

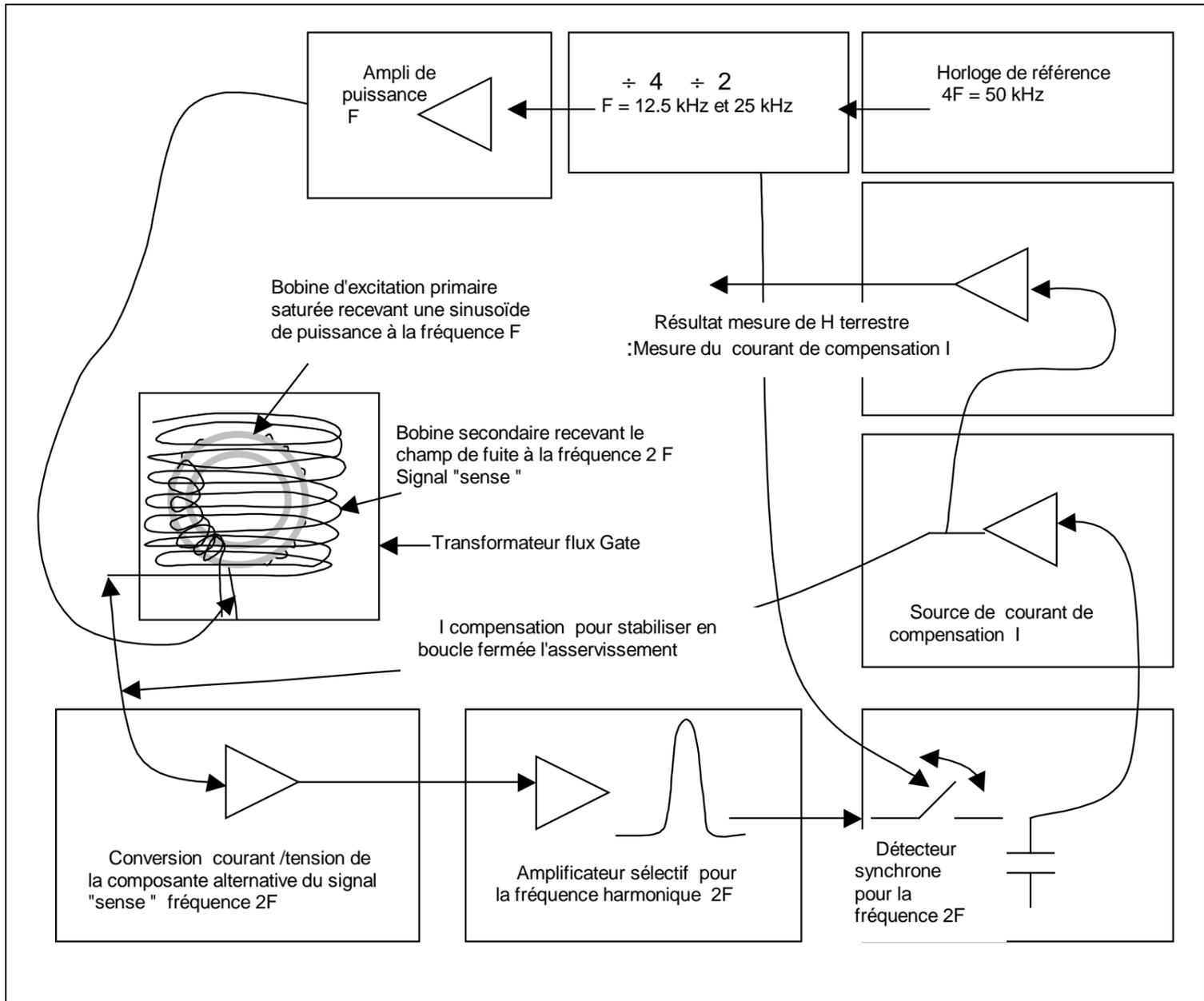
## Magnétomètre "flux gate"

Source : Magnétomètre triaxial du satellite Oersted et les brevets.

