

Spectres de fréquence

1 Tension sinusoïdale

1.1 Représentation temporelle

La tension délivrée par le générateur basse fréquence est sinusoïdale de fréquence $f_0 = 1 \text{ kHz}$ et de valeur crête à crête $V_{pp} = 1 \text{ V}$, voir la figure 1.

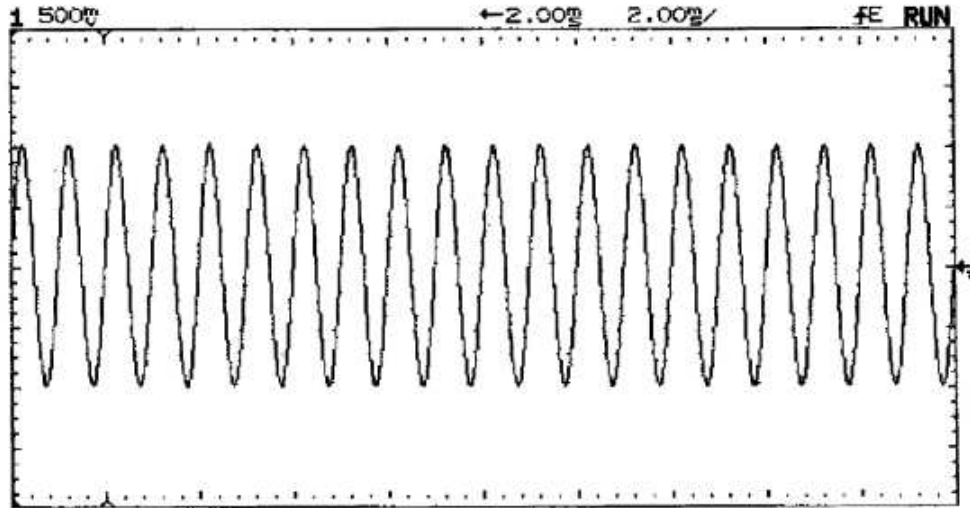


FIGURE 1 – Tension sinusoïdale

1.2 Représentation fréquentielle

On peut constater que la tension délivrée par le générateur basse fréquence n'est pas de forme parfaitement sinusoïdale du fait de la présence dans le spectre d'une composante à 2 kHz, voir la figure 2.

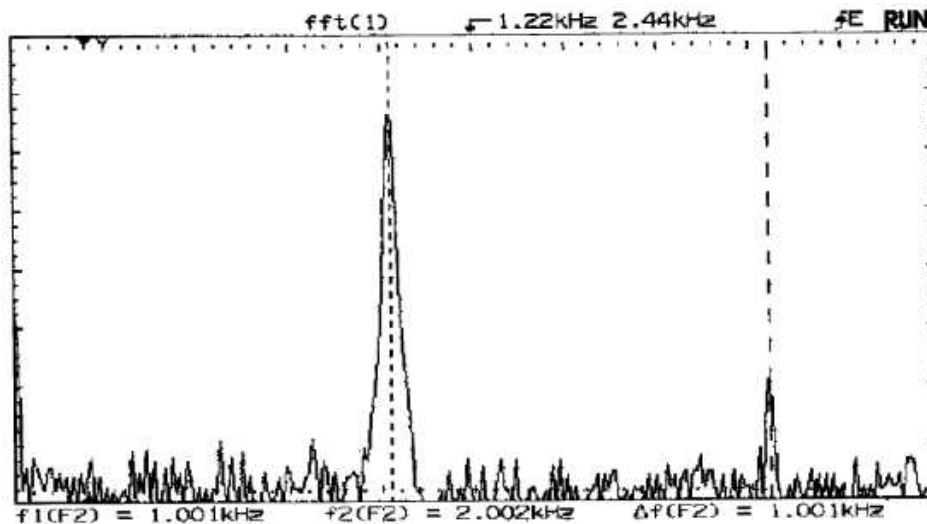


FIGURE 2 – Spectre de la tension sinusoïdale

2 Tension modulée en amplitude

2.1 Représentation temporelle

La tension représentée sur la figure 3 est une tension sinusoïdale modulée en amplitude. Son expression mathématique est de la forme :

$$u(t) = U_0(1 + m \cos 2\pi f_m t) \cos 2\pi f_0 t$$

avec $f_m < f_0$ et même $f_m \ll f_0$ en général, m est le taux de modulation. Sur la représentation de la figure 3, on a $f_0 = 1 \text{ kHz}$ et $f_m = 100 \text{ kHz}$.

