MHz
Puissance admissible	1		500	W
Impédance		50		Ω
Pertes en ligne insérées sous 50 Ω			0,1	dB
Alimentation				
Alimentation externe	12	13,8	15	V
Alimentation pack pile	4,5		5,5	V
Autonomie sur pack pile ⁽¹⁾	24			h
Consommation (alimentation externe ou pack pile)			100	mA
Mesures				
Précision de la mesure	± 10			%
ROS	1,1		∞	
Mécanique				
Dimensions	155x80x100			mm
Poids			1	kg
Connecteurs	N ou PL			

⁽¹⁾Avec un pack pile d'une capacité d'au moins 2500mAh

3.1.2-Spécifications logicielles générales

D'après le §2.2, le programme du SWR POWER METER devra effectuer les principales fonctionnalités suivantes :





3.1.3-Spécifications matériel générales

D'après le §2.2, le matériel du SWR POWER METER devra répondre aux exigences générales suivantes :

- Le SWR POWER METER devra être robuste
- Le SWR POWER METER devra pouvoir être vendu en kit sous 2 formats :
 1. Entièrement en kit : PCB, composants électronique (sans la ligne de mesure), programme
 2. En kit partiel : PCB, boîtier, ligne de mesure, composants électronique, programme
- Le SWR POWER METER devra être convivial
- Le SWR POWER METER devra être sans bug
- Le SWR POWER METER devra pouvoir être calibré par l'OM, avec les moyens de mesures suivants :
 - TRX HF, VHF, UHF de 0 à 100W (10%)
 - Wattmètre 100W
 - Charge fictive 100W

3.2-Régulateur d'alimentation

3.2.1-Etude

Le format de pile le plus courant, et le plus adapté a priori au SWR POWER METER est un pack pile LR6.

Format	Fabricant	Dimension	Tension	Capacité (mAh)	type
LR6(AA)	Duracell	50mm x 14,2mm	1,5V	2700	alcaline

En toute rigueur, la relation entre capacité de la pile, et temps de décharge en fonction de la charge, n'est pas linéaire. (www.hackerschicken.eu/www/electric/piles.pdf)

D'après les données trouvées sur <http://data.energizer.com/>, on peut estimer que pour un fonctionnement de 24H (§3.1.1), le SWR POWER METER ne doit pas consommer plus de 100mA.

A des fins de facilité d'approvisionnement, et pour limiter les coûts, le régulateur d'alimentation devra fournir une tension de 5V.

3.2.2-Spécifications

	min	typ	max	unité
Spécifications d'entrée				
Tension d'entrée alimentation externe	12	13,8	15	V
Tension d'entrée pack pile	4,5	5	5,5	V
Intensité d'entrée ⁽¹⁾			100	mA
Spécifications de sorties				
Tension de sortie	4,5		5,5	V
Intensité de sortie ⁽³⁾			100	mA
Pack pile	4 piles 1,5V LR6 (capacité min = 2500mAh)			
Priorité alimentation	Alimentation externe 13,8V prioritaire sur le pack pile ⁽²⁾			

⁽¹⁾Intensité maximum délivrable par l'alimentation ou le pack pile. Valeur justifiée par le §3.2.1 pour obtenir une autonomie de 24H (capacité du pack pile de 2500mAh), et reportée dans le §3.1.1

⁽²⁾Dans le cas où l'interrupteur est placé sur la position ON, et que l'alimentation externe est également branchée (afin de ne pas consommer inutilement sur le pack pile)

⁽³⁾Intensité maximum délivrable par le régulateur d'alimentation. Il convient dès lors de préciser que la consommation totale maximum du SWR POWER METER, hors régulation, ne devra pas dépasser 100mA.

3.3-LCD

3.3.1-Etude

A des fins de facilité d'approvisionnement, et pour des raisons de coût, le LCD est choisi parmi les standards industriels les plus courants.

2 versions de LCD devront être implémentées :

LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur type Hitachi HD44780

LCD 4 lignes – 16 caractères - tbd

3.3.1.1-LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur Hitachi HD44780

(Source Wikipedia)

Le LCD utilisé dispose d'un contrôleur HD44780. C'est un contrôleur standard permettant de piloter un dispositif d'affichage par cristaux liquides.

Un module HD44780 comporte 16 bornes (dont les 2 dernières sont optionnelles si l'écran piloté ne dispose pas d'un rétroéclairage).

En « mode 4 bits », on n'utilise que les broches D4 à D7 (les broches D0 à D3 doivent être connectées à la masse).

