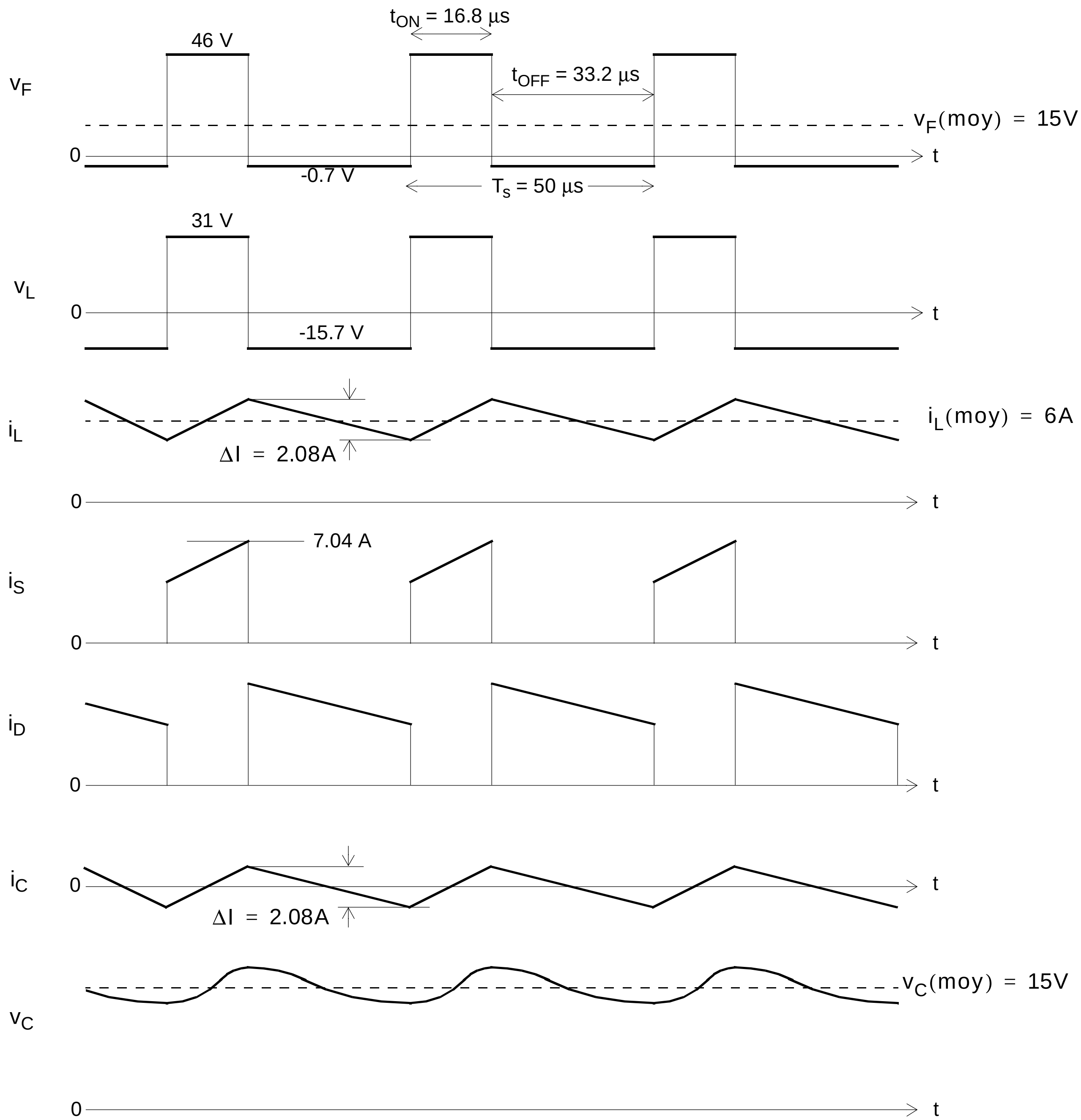
CORRIGÉ DES EXERCICES DU CHAPITRE 5
Partie 2

5.8 a) Formes d'onde des tensions et des courants



b) On a: $v_F(moy) = \dfrac{1}{T_s}[46t_{ON} - 0.7t_{OFF}] = \dfrac{46t_{ON}}{T_s} - \dfrac{0.7(T_s - t_{ON})}{T_s} = 46\alpha - 0.7(1-\alpha) = 15\,\text{V}$

On déduit: $\alpha = \dfrac{15.7}{46.7} = 0.336$

c) L'amplitude des ondulations du courant i_L est donnée par:

$$\Delta I = \frac{31}{250\times10^{-6}} \times 16.8\times10^{-6} = 2.08\,A$$

L'amplitude des ondulations de la tension de sortie (v_C) est donnée par:

$$\Delta V = \frac{1}{2}\times\frac{1}{C}\times\frac{\Delta I}{2}\times\frac{T_s}{2} = \frac{1}{2}\times\frac{1}{100\times10^{-6}}\times\frac{2.08}{2}\times\frac{50\times10^{-6}}{2} = 0.13\,V$$

d) L'interrupteur IGBT doit commuter un courant moyen de 6 A. À chaque commutation, il y a des pertes de $0.4\text{mJ}\times\frac{6}{15} = 0.16\,\text{mJ}$. Pendant 1 seconde, l'interrupteur commute 20000 fois. Donc la puissance perdue par commutation est:

$$P_{commutation} = 20000\times0.16\times10^{-3} = 3.2\,W$$

Durant la période de conduction, le courant dans l'IGBT est de 6 A et la chute de tension à ses bornes est de 2 V. Le rapport cyclique de l'IGBT est de 0.336. Donc la puissance perdue par conduction est:

