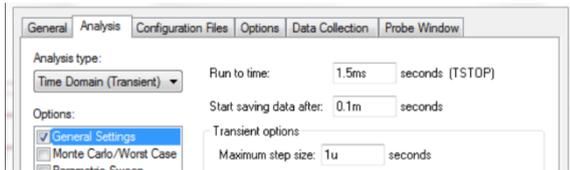


Pspice : comment gérer les paramètres de la directive .TRAN pour exploiter la FFT

J'invite le lecteur à consulter le site pour des informations complémentaires.

Page d'accueil du site Internet :
[page d'accueil](#)

d'autres pdf, sur différents sujets :
[liste des PDF](#)

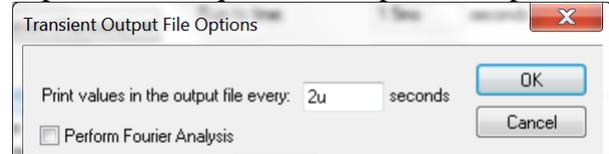


Run to time : **Tstop**

Start saving data after : **Tstart**

Max step size : **Tmax**

Après avoir cliqué dans Output File Options :



Print values in the output file every : **Tstep**

Il y a donc 4 paramètres lors de la commande .TRAN.

Si on exploite une netliste (et non un « schematic »),
 (fichier.cir), ils sont à placer dans cet ordre :

.TRAN Tstep Tstop Tstart Tmax

L'exemple affiché ci-dessus, donne, dans le
 fichier de sortie, ou output file, (fichier.out) :

```
*Analysis directives:
.TRAN 2u 1.5ms 0.1m 1u
```

- **Tstop** est directement lié au schéma, aux signaux : c'est l'équivalent de la largeur de l'écran sur un oscilloscope : si le signal à analyser est périodique (cas fréquent), on cherche à le visualiser sur quelques périodes, afin de faire des mesures au curseur de façon confortable.
- Pspice adapte, en temps réel en cours de simulation, la largeur du pas d'échantillonnage temporel en fonction de critère de convergence. Ce pas fluctue dans une très large dynamique. L'utilisateur peut imposer un pas maximal : c'est le paramètre **Tmax**. Inutile cependant de réduire considérablement Tmax, sous peine d'avoir une simulation trop longue à s'exécuter.
- Lors de la simulation, Pspice stocke les résultats à intervalles plus ou moins réguliers. Également, l'utilisateur peut imposer un pas maximal : **Tstep**, choisi généralement petit, pour avoir des tracés de courbes définis finement, sinon les chronogrammes apparaissent en ligne brisée car formés de segments. Inutile cependant de réduire considérablement Tstep, sous peine d'avoir un fichier de résultat trop volumineux et des courbes longues à s'afficher. Tstep est donc le pas d'enregistrement maximal. Pspice peut choisir de stocker des points avec un pas plus fin. Mais on n'aura aucune amélioration sur les courbes si l'échantillonnage est large : tous les points espacés de Tstep seront alignés sur des segments de droite entre 2 points d'échantillonnage de calcul.

⇒ **Il est cohérent que l'utilisateur choisisse Tmax = Tstep.**

Une première estimation est de choisir **Tstep = Tstop/1000** : cela permet d'avoir sur l'écran des chronogrammes avec 1000 points sur l'axe temporel. Si on est amené à faire des loupes, ou des mesures fines de temps de montée, descente, alors il peut être justifié de réduire encore Tstep et de relancer la simulation.

Le début des traces (dès $t = 0$) est parfois inintéressant car lié à des conditions initiales non maîtrisées. On peut donc les ignorer. Pour gagner en temps de simulation, l'utilisateur peut préciser de stocker les résultats à partir de **Tstart**. Pspice simule à partir de $t = 0$, mais stocke à partir de $t = Tstart$. On économise ainsi de nombreux accès disque lors de la simulation qui se déroule ainsi plus rapidement. Le fichier résultat en est plus réduit. Cette possibilité est judicieuse quand on fait des runs multiples.

L'utilisateur choisit généralement Tstart = 0, par habitude...

L'exploitation de la FFT nécessite d'autres considérations :

La FFT (Fast Fourier Transform) est un traitement mathématique qui permet, à partir d'un tableau de N points représentant un signal temporel échantillonné, de calculer un tableau de N points donnant sa représentation fréquentielle. Ce traitement est effectué par « **Probe** » le logiciel de tracé de courbes, associé à Pspice. On retrouve également ce traitement FFT sur les oscilloscopes numériques. Le signal temporel est donc échantillonné à une fréquence qu'on nommera F_e .