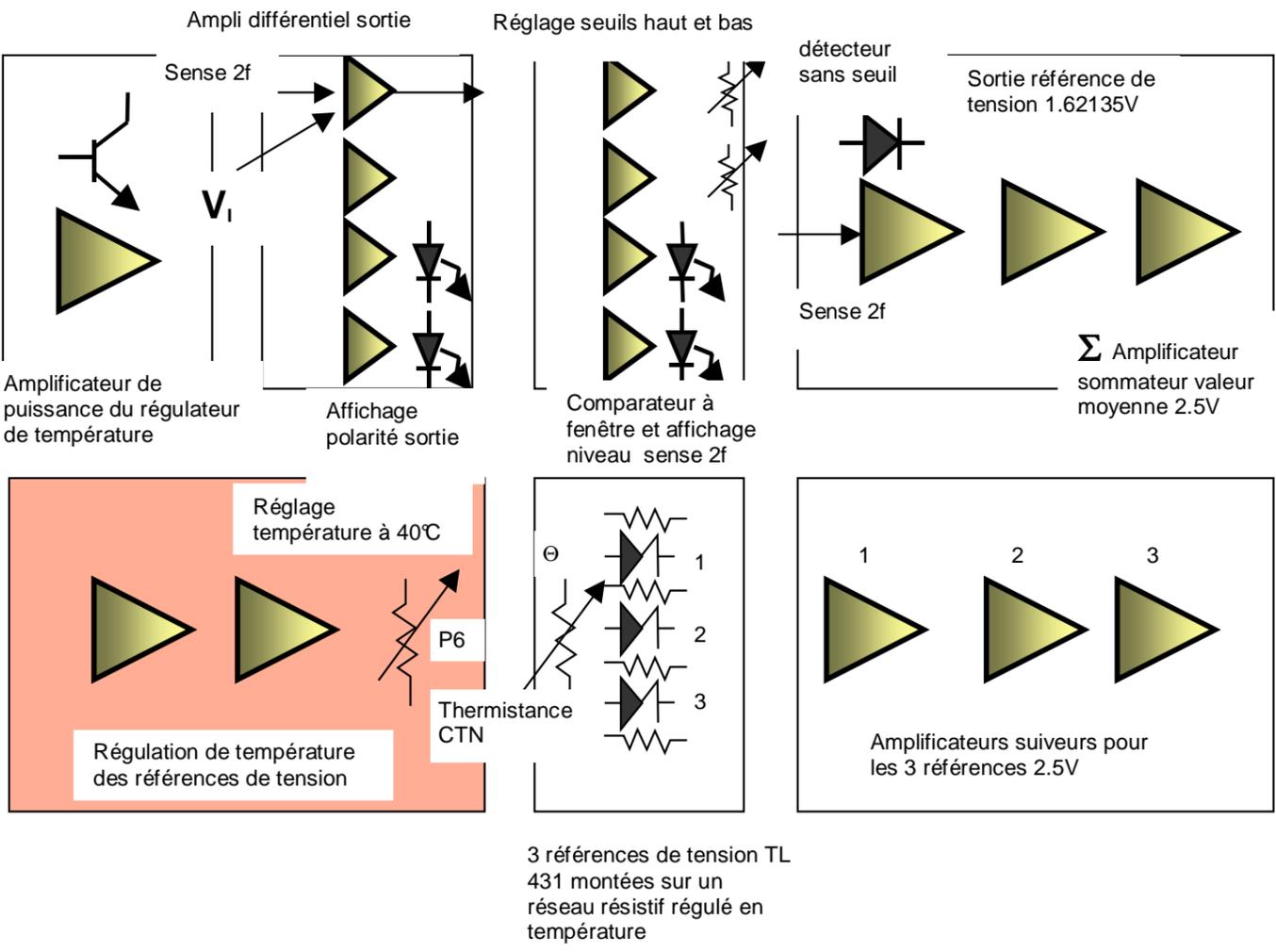
### Principe de fonctionnement

Il faut disposer :