$$P_{conduction} = 0.336\times6\times2 = 4\,W$$

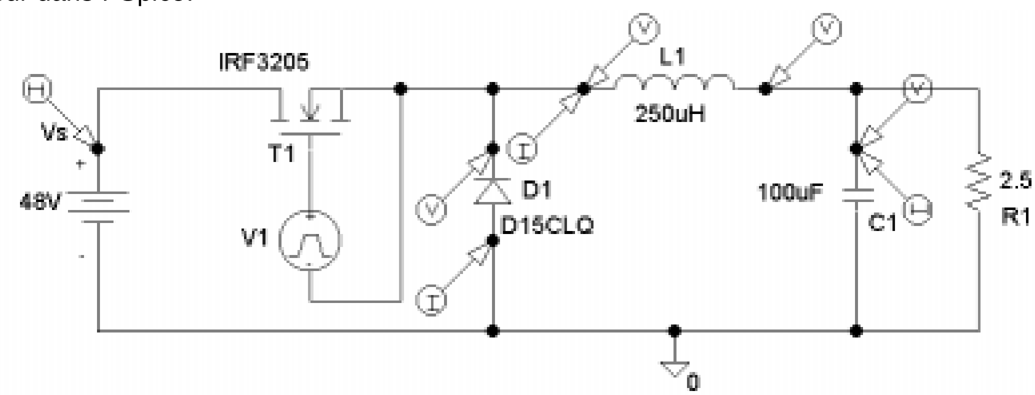
La puissance totale dissipée dans l'IGBT sera:

$$P_{totale} = P_{commutation} + P_{conduction} = 7.2\,W$$

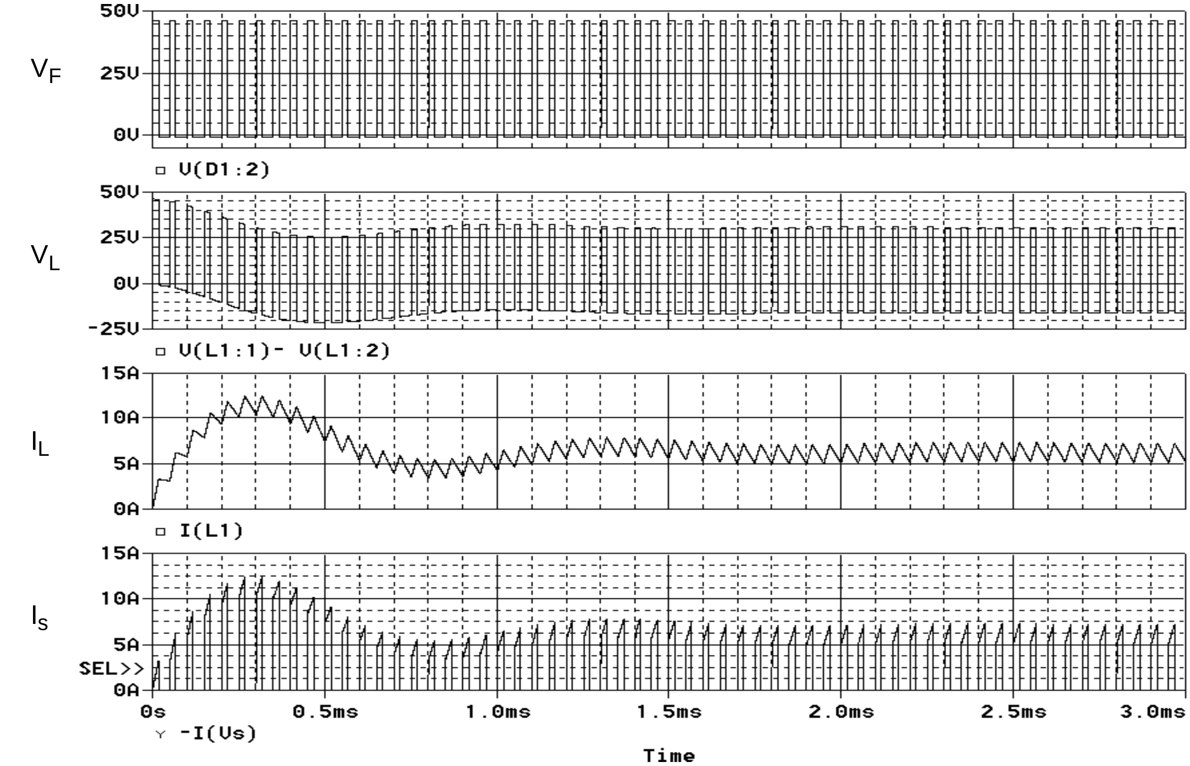
On peut estimer la puissance perdue dans la diode D (due à la conduction seulement):

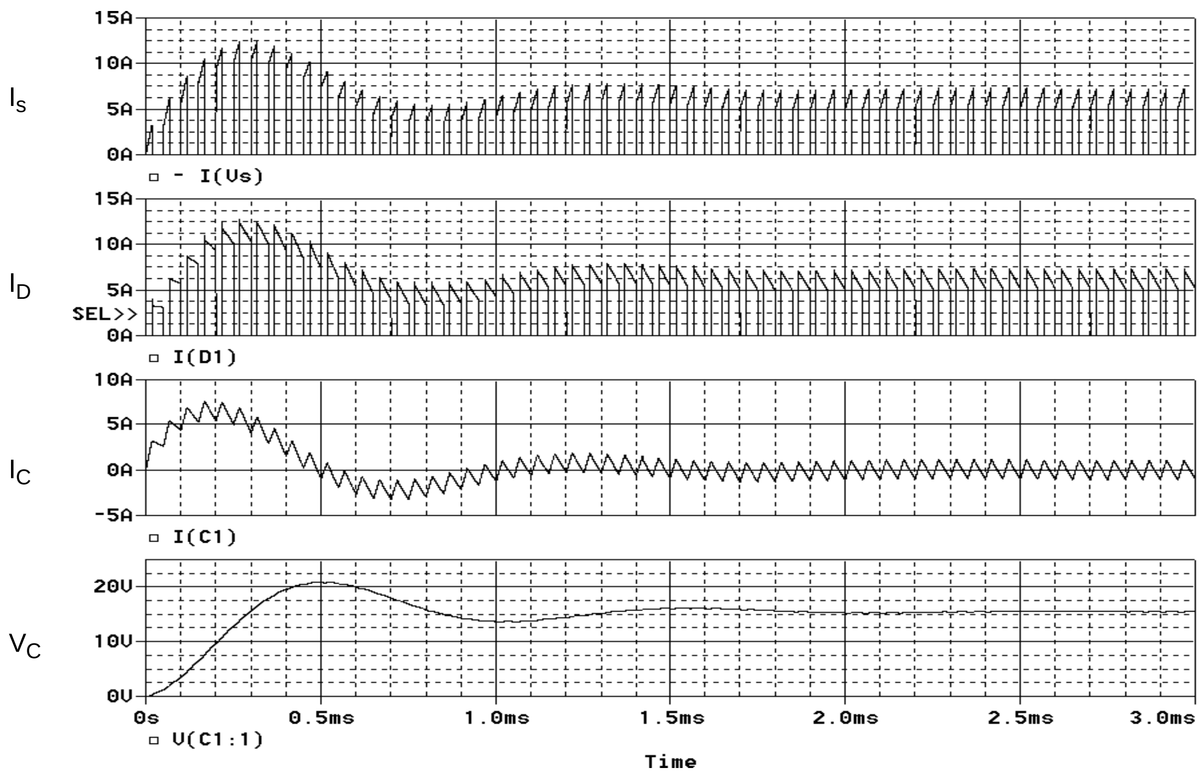
$$P_{diode} = 0.664\times6\times0.7 = 2.8\,W$$