Le lancement de la FFT après une simulation « TRANSIENT » donnera des résultats liés aux paramètres Tstep, Tstop, Tstart, Tmax.

1) Le spectre affiché a une résolution fréquentielle $1/T$, avec $T = T_{stop} - T_{start}$.

Cela signifie qu'une raie théorique (une impulsion de Dirac en fréquence) sera affichée par un triangle de largeur (ou base) $\frac{2}{T}$. La hauteur de ce triangle représente l'amplitude de l'harmonique.

→ Pour avoir une certaine finesse afin de distinguer individuellement des raies voisines, il faut faire une simulation "longue", donc choisir (**$T_{stop} - T_{start}$**) **grand**.

2) Le spectre sera affiché jusqu'à une fréquence de $F_e/2$

Pspice transmet un tableau dont le nombre de valeurs n'est pas connu à l'avance. On connaît le pas maximum (Tstep, le pas d'enregistrement), mais non le pas minimum (que Pspice choisit en fonction de critères de convergence).

Pour information, le nombre exact peut être lu, après simulation, dans le fichier de sortie, à la ligne "No. total time points (NUMTTP)", si on a cliqué ACCT dans le menu options, output file (ou précisé l'option ".OPTION ACCT" dans le fichier .cir).

Un ordre de grandeur du nombre de points stockés est : $\frac{T_{stop} - T_{start}}{T_{max}}$ ou, selon, $\frac{T_{stop}}{T_{max}}$.

Pour des raisons d'algorithme de calcul propre à la **FFT**, le nombre de valeurs doit être une puissance de 2. Probe fera un sous-échantillonnage de ce tableau à intervalles réguliers.

→ à Tstop donné, si on veut un spectre affiché avec une étendue de fréquence importante, il faut donc choisir **Tmax faible**.

3) Il ne faut pas prendre le début de la courbe temporelle si ce n'est pas significatif

Dans le cas où le départ des traces ne représente pas le régime entretenu, mais un régime transitoire lié aux conditions initiales : il faut "sortir" les points du tableau, sous peine de voir un spectre faussé.

- Solution 1 : on relance la simulation en choisissant un **Tstart au bon endroit**. Cette solution est à privilégier, pour gagner du temps, si on est amené à faire plusieurs runs successifs.

- Solution 2 : dans le menu probe, axis setting, use data, restricted, permet de tronquer le début du tableau que l'on choisira alors pertinemment. C'est la solution la plus souple. Probe lance la FFT avec l'extrait de tableau que l'utilisateur laisse transmettre.

4) Le spectre est faussé si on ne dispose pas d'un nombre entier de périodes du signal dans le calcul.

Idéalement, le calcul de FFT doit se faire sur un nombre entier de périodes du signal à analyser.

- Si le signal dont on cherche le spectre est commandé par une source d'entrée de période T, il suffit de choisir **Tstop** (ou $T_{stop} - T_{start}$ si c'est le cas) = **multiple entier de T**.