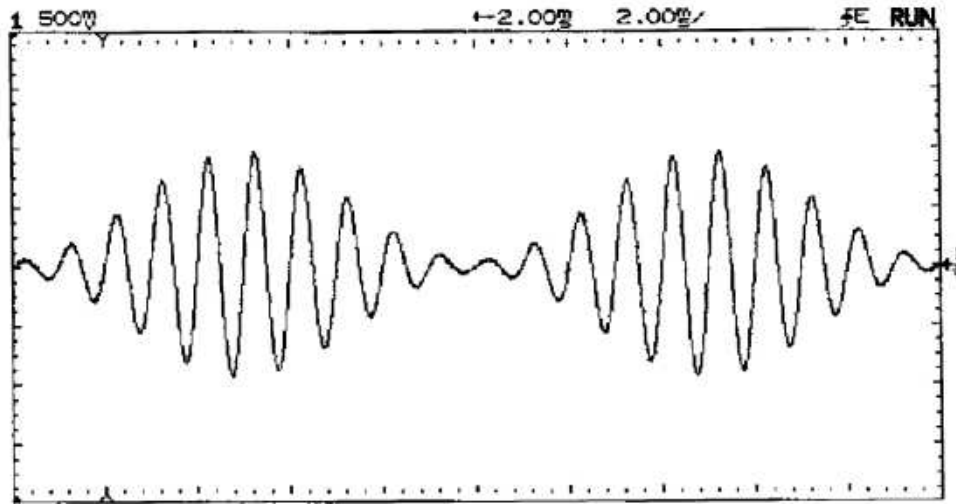


FIGURE 3 – Tension sinusoïdale modulée en amplitude

2.2 Représentation fréquentielle

Dans le spectre de la tension modulée en amplitude, on peut voir que le spectre comporte les fréquences f_0 mais aussi les fréquences $f_0 - f_m = 0,9 \text{ kHz}$ et $f_0 + f_m = 1,1 \text{ kHz}$ à la figure 4. L'opération multiplication de $\cos 2\pi f_0 t$ par $(1 + m \cos 2\pi f_m t)$ est une opération non linéaire qui modifie, comme toutes les non linéarités, modifie le nombre et la nature des fréquences présentes par rapport au fréquence de départ qui étaient ici f_0 et f_m .