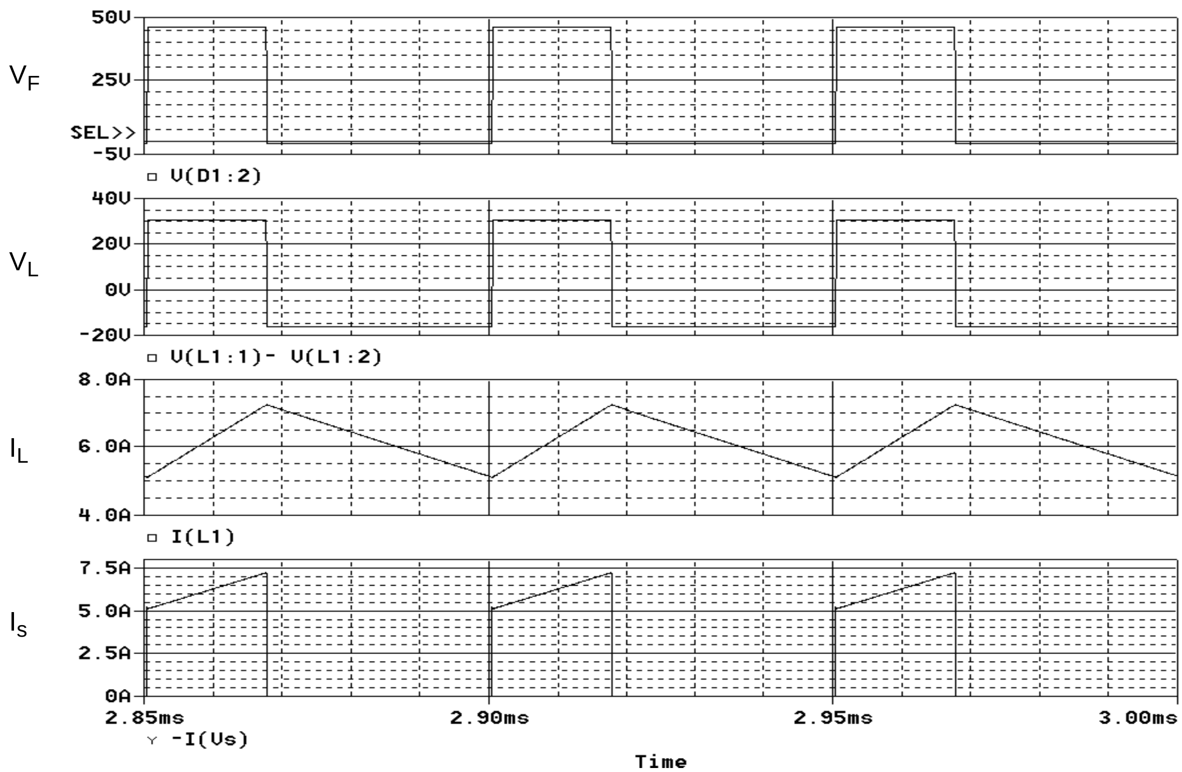
Modèle du hacheur dans PSpice:

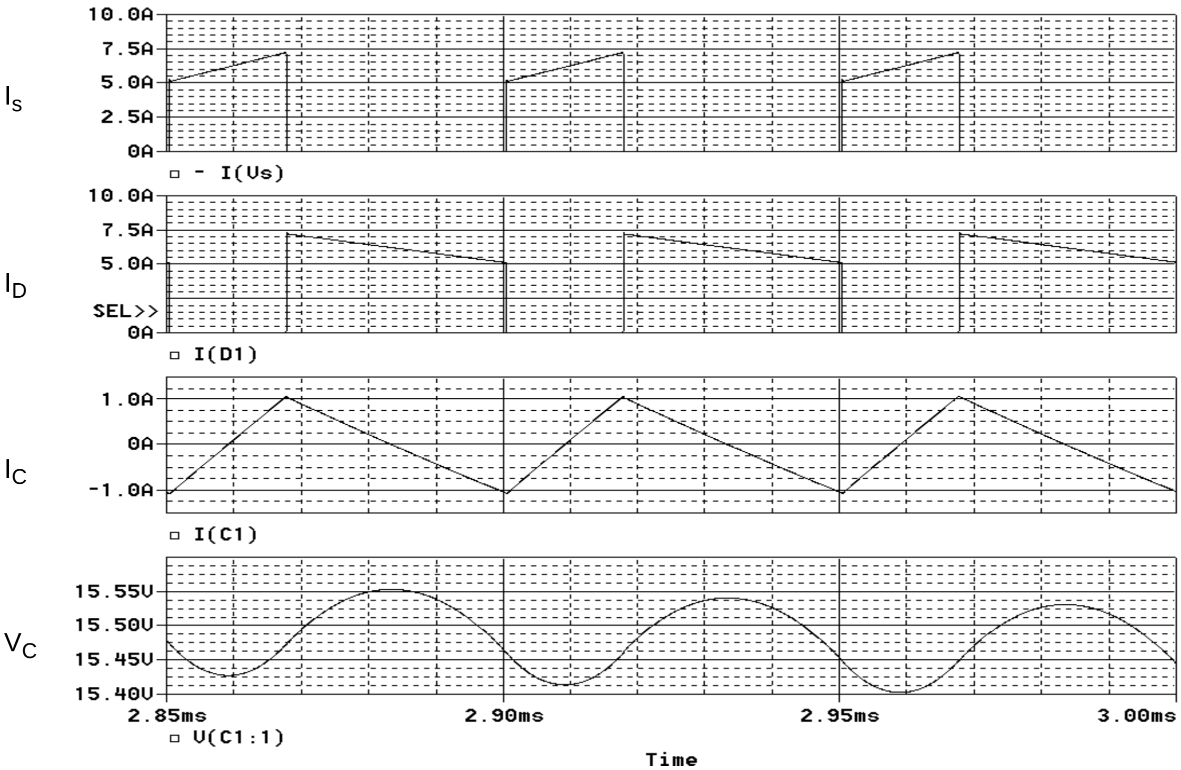


Résultats de simulation



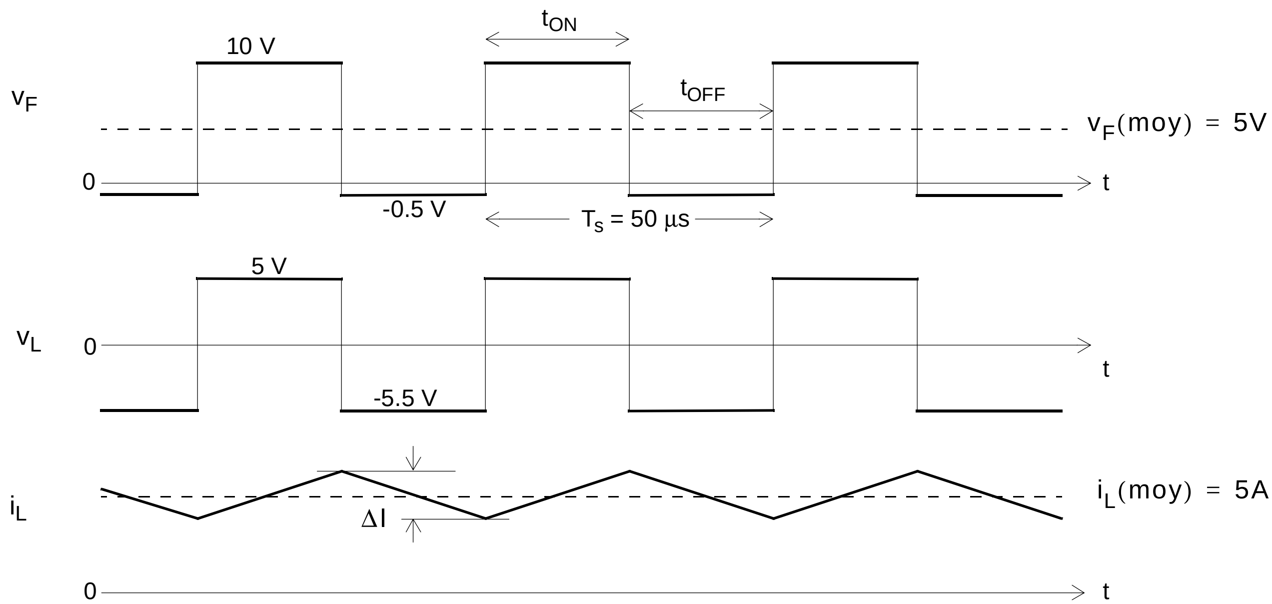



V_F
50V
25V
SEL>>
-5V
V(D1:2)
V_L
40V
20V
0V
-20V
V(L1:1)- V(L1:2)
I_L
8.0A
6.0A
4.0A
I(L1)
I_S
7.5A
5.0A
2.5A
0A
2.85ms
2.90ms
2.95ms
3.00ms
-I(Vs)
Time


I_S
10.0A
7.5A
5.0A
2.5A
0A
- I(Vs)
I_D
10.0A
7.5A
5.0A
SEL>>
0A
I(D1)
I_C
1.0A
0A
-1.0A
I(C1)
V_C
15.55V
15.50V
15.45V
15.40V
2.85ms
2.90ms
2.95ms
3.00ms
V(C1:1)
Time

5.9 a) La résistance de charge correspondante au courant maximal (5 A) est égale à 1 Ω.

Les formes d'onde théoriques du hacheur sont montrées dans la figure suivante.



La tension moyenne de sortie est donnée par la relation suivante:

$$v_F(moy) = \frac{1}{T_s}[10t_{ON} - 0.5t_{OFF}] = \frac{10t_{ON}}{T_s} - \frac{0.5(T_s - t_{ON})}{T_s} = 10\alpha - 0.5(1-\alpha) = 5\ \text{V}$$

On déduit le rapport cyclique: $\alpha = \frac{5.5}{10.5} = 0.524$

b) L'amplitude des ondulations de la tension de sortie (v_C) est donnée par:

$$\Delta V = \frac{1}{2} \times \frac{1}{C} \times \frac{\Delta I}{2} \times \frac{T_s}{2} = 0.05\ \text{V}$$

L'amplitude des ondulations du courant I_L dans l'inductance est donnée par:

$$\Delta I = \frac{5}{L} \times \alpha T_s$$

On déduit: $\Delta V = \frac{1}{2} \times \frac{1}{C} \times \frac{5}{2L} \times \frac{\alpha T_s^2}{2} = \frac{5}{8} \times \frac{\alpha T_s^2}{LC} = 0.05$

Et: $LC = \frac{5}{8} \times \frac{\alpha T_s^2}{0.05} = \frac{5}{8} \times \frac{0.524(50 \times 10^{-6})^2}{0.05} = 1.6 \times 10^{-8}$