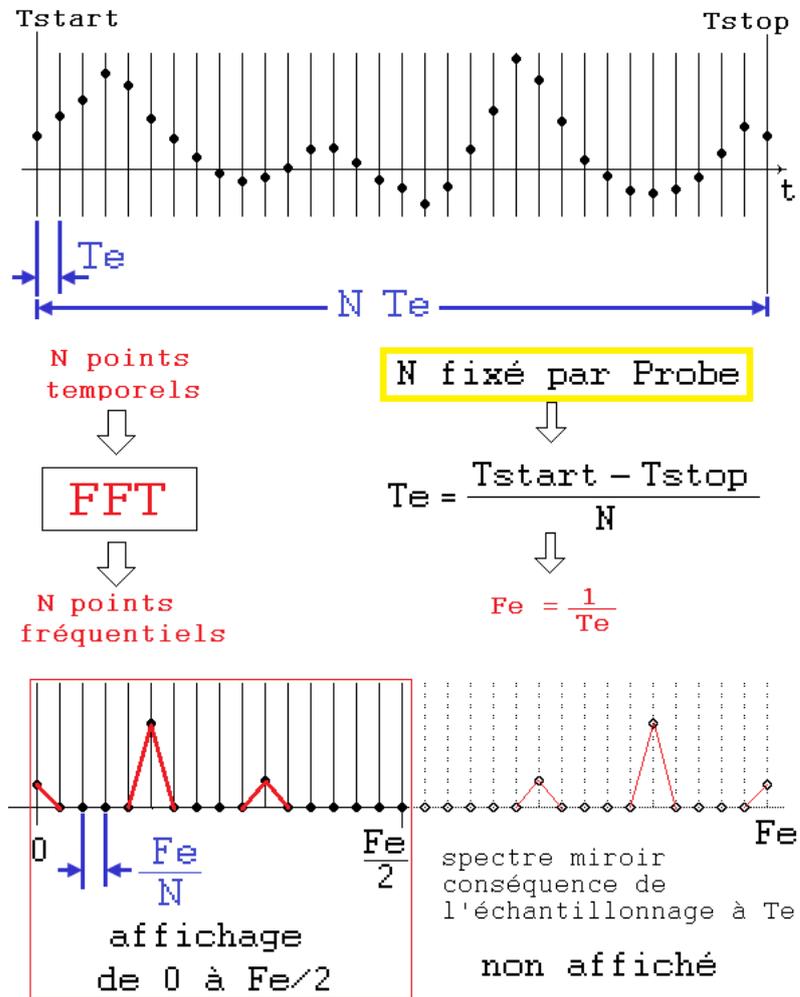
Dans le cas où des conditions initiales altère la forme d'onde à observer, ou si le signal ne dépend pas d'une entrée (oscillateur par exemple) il faut agir sur restricted data, pour retirer un extrait judicieux du début et/ou de la fin des signaux temporels.

- Dans le cas où la période est inconnue avant la simulation, il faut : soit faire un premier run pour mesurer la période, et relancer une simulation avec (**$T_{stop} - T_{start}$**) bien calé, soit faire un run avec une durée d'enregistrement longue : lors de la FFT, les pics de fréquence seront localisés avec précision.

En **conclusion**, ne pas cliquer précipitamment sur la touche FFT sous peine d'avoir n'importe quoi !
 Il est fréquent de recommencer un run TRAN pour avoir un affichage FFT pertinent.

en résumé

- Après le run TRAN, un nombre N a été calculé par la relation :
 $N = (T_{stop} - T_{start}) / T_{max}$
 arrondi à une puissance de 2, en général la plus proche.
- d'où échantillonnage temporel à :
 $T_e = (T_{stop} - T_{start}) / N$
- d'où $F_e = 1 / T_e$, et un axe fréquentiel limité à $F_e / 2$.
- il s'ensuit une discrétisation en fréquence de F_e / N .
- le spectre est alors affiché par des segments de droite rejoignant les points.
- le spectre après $F_e / 2$ est un miroir de celui de 0 à $F_e / 2$: c'est la conséquence de l'échantillonnage, qui duplique de part et d'autre des fréquences multiples de F_e . Cette portion de spectre n'est pas affichée par Probe.
- L'analyse a une durée $\Delta T = N T_e$, une raie se transformera en triangle de base $2 / \Delta T = 2 / (N T_e) = 2 F_e / N$.
 Pour quantifier la résolution fréquentielle, on peut éventuellement parler de largeur à mi-hauteur (sur une échelle linéaire) qui vaut alors $1 / \Delta T$.

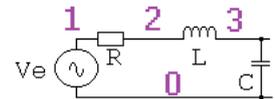


Vérifions sur un exemple, un circuit RLC série :
 Le signal d'entrée est une sinusoïde de fréquence 100 kHz (→ période 10 μs).
 On s'intéresse, dans la simulation qui suit, à la tension aux bornes du condensateur.

Extrait du fichier.cir (≡ netliste établie par CIS) :

```

Ve 1 0 sin (0 1 100k)
R 1 2 1k
L 2 3 1m
C 3 0 100n
    
```



Cette tension, en régime permanent, est sinusoïdale, atténuée et déphasée par rapport à la sinusoïde d'entrée. Dans cet exemple simple, l'amplitude et le déphasage sont calculables aisément par la théorie.

Nous allons voir les conséquences des paramètres de la directive .TRAN :

```
*.TRAN Tstep Tstop Tstart Tmax
.tran 0.4u 400u 0u 0.4u
```

Tstop = 400 μs permet de voir les 40 premières périodes.

On remarque très clairement le régime transitoire (conséquence de partir à $U_C = 0$ pour $t = 0$) qui dure environ 300 μs.

Au-delà, on se situe en régime permanent.