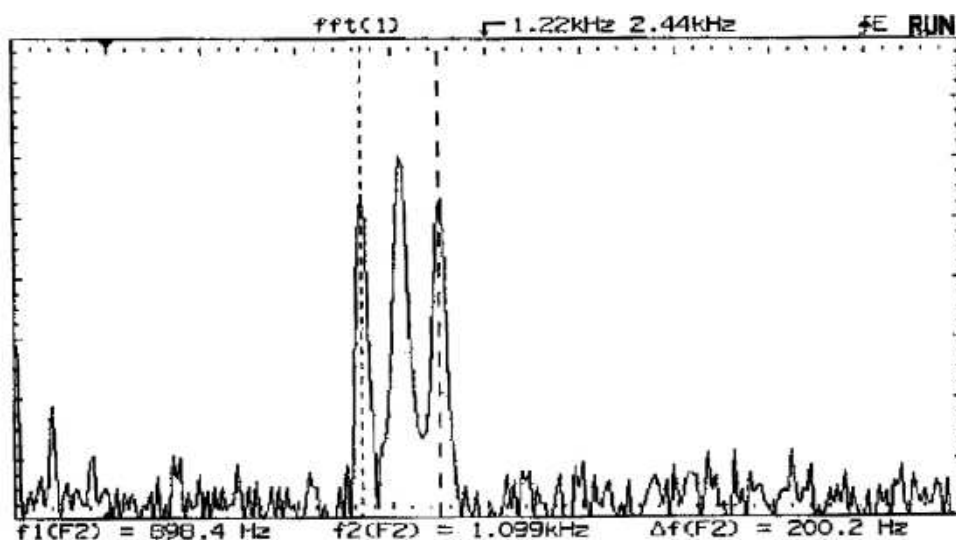


FIGURE 4 – Spectre de la tension sinusoïdale modulée en amplitude

3 Tension créneau périodique

3.1 Représentation temporelle

La tension créneau périodique représentée sur la figure 5 possède la fréquence $f_0 = 1$ kHz.

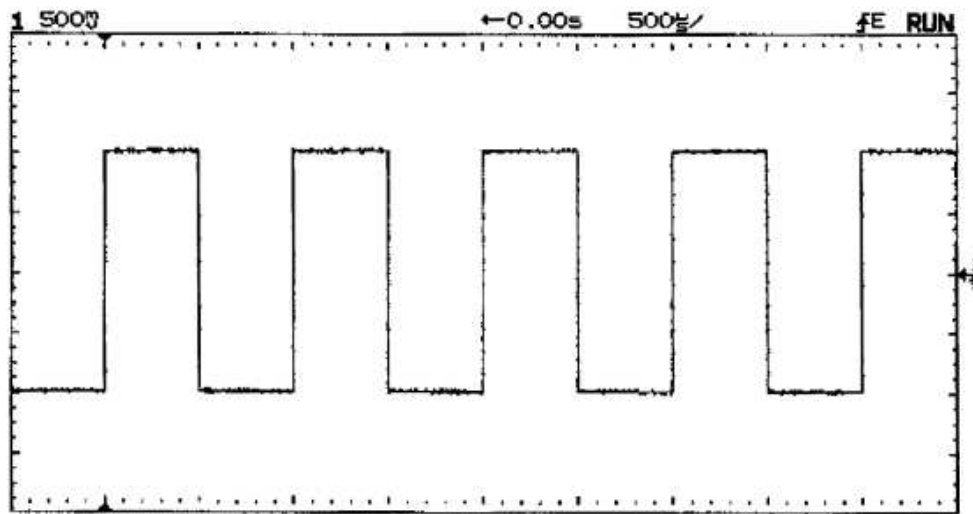


FIGURE 5 – Tension créneau périodique

3.2 Représentation fréquentielle

On constate bien, comme le calcul théorique l'a montré, que le spectre de cette tension contient la fréquence du fondamental à savoir f_0 mais aussi toutes les harmoniques impaires de la forme $(2n + 1)f_0$. On observe aussi la décroissance de l'amplitude, elle évolue en $\frac{1}{2n + 1}$. Cela n'est pas perceptible sur le graphique car l'oscilloscope qui a calculé ces spectres donne une réponse en échelle logarithmique. Voir la figure 6