L'octet de données est envoyé (ou lu) en 2 fois :

- d'abord les 4 bits de poids fort, par une première validation sur la broche E.
- puis les 4 bits de poids faible, par une seconde validation sur la broche E

Borne	Symbole	Type	Fonction
1	Vss ou V0	Alim	Masse 0V
2	Vcc ou Vdd	Alim	Alimentation générale 5V
3	Vee	Alim	Alimentation du panneau LCD (Contraste des caractères : Vee = 0 → Caractères invisibles, Vee = Vcc → Contraste maximum)
4	RS	Entrée	RS = 1 → Sélection du registre de données RS = 0 et R/W = 0 → Sélection du registre d'instruction RS = 0 et R/W = 1 → Sélection du drapeau BUSY et du compteur d'adresse
5	R/W	Entrée	R/W = 0 → Mode écriture R/W = 1 → Mode lecture
6	E	Entrée	Entrée de validation Les entrées RS et R/W sont lues sur le front montant, et le bus de données est lu sur le front descendant.
7	D0	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°0 (LSB)

8	D1	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°1
9	D2	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°2
10	D3	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°3
11	D4	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°4
12	D5	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°5
13	D6	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°6
14	D7	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°7 (MSB)
15	A	Alim	Anode du système de rétro-éclairage (à alimenter en 5V à travers une résistance de 50 à 100Ω pour limiter le courant à 100mA)
16	K	Alim	Cathode du système de rétro-éclairage (masse)

3.3.1.2-LCD 4 lignes – 16 caractères – *tdb*

3.3.2-Spécifications

3.3.2.1-Logiciel

1. Driver LCD

2. Phase d'initialisation du SWR POWER METER F8KGL

A la mise sous tension, le « SWR POWER METER F8KGL », affiche le message suivant pendant 5s :

S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r	
F	8	K	G	L							V	n	.	m	

LCD 2 lignes-16 caractères

S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r	
F	8	K	G	L							V	n	.	m	

LCD 4 lignes-16 caractères

Vn.m correspond à la version du logiciel chargée dans la mémoire du microcontrôleur (ou MCU).

Au bout des 5 secondes, le « SWR-POWER METER F8KGL » détermine s'il est en phase de « calibration », ou en phase de « mesure ».

3. Mode « Test »

4. Mode « calibration » du SWR POWER METER F8KGL

En mode « calibration », le « SWR-POWER METER F8KGL » affiche :

Pendant 5s

		C	A	L	I	B	R	A	T	I	O	N			

LCD 2 lignes-16 caractères

Puis

F	W	D	=	x	x	x	x			a	a	a	a	m	V
R	E	F	=	y	y	y	y			b	b	b	b	m	V

		C	A	L	I	B	R	A	T	I	O	N			
F	W	D	=	x	x	x	x			a	a	a	a	m	V
R	E	F	=	y	y	y	y			b	b	b	b	m	V

LCD 4 lignes-16 caractères

Pour effectuer la calibration dans les 3 bandes (HF, VHF, UHF), et sur une plage de puissance de 0 à 100W, l'utilisateur sera amené à interagir avec le SWR POWER METER afin de valider la sauvegarde des valeurs de calibration.

Un outil logiciel, appelé SWR_POWER_METER_calibrateur, permettra à l'utilisateur de générer un fichier de calibration (voir § 3.7), à télécharger dans la mémoire du MCU.

« xxxx » correspond à la mesure de calibration à reporter dans l'outil de calibration

« yyyy » correspond à la mesure de calibration à reporter dans l'outil de calibration

« aaaa » correspond à la valeur de l'ADC sur le port transmis

« bbbb » correspond à la valeur de l'ADC sur le port réfléchi

5. Mode « opérationnel » du SWR POWER METER F8KGL

Le mode « opérationnel » correspond au mode de fonctionnement conventionnel du « SWR POWER METER F8KGL ». C'est ce mode de fonctionnement qui permet la mesure des puissances transmises, réfléchie, et du ROS.

En mode opérationnel le « SWR-POWER METER F8KGL » affiche :

F	W	D			R	E	F			S	W	R			
a	a	a	W		b	b	b	W		c	.	c	c	!	!

LCD 2 lignes-16 caractères

F	W	D													
R	E	F													
S	W	R			c	.	c	c	!	!	!	!	!	!	!

LCD 4 lignes-16 caractères

« aaa » correspond à la mesure de la puissance transmise en W

« bbb » correspond à la mesure de la puissance réfléchiée en W

« c.cc » correspond à la mesure du ROS. 2 points d'exclamation clignotant s'affichent « !! » si le ROS>2

A partir du mode opérationnel, il sera possible de retourner dans le mode de calibration, à condition de réinitialiser les valeurs de calibration. Dans ce cas, le SWR POWER METER F8KGL passe en mode calibration, sans possibilité d'en sortir, à moins d'avoir effectué de nouveau une calibration complète.