On remarque que les traces sont définies finement (Tstep = 0,4μs est un bon choix),

On peut lire *raisonnablement* l'amplitude du signal de sortie, ainsi que le déphasage.

(En toute rigueur, il ne faut pas hésiter à faire un run plus long pour être sûr d'être dans le régime permanent. Dans ce cas, on a : 13,55 mV, -121 °).

On clique sur FFT. Le spectre s'affiche de 0 à 1,28 MHz.

On a, après simulation, NUMTTP = 1014, valeur proche de Tstop/Tmax = 1000.

Probe sous échantillonne le tableau de résultats avec N = 1024. Il s'ensuit $T_e = T_{max}/N = 400 \mu s / 1024$, soit une fréquence d'échantillonnage de 2,56 MHz. D'où l'affichage qui s'arrête à $F_e/2 = 1,28$ MHz.

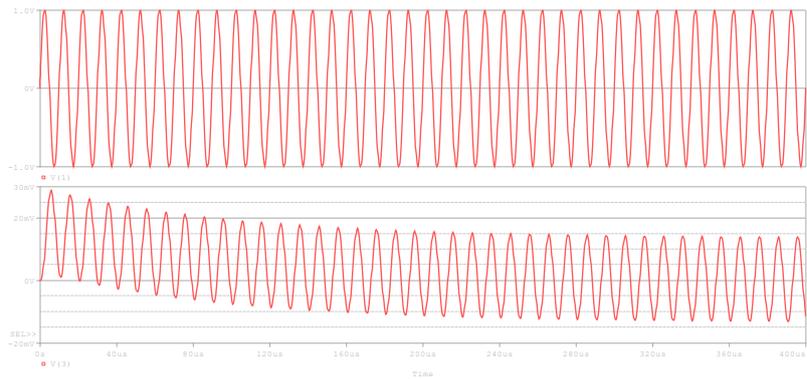
Le départ du spectre de la tension U_C affiché (ici jusqu'à 30 kHz environ) est faux, conséquence du calcul de FFT avec les points du régime transitoire. Remarque : on retrouve un spectre sans ce défaut, si on lance un run avec Tstart = 400 μs, Tstop = 800 μs : dans [400 μs ; 800 μs], le signal U_C est parfaitement périodique.

Une raie théorique apparait comme un triangle de base (mesurée au curseur) = 5 kHz, d'amplitude 1 V pour l'entrée (valeur donné dans le fichier d'entrée), et de 13,4 mV en sortie (valeur très proche de celle mesurée précédemment).

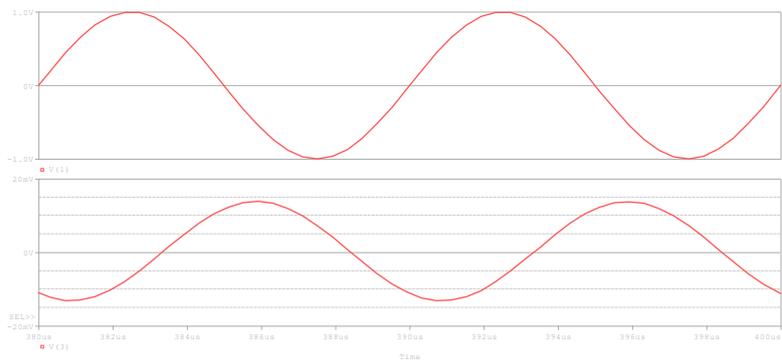
La résolution fréquentielle est bien : $F_e/N = 2,56 \text{ MHz}/1024 = 2,5 \text{ kHz}$.

Remarque : on dégrade l'affichage du spectre avec Tstop mal choisi, comme 395 μs : on ne dispose pas d'un nombre entier de périodes du signal.

Trace supérieure : **entrée** (sinusoïde à 100 kHz et 1 V d'amplitude)
Trace inférieure : **sortie** (tension aux bornes du condensateur).