1. d'un générateur de puissance capable de saturer un matériau magnétique.
2. d'un détecteur de saturation : c'est l'élément sensible en l'occurrence c'est un transformateur spécial dit à "vanne de flux" constitué d'une bobine toroïdale dite **primaire** branchée sur le générateur de puissance et d'un second bobinage dit **secondaire** qui entoure l'**extérieur** du bobinage primaire de sorte qu'en fonctionnement sans saturation aucune induction magnétique issue du primaire n'est reçue par le secondaire. Le couplage est alors pratiquement nul. A noter que le couplage des enroulements réalisé ici n'a rien à voir avec celui d'un transformateur classique en flux soustractif avec les enroulements primaires et secondaires bobinés ensemble sur le même noyau magnétique et où l'on cherche à transmettre en permanence les variations de flux du primaire vers le secondaire. On rappelle que la caractéristique essentielle du matériau magnétique est de confiner uniquement dans le tore toute l'induction magnétique ; cette propriété est due à la valeur élevée de perméabilité magnétique relative qui peut dépasser 100 000 ; cette valeur ne peut être obtenue qu'avec des alliages magnétiques spéciaux de structure amorphe.
3. On s'arrange ici pour que la puissance envoyée au bobinage primaire **sature** le matériau magnétique ce qui fait que le champ magnétique sort du matériau et s'induit alors dans le secondaire ; la perméabilité magnétique relative s'écroule et tend vers celle du vide soit vers 1. **En cas d'absence de champ magnétique extérieur** cette saturation s'effectue **symétriquement** c'est à dire que l'excursion en positif du champ est la même que l'excursion en négatif. On utilise des matériaux à cycle d'hystérésis rectangulaire de façon à avoir un effet d'interrupteur presque parfait d'où la notion de vanne de flux et d'amplificateur magnétique. On démontre mathématiquement (Séries de Fourier) que le signal au secondaire ne comporte alors que des harmoniques **impaires** de la fréquence appliquée au primaire. Ici la fréquence appliquée au primaire est de 12.5 kHz donc le secondaire envoie la fréquence  $3 \times 12.5 \text{ kHz}$  soit 37.5 kHz puis la fréquence  $5 \times 12.5 \text{ kHz} = 62.5 \text{ kHz}$  etc. En toute rigueur, le secondaire ne capte que le champ de fuite du primaire et seulement quand il existe. On a déjà rappelé que les transformateurs ordinaires eux ont les bobinages primaire et secondaire enroulés ensemble et fonctionnent en flux soustractif indépendant du champ extérieur.  
Ce qui est intéressant dans le transformateur " Vanne de flux " c'est l'effet du champ magnétique de la terre. Ce dernier s'ajoute algébriquement c'est à dire en plus ou en moins suivant l'orientation de la bobine (Vectoriellement en toute rigueur) au champ de saturation dans le primaire de sorte que l'excursion positive du champ peut devenir plus grande ou plus petite que l'excursion négative : on a alors une **saturation dissymétrique**. Fourier nous démontre que dans ce cas on a en plus des harmoniques **paires** soit du  $2 \times 12.5 \text{ kHz} = 25 \text{ kHz}$  ; puis  $4 \times 12.5 \text{ kHz}$  etc. Donc l'équilibre de la balance se fera en détectant puis en annulant la fréquence  $2F$  double de celle envoyée au primaire ce qui explique le nom de la méthode : **Harmonique 2**
4. Il faudra un détecteur intelligent qui non seulement indique que l'équilibre n'est pas atteint mais en plus donne le sens dans lequel ça penche : à droite ou à gauche. On aura un asservissement qui oscillera autour d'une consigne qui est la valeur "zéro". L'équivalent électronique de ce détecteur est le détecteur synchrone qui donne l'information de phase. L'équivalent mécanique est la balance où son utilisateur rajoute des masses étalonnées de façon à compenser l'inclinaison du fléau. Les méthodes de "zéro" sont réputées les plus précises et les plus sensibles parmi les principes de mesure.
5. Le détecteur synchrone est à la base un interrupteur qui découpe à la fréquence de l'harmonique 2. Un signal continu est recréé par une mémoire du type capacité.
6. Ce signal continu de détection rentre dans un amplificateur d'erreur faisant partie d'un asservissement où la consigne est : niveau d'harmonique 2 détecté = 0.
7. La sortie de cet amplificateur continu alimente en courant la bobine de compensation et quand l'asservissement fonctionne, on a le champ créé par cette bobine = - champ terrestre donc EGAL et OPPOSE. En général la bobine de détection secondaire sert de bobine de compensation.
8. La mesure de l'activité solaire se résumera à l'enregistrement du courant dans la bobine de compensation.
9. Avec 3 bobines disposées dans les 3 directions de l'espace, on pourra connaître les 3 composantes du champ.