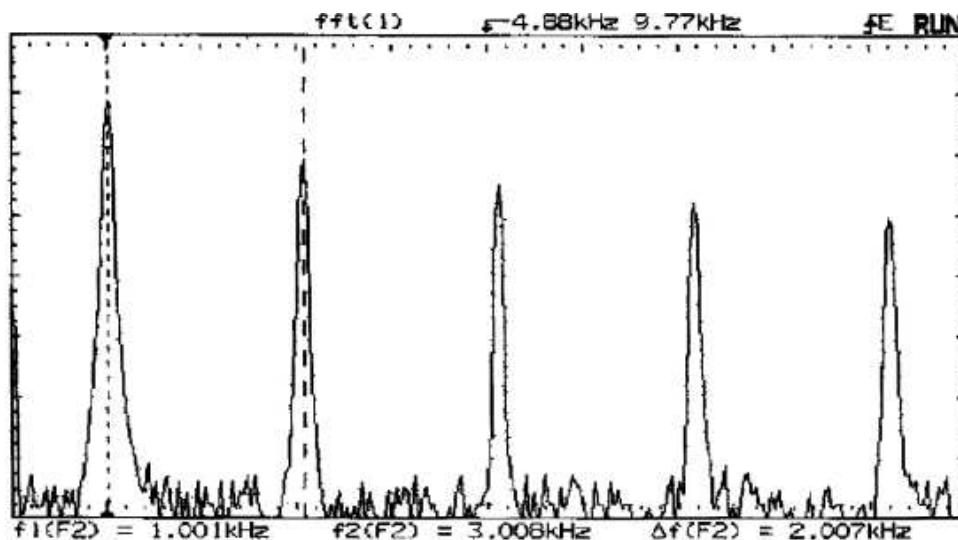


FIGURE 6 – Spectre de la tension créneau périodique

4 Tension triangulaire périodique

4.1 Représentation temporelle

La tension triangulaire périodique représentée sur la figure 7 possède la fréquence $f_0 = 1$ kHz.

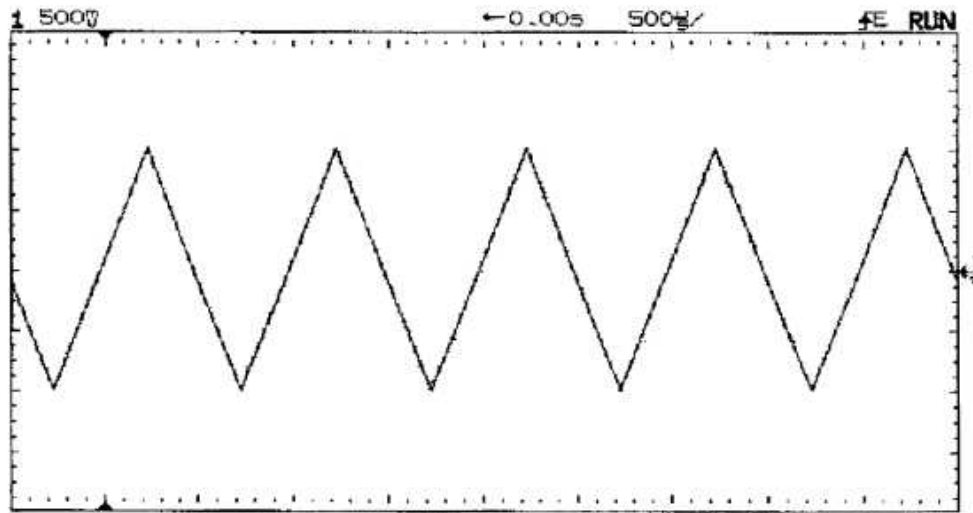


FIGURE 7 – Tension triangulaire périodique

4.2 Représentation fréquentielle

Comme pour la tension créneau, le spectre contient la fréquence du fondamental à savoir f_0 mais aussi toutes les harmoniques impaires de la forme $(2n + 1)f_0$. La décroissance de l'amplitude est plus rapide que pour le cas du créneau, elle évolue en $\frac{1}{(2n + 1)^2}$. Cela n'est pas perceptible sur le graphique car l'oscilloscope qui a calculé ces spectres donne une réponse en échelle logarithmique mais on voit quand même assez nettement la différence avec la tension créneau. Voir la figure 8. On notera aussi la présence d'une composante à 2 kHz qui n'est pas prévue par le calcul, elle est due à un défaut du signal qui n'est pas tout à fait triangulaire.