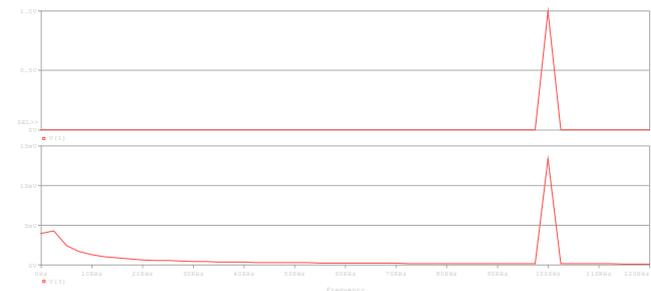
Réalisons un **zoom** :



FFT



Réalisons un **zoom** :



articles 1 à 43 : sur le livre

Tableau récapitulatif des articles PDF disponibles sur ce site

n°	titre	lien présentation	lien direct article
	Guide d'installation et d'emploi simplifié	présentation	document PDF
44	Exemples basiques et des exercices...	présentation	document PDF
45	Un exemple de circuit passif	présentation	document PDF
46	Un oscillateur Colpitts	présentation	document PDF
47	Compensation en fréquence des amplificateurs opérationnels	présentation	document PDF
48	Un amplificateur à transistors bipolaires	présentation	document PDF
49	Une bascule D Flip Flop CMOS	présentation	document PDF
50	Une porte XOR à transistors MOS	présentation	document PDF
51	Un VCO à 12 transistors MOS	présentation	document PDF
52	Une PLL à moins de 20 transistors MOS	présentation	document PDF
53	Un oscillateur à résistance négative	présentation	document PDF
54	Une charge électronique	présentation	document PDF
55	Un amplificateur en classe C	présentation	document PDF
56	Le monostable 74 123	présentation	document PDF
57	Un amplificateur en classe D	présentation	document PDF
58	Le transformateur en linéaire	présentation	document PDF
59	La loi d'ohm thermique	présentation	document PDF
60	Le transformateur en non linéaire	présentation	document PDF
61	Robustesse d'un oscillateur en anneau	présentation	document PDF
62	Une alimentation stabilisée	présentation	document PDF
63	Modélisation d'un haut-parleur	présentation	document PDF
64	Un synthétiseur de fréquence	présentation	document PDF
65	Un ampli audio de Sparkfun	présentation	document PDF
66	Simulation logique et analogique	présentation	document PDF
67	Un oscillateur à relaxation	présentation	document PDF
68	Lecteur de TAG RFID 125 kHz	présentation	document PDF
69	Diagramme de l'œil avec Pspice	présentation	document PDF
70	Un amplificateur hautes fréquences	présentation	document PDF
71	Une bizarrerie enfin expliquée...	présentation	document PDF
72	Comprendre le paramétrage de la FFT	présentation	document PDF
73	La relation de Bennett	présentation	document PDF
74	Simuler un circuit à plus de 20 transistors avec PSpice Eval	présentation	document PDF
75	Une horloge biphase sans recouvrement	présentation	document PDF
76	Quelques simulations sur la diode	présentation	document PDF
77	Un ampli classe A, avec transformateur de sortie	présentation	document PDF
78	Des stimuli pour PSpice	présentation	document PDF
79	Simuler le TL431 : zener ajustable	présentation	document PDF
80	Un ADC flash	présentation	document PDF
81	Une chaîne d'acquisition : S&H, ADC, DAC	présentation	document PDF
82	Un amplificateur 50 MHz	présentation	document PDF
83	Un dérivateur non inverseur	présentation	document PDF
84	Un amplificateur bipolaire avec push pull CMOS	présentation	document PDF
85	Rôle des répéteurs logiques dans un circuit intégré	présentation	document PDF
86	Un driver logique CMOS pour charge 50 ohms	présentation	document PDF
87	Des triggers de Schmitt et des applications	présentation	document PDF
88	Un filtre gaussien analogique	présentation	document PDF
89	Un générateur de bruit rose	présentation	document PDF

90	Un anémomètre à fil chaud : simulation comportementale	présentation	document PDF
91	Un oscillateur à pont de Wien stabilisé par CTN	présentation	document PDF
92	L'emballement thermique d'une diode	présentation	document PDF
93	Les puissances dans un amplificateur	présentation	document PDF
94	Asservissement de puissance dans une résistance	présentation	document PDF
95	Asservissement de la puissance émise par une antenne radio	présentation	document PDF
96	Un driver de LED de puissance	présentation	document PDF
97	Exploiter Pspice pour simuler des filtres numériques	présentation	document PDF
98	Un filtre en cosinus surélevé avec Pspice	présentation	document PDF
99	Effet de la température sur un amplificateur en classe A	présentation	document PDF
100	Un amplificateur à transistors JFET et bipolaires	présentation	document PDF
Supplément, hors article :			
mon cours « Electronique pour les communications numériques », polycopié couleur 201 pages en pdf			

[retour à l'écran d'accueil de ce site](#)