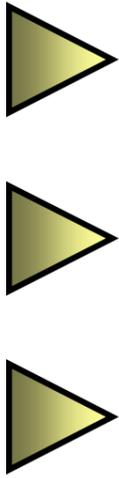


**Platine extraction des variations de  $\Delta H$  à partir du courant de compensation**

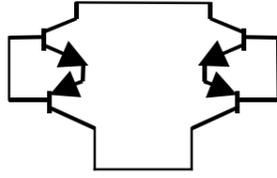


**Platine DETECTEUR SYNCHRON 2F et asservissement du courant de compensation**

Convertisseur courant /tension



Totempole /pont complet

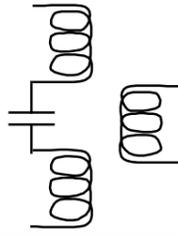


Ampli 2F vers face avant

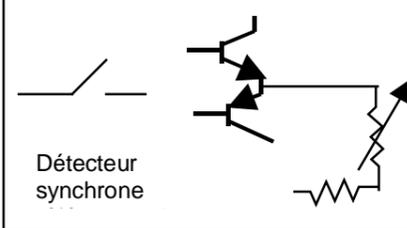
Ampli tension décalage



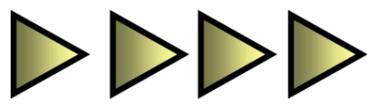
Transformateur de commande des transistors de l'échantillonneur



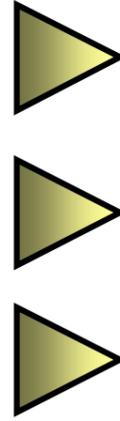
Source de courant de compensation

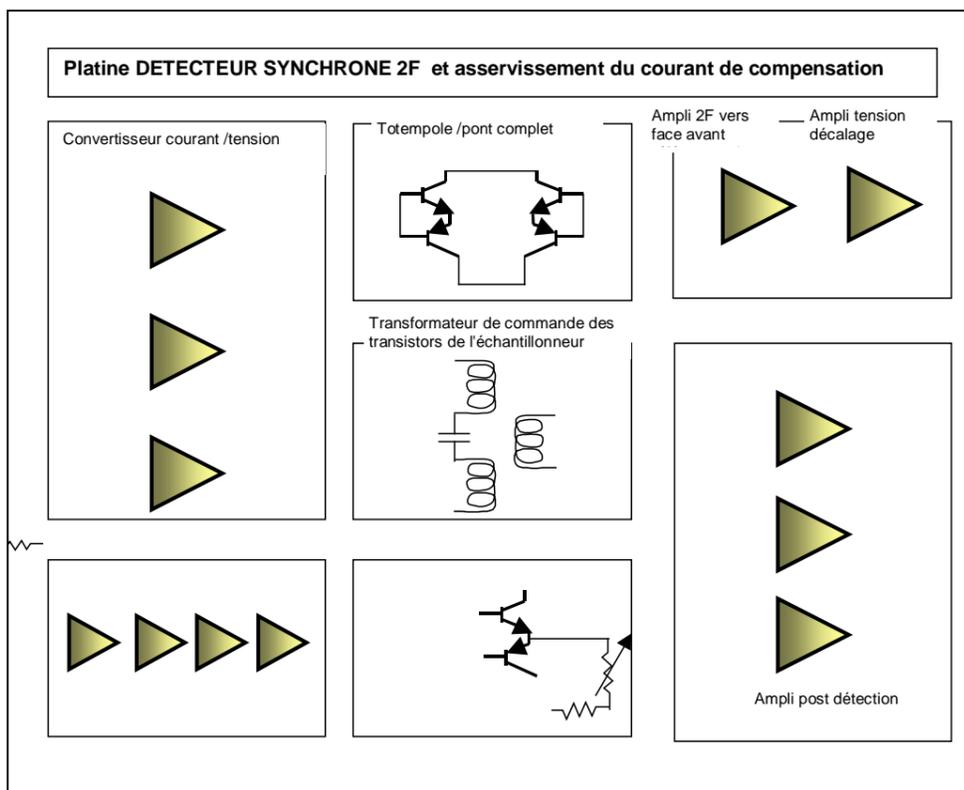


Détecteur synchrone



Ampli post détection





quelques principes à respecter pour la construction des transducteurs FGM

- Avoir un circuit magnétique fermé permet de saturer avec peu de puissance tore fermé plus favorable que de montage de noyaux droits de Vacquier
- Avoir le plus faible champ coercitif possible : matériau très doux et la plus forte perméabilité pour saturer facilement
- Préferer la caractéristique F flat des disjoncteurs différentiels à haute sensibilité à la caractéristique rectangulaire Z adaptée aux amplis magnétiques
- Pour avoir la plus grande longueur d'interaction possible : avoir un circuit magnétique de la forme circuit de voiture ou double U

$$1\text{Oe} = 80\text{A/m}$$