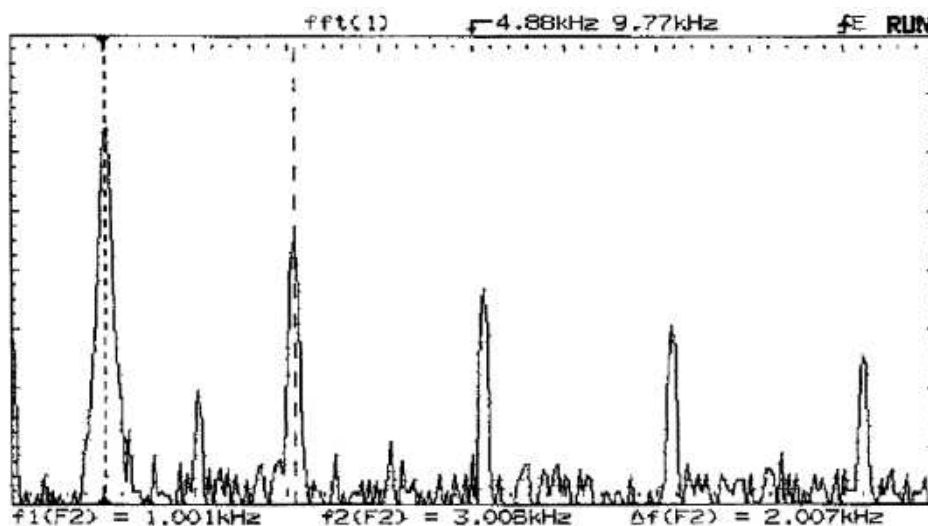


FIGURE 8 – Spectre de la tension triangulaire périodique

5 Tension dent de scie périodique

5.1 Représentation temporelle

La tension dent de scie périodique représentée sur la figure 7 possède la fréquence $f_0 = 1$ kHz.

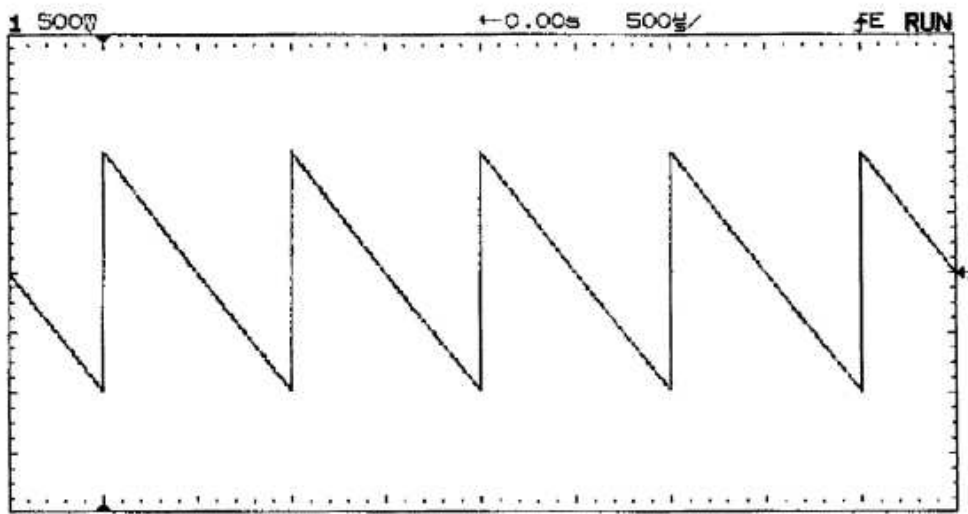


FIGURE 9 – Tension dent de scie périodique

5.2 Représentation fréquentielle

Le spectre contient la fréquence du fondamental à savoir f_0 mais aussi toutes les harmoniques de la forme nf_0 . On retrouve toujours la décroissance de l'amplitude lorsque le rang n de l'harmonique augmente. Voir la figure 10.