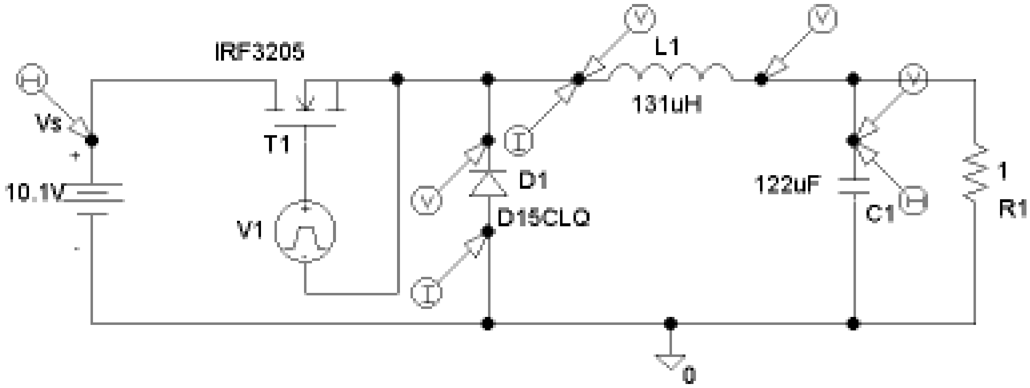
On peut choisir ΔI = 1 A. La valeur de L sera:

$$L = \frac{5}{1} \times \alpha T_s = 131\ \mu\text{H}$$

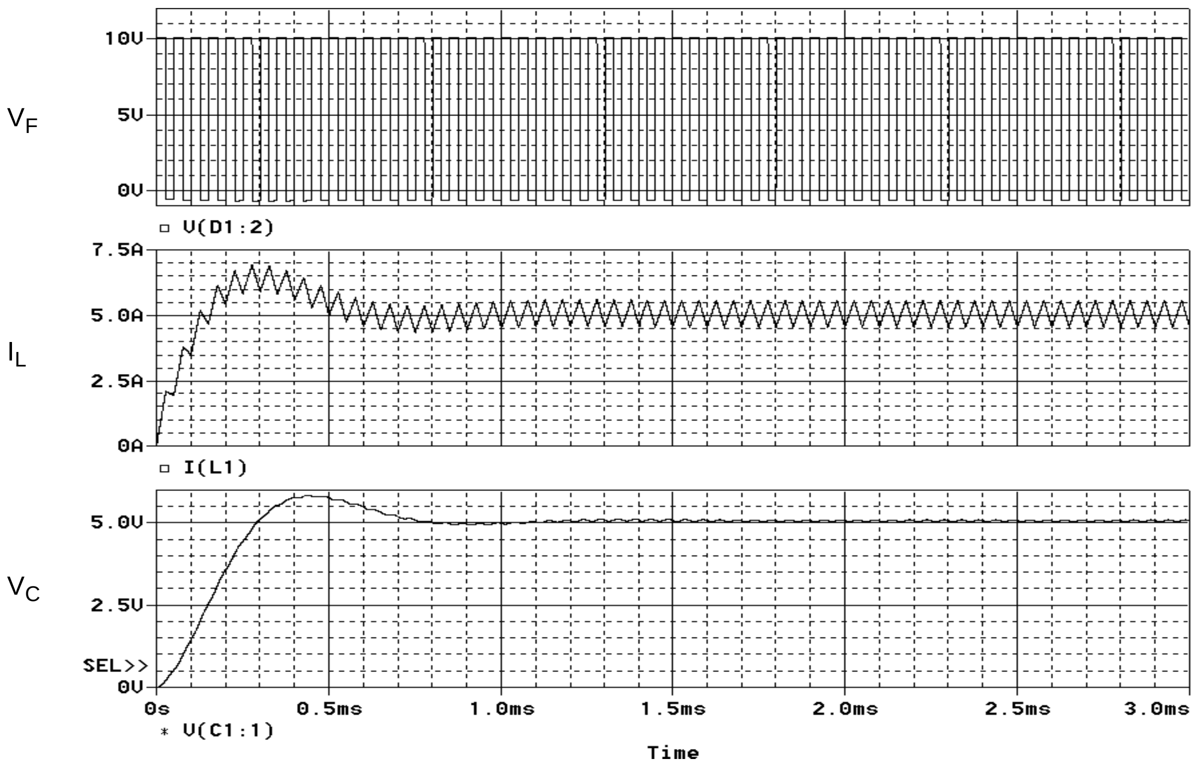
On déduit la valeur de C:

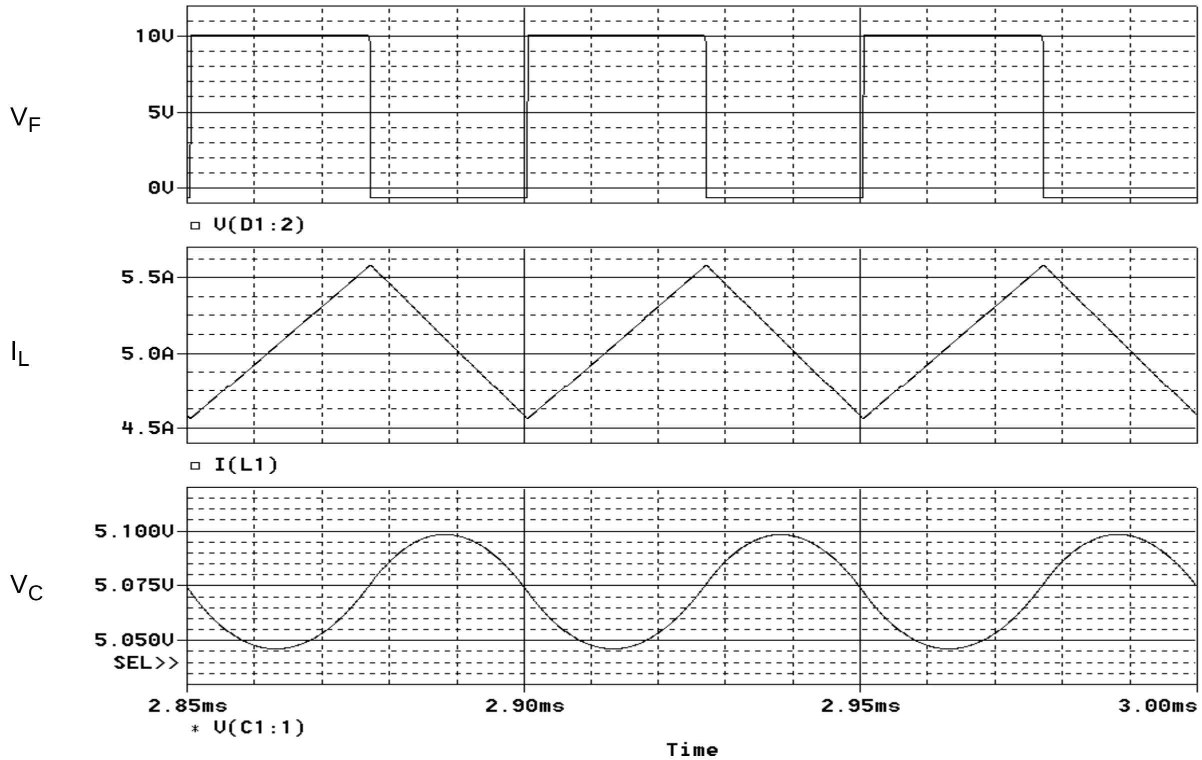
$$C = \frac{1.6 \times 10^{-8}}{L} = 122\ \mu\text{F}$$