3.3.2.2-Matériel

3.3-MCU

3.3.1-Etude

Le MCU devra être un microcontrôleur PIC, pour sa simplicité d'utilisation, sa faible consommation en énergie, sa fiabilité, et sa robustesse, et répondant aux besoins de la fonctionnalité du « calculateur ». De plus, la simplicité (apparente en première lecture) du programme à développer pour ce dispositif, appelle tout naturellement un composant simple et efficace.

3.3.2-Spécifications

3.3.2.1-Logiciel

Dans la suite de ce document, et dans tous les fichiers associés au projet (code source, documentations, schéma, etc.), le logiciel ou le firmware désignera le programme.

Le logiciel devra être développé en assembleur, compte tenu de la simplicité des fonctions à intégrer (§3.1.2)

Le logiciel ne devra pas comporter de bugs.

Un environnement de développement sous Linux sera privilégié, mais une compatibilité avec Windows devra être respecté.

Les outils de développement seront choisis parmi les outils sous licence GPL.

Le logiciel sera lui-même, placé sous licence GPL.

Le logiciel sera placé sous contrôle de version. Les versions primaires seront des versions de tests, à des fins de debug.

La convention de nommage dans le code source respectera la norme suivante :

type	Convention de nommage	Explication
Fonction	f_<nom_du_dispositif_adressé>_<fonction>	Commence par « f_ » <nom_du_dispositif_adressé> correspond au dispositif concerné par la fonction <fonction> correspond à un résumé de la fonctionnalité développée dans cette fonction
Variable	v_<nom_du_dispositif_adressé>_<fonction>	Commence par « v_ » <nom_du_dispositif_adressé> correspond au dispositif concerné par la fonction <fonction> correspond à un résumé de la fonctionnalité développée dans cette fonction

3.3.2.2-Matériel

	min	typ	max	Unité
Tension d'alimentation	4,5	5	5,5	V
Intensité				
Horloge		4		MHz
Taille mémoire				
Programme				
Calibration ⁽²⁾		50ko		
Entrées/Sortie				
Nombre d'I/O ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾			
Nombre de canaux ADC		0		

⁽¹⁾Nombre d'I/O :LCD (6), sélectionneur de bande(1), ADC externe (3+1), EEP Externe (*tbd*), switch(3+1)

⁽³⁾Voir document SWR_POWER_METER_principes_de_calibration.ods

3.4-ADC

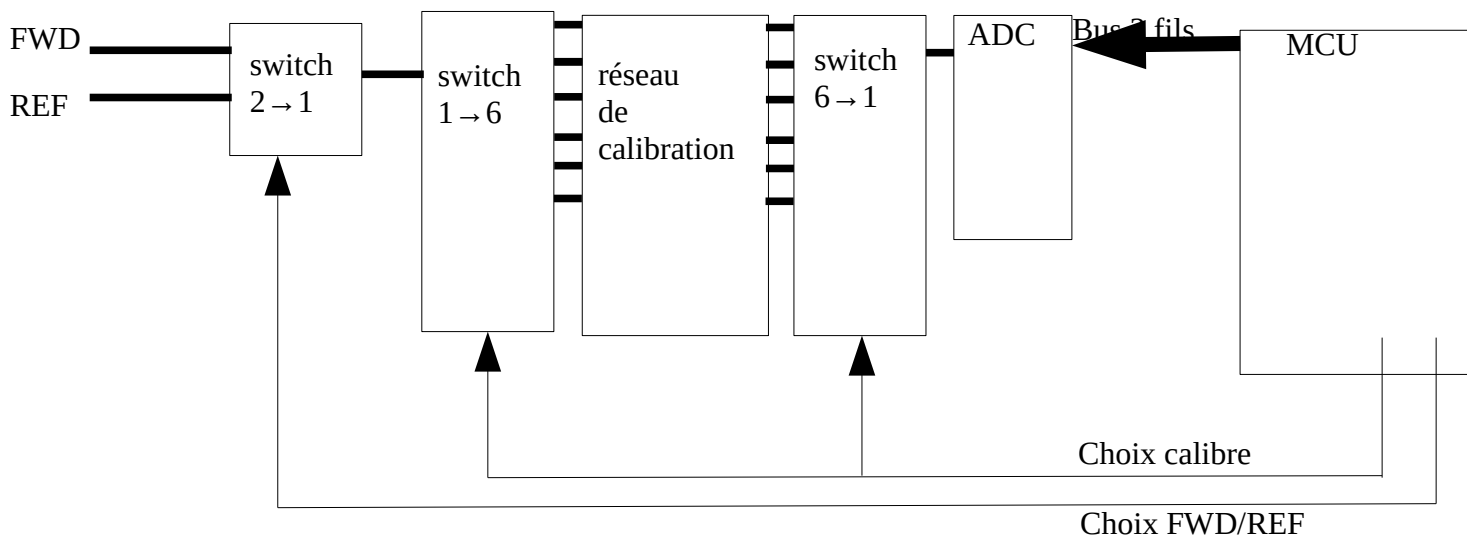
3.4.1-Etude

La résolution de l'ADC fixe la précision et la sensibilité de la mesure.