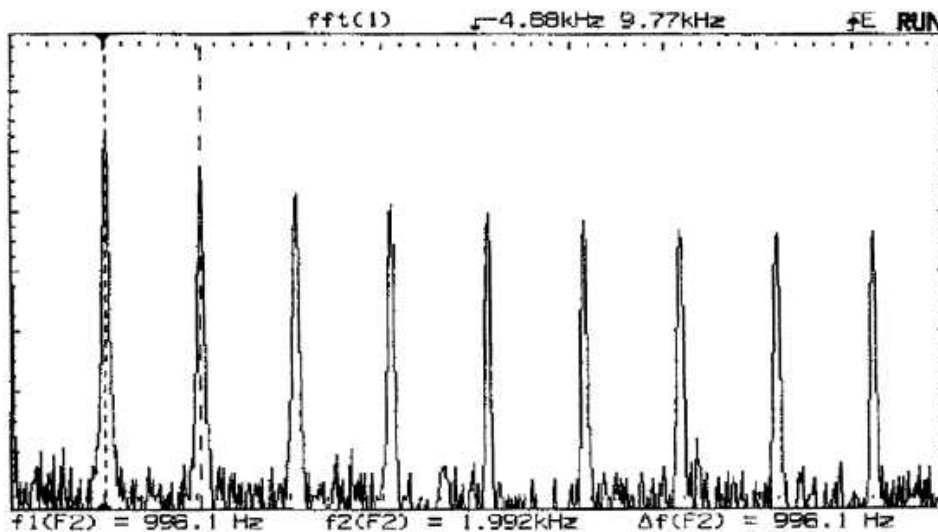


FIGURE 10 – Spectre de la tension dent de scie périodique

6 Tension de forme proche d'une impulsion

6.1 Représentation temporelle

La tension délivrée par le générateur basse fréquence reste une tension périodique mais la durée de l'impulsion principale étant petite devant la période, on peut - de façon relativement satisfaisante - considérer que tout se passe comme si on avait une impulsion unique. Voir la figure 11.

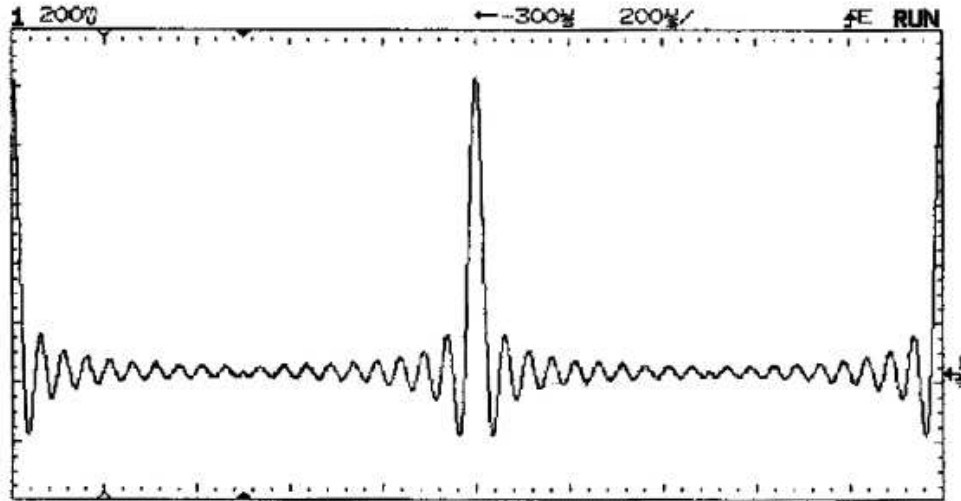


FIGURE 11 – Tension de forme proche de l'impulsion

6.2 Représentation fréquentielle

Le spectre de cette tension est très particulier par rapport aux cas précédents. La théorie nous a montré que le spectre d'une impulsion de DIRAC était continu et que toutes les fréquences possédait la même amplitude. C'est ce que l'on peut observer en-dessous d'une fréquence d'environ 20 kHz. Au-delà de cette fréquence, le spectre ne fait apparaître que le bruit de fond du signal. Voir la figure 12.