c) Modèle du hacheur dans PSpice:



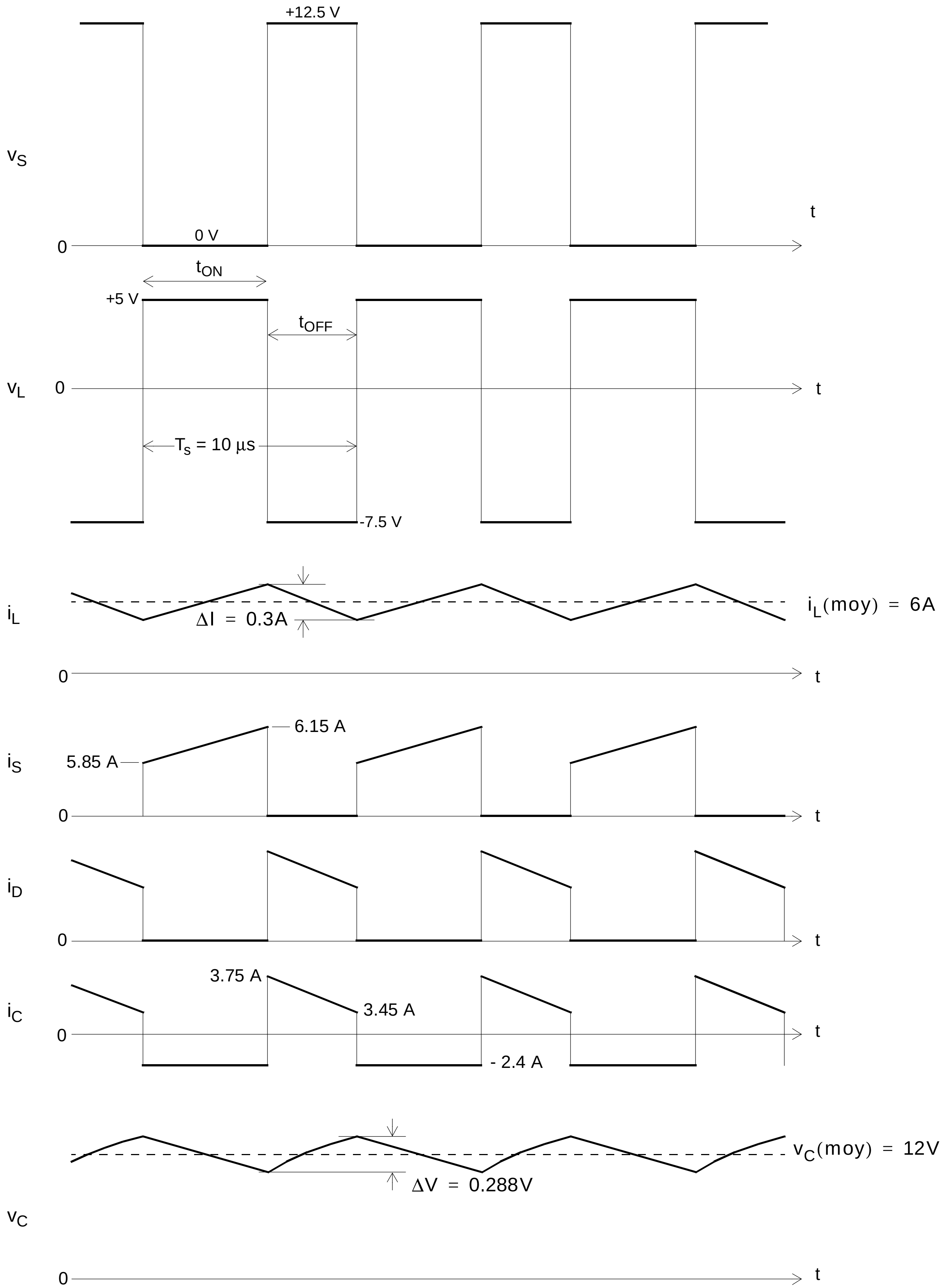
Résultats de simulation:





V_F
10V
5V
0V
V(D1:2)
I_L
5.5A
5.0A
4.5A
I(L1)
V_C
5.100V
5.075V
5.050V
SEL>>
2.85ms
2.90ms
2.95ms
3.00ms
* V(C1:1)
Time

5.10 a) Formes d'ondes des tensions et des courants



b) Le rapport cyclique du hacheur est calculé à partir de la relation suivante:

$$5V \times t_{ON} = 7.5V \times t_{OFF}$$

Ou bien: $$\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} = \frac{7.5}{5} = 1.5$$

On déduit: $$\alpha = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = \frac{1}{1 + (1/1.5)} = 0.6$$

c)