La dynamique de l'ADC fixe la dynamique de mesure.

Les ADC sont également pourvus d'une tension de référence, qui est la tension de sortie à pleine échelle.

Les caractéristiques de la ligne de mesure sont des données variables en fonction de la bande de fréquence. De plus, pour une dynamique d'entrée, l'ADC doit être capable d'en couvrir la totalité. Un dispositif d'adaptation de la calibration doit donc être inséré entre la sortie du détecteur HF, et l'entrée de l'ADC.



3.4.2-Spécifications

3.4.2.1-Logiciel

Le logiciel devra assurer les fonctionnalités suivantes :

- Initialisation de l'ADC
- Configuration des switch et démarrage d'une conversion analogique numérique
- Récupération de la valeur converties

3.4.2.2-Matériel

	min	typ	max	Unité
Tension d'alimentation	4,5	5	5,5	V

V _{REF}		2,048		V
Convertisseur				
Résolution		16		bits
t _{CONV} ⁽¹⁾			100	ms
ADC Externe				
API MCU	Bus 3 fils (SPI, I2C)			
Switch Analogique ⁽²⁾				
Nombre de voie		18		
Réseau de calibration				
Tension d'entrée	N/A ⁽²⁾	N/A ⁽²⁾	N/A ⁽²⁾	V
Tension de sortie	0		V _{REF}	

⁽¹⁾Spécification non contraignante

⁽²⁾Afin de limiter les I/O du MCU, un seul ADC externe devra être choisi. Un switch analogique devra permettre de choisir :

- entre la mesure de la puissance transmise et la puissance réfléchie.
- le calibre de la mesure en fonction de la bande de fréquence, et le niveau de puissance détectée

3.5-Détecteur HF

3.5.1-Etude

Le lecteur est invité à lire le document SWR_POWER_METER_F8KGL_etude_detecteur_HF.ods

La simulation et l'expérience ont montré la validité de la théorie développée dans l'Application Note AN986 de Hewlett Packard.

La tension de sortie du détecteur HF suit une loi de la forme : $V = K(\sqrt{P})^a$

La calibration du SWR POWER METER F8KGL devra déterminer les paramètres a et K de la loi suivante : $P = K \times (V_{out})^a$

Le lecteur est invité à lire le document SWR_POWER_METER_F8KGL_principes_de_calibration.ods.

3.5.2-Spécifications

3.5.2.1-Logiciel

3.5.2.2-Matériel

	min	typ	max	Unité
Nombre de zone du détecteur HF			2 ⁽¹⁾	
Pente de Square Law Region	1	1	1	
Dynamique d'entrée	27	27	30	dB
Sensibilité		tbd		
Puissance max		tbd		
Dynamique de sortie	312,5µV ⁽²⁾		2,048	V
Temps de réponse				

⁽¹⁾Les 2 zones de puissances doivent être les suivantes : tbd

⁽²⁾ $2,048/2^{16}=31,25\mu V$

3.6-Coupleur directionnel

3.6.1-Etude

- coupleur en cable coaxial rigide (sur une idée de Pierre F1FDD)
- ligne imprimée sur circuit
- coupleur avec tore
- coupleur du commerce, issu d'une épave de TOS-mètre
- coupleur du commerce issu d'un Wattmètre du monde professionnel (type Bird, ou power sensor 4B250 de Thruline)

3.6.2-Spécifications

3.7-Calibrateur

Cette application, qui est un outil logiciel permettant la calibration du SWR POWER METER F8KGL, devra répondre aux exigences suivantes :

- Compatibilité Windows/Linux
- Interface graphique minimale mais conviviale
- Nombre de bande de calibration paramétrable par l'utilisateur ($N_{MAX}=3$)
- Génère en sortie, un fichier de calibration, contenant les paramètres de calibration, l'indicatif de l'utilisateur, et la date de la calibration. Le fichier de calibration reprendra

l'indicatif et la date dans le nom du fichier généré.

- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port transmis, $P_{1_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port transmis, $P_{2_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port transmis, $P_{3_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port transmis, $P_{4_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port réfléchi, $P_{1_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port réfléchi, $P_{2_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port réfléchi, $P_{3_cal}=tdbW$
- dans la bande sélectionnée par le sélectionneur de bande, port réfléchi, $P_{4_cal}=tdbW$