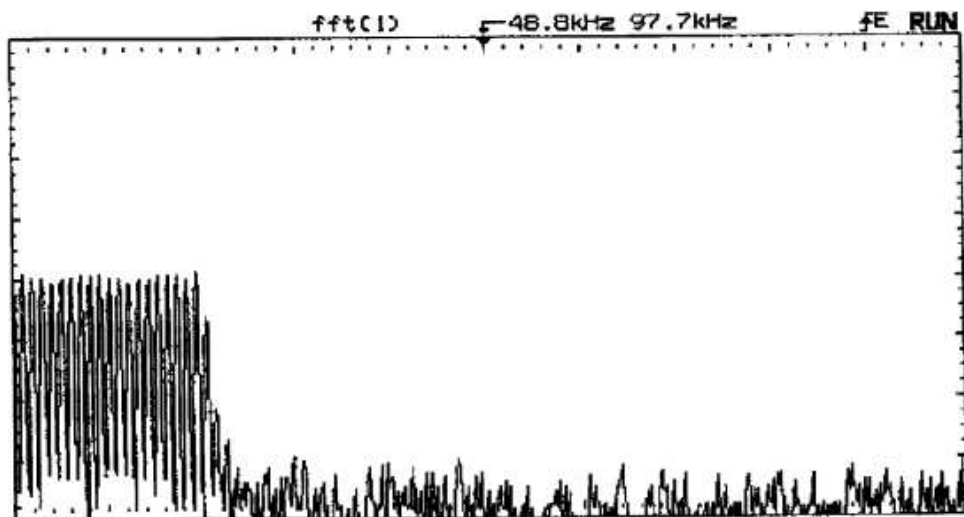


FIGURE 12 – Spectre de la tension proche de l'impulsion

7 Peigne de Dirac

7.1 Représentation temporelle

Sur les enregistrements de la figure 13, on peut voir l'enregistrement au cours du temps d'un peigne de DIRAC. Ce signal est constitué d'impulsions de moyenne non nulle, de forme carrée et d'une très brève par rapport à la période. Un tel signal est utilisé pour réaliser l'échantillonnage d'un signal analogique que l'on veut numériser. Son échantillonnage est la première étape du processus vers la numérisation. Le peigne de DIRAC est un signal important du programme étudié en MP. Le peigne de DIRAC possède une fréquence $F_e = 1$ kHz, une impulsion très brève se produit donc toutes les millisecondes.



FIGURE 13 – Petite portion d'un peigne de DIRAC dans le domaine temporel

Sur la figure 14, on peut voir un extrait beaucoup plus long du peigne de DIRAC en changeant la base de temps utilisée sur l'oscilloscope. Ici, la base de temps est de 2 ms alors qu'elle était de 500 μ s pour l'enregistrement de la figure 13.

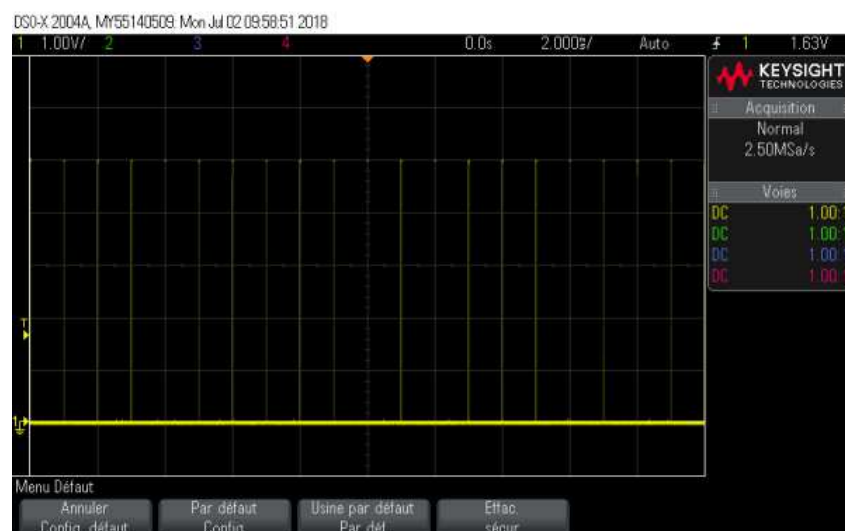


FIGURE 14 – Grande portion d'un peigne de DIRAC dans le domaine temporel

7.2 Représentation fréquentielle

Comme on peut le constater sur les figures 15 et 16, le spectre d'un peigne de DIRAC est un peigne de DIRAC mais, bien sûr, cette fois-ci dans le domaine fréquentielle. Sur l'enregistrement de la figure 15, on travaille sur une durée totale assez brève pour le calcul de la FFT. La conséquence est que la précision du spectre obtenu est moindre. La notion de peigne fréquentiel est beaucoup plus évidente sur la figure 16 car on a effectué le calcul de la transformée de FOURIER sur une durée beaucoup plus grande.

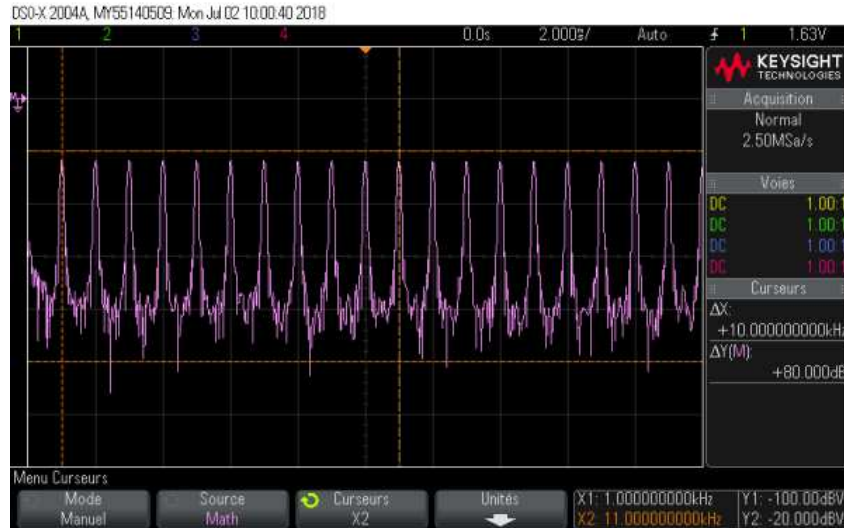


FIGURE 15 – Spectre d'un peigne de DIRAC calculé sur une durée courte

Si la fréquence de répétition de la brève impulsion est F_e alors on constate que le spectre du peigne de DIRAC est constitué de l'ensemble des fréquences nF_e avec $n \in \mathbb{N}$, voir la figure 16.

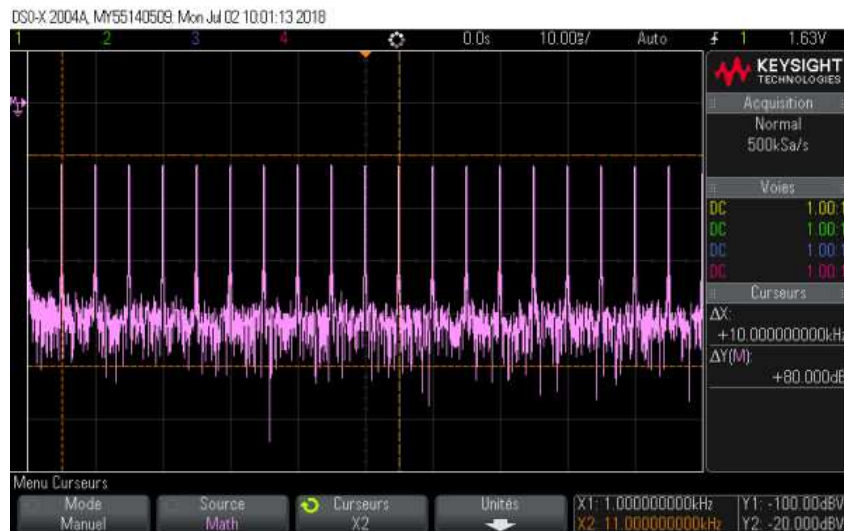


FIGURE 16 – Spectre d'un peigne de DIRAC calculé sur une durée nettement plus longue