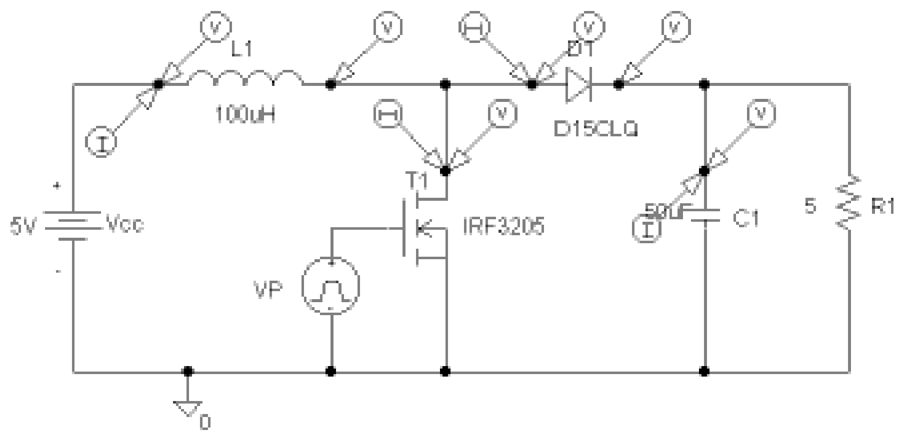
L'amplitude des ondulations du courant i_L est donnée par:

$$\Delta I = \frac{V_{cc}}{L} \times t_{ON} = \frac{5V}{100\mu H} \times 6\mu s = 0.3\,A$$

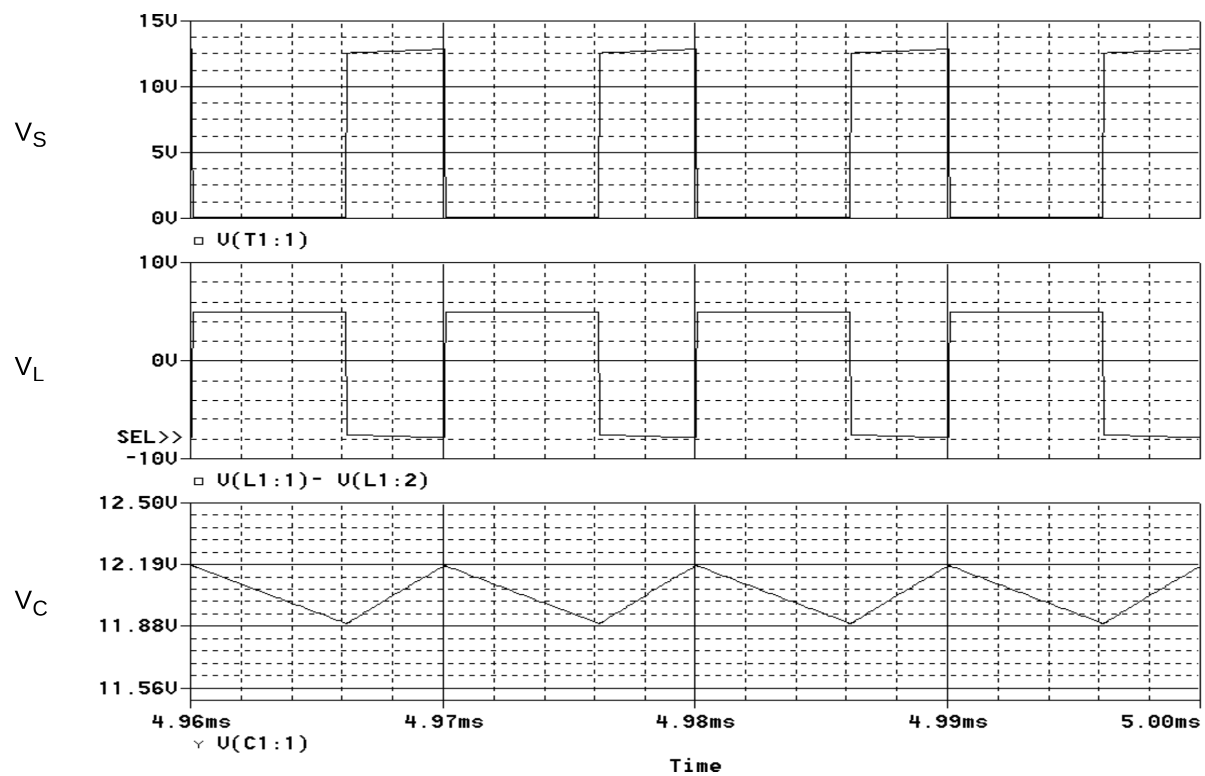
L'amplitude des ondulations de la tension v_C est donnée par:

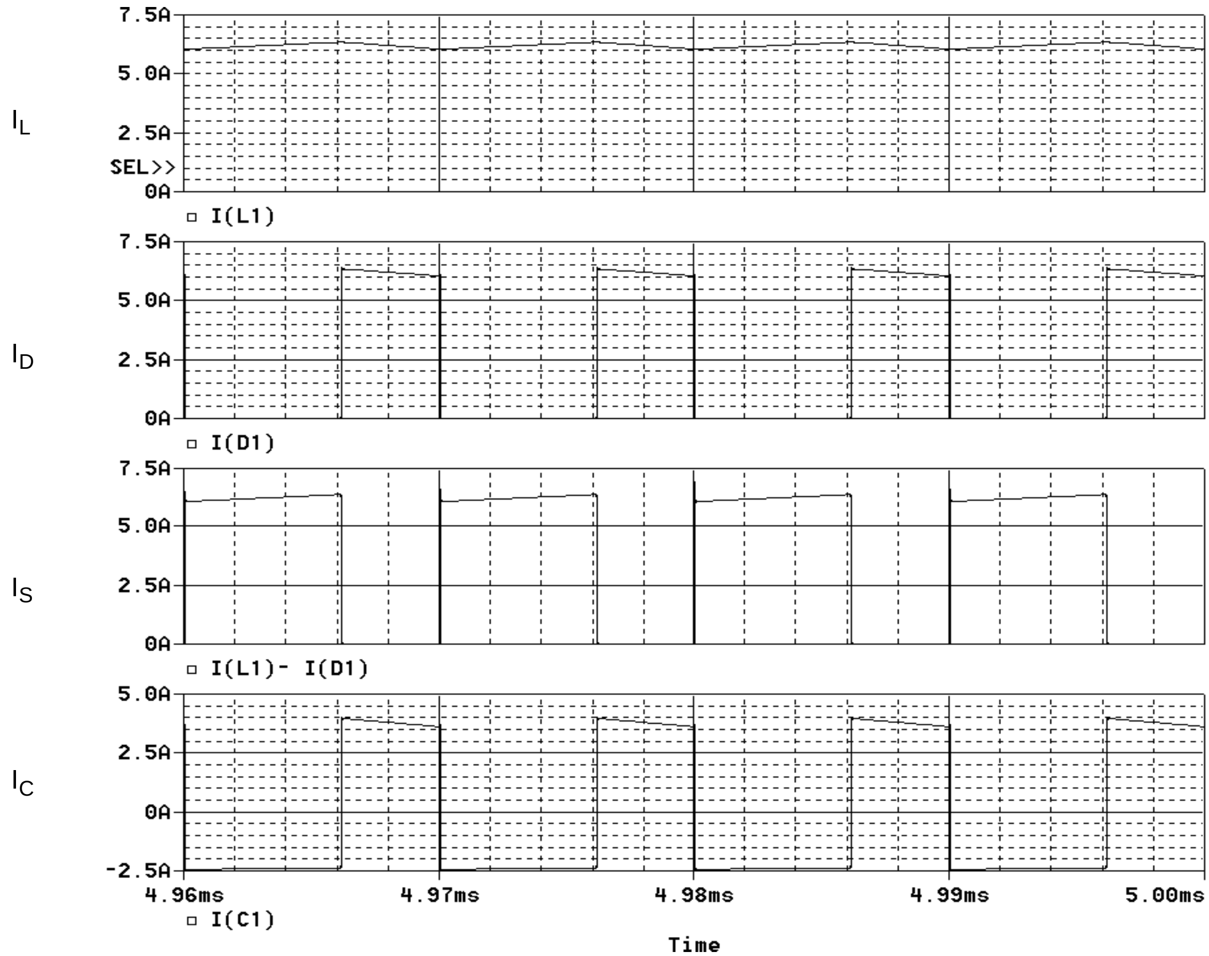
$$\Delta V = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{2.4A \times 6\mu s}{50\mu F} = 0.288\,V$$

d) Modèle du hacheur dans PSpice:



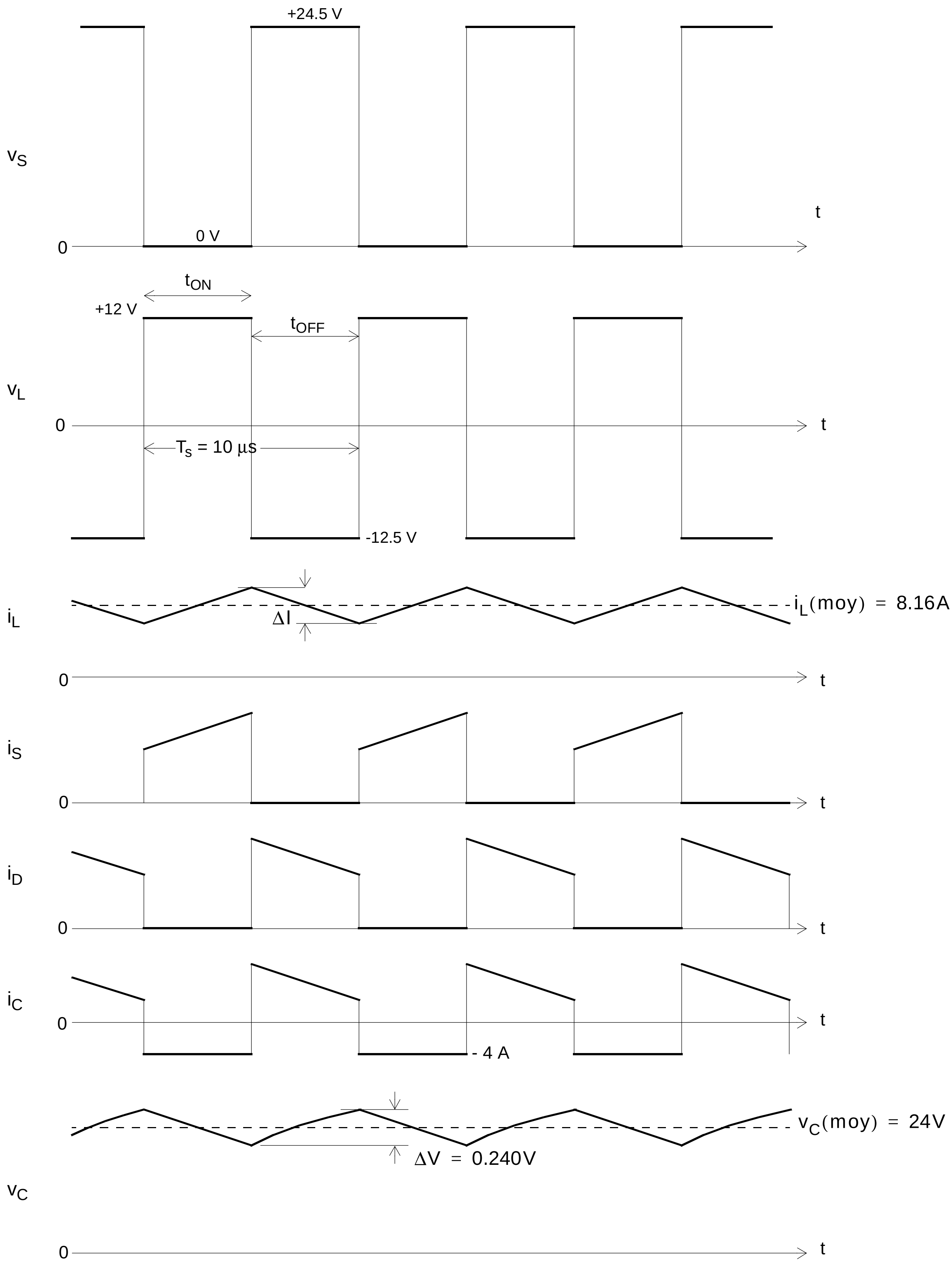
Résultats de simulation:




I_L
7.5A
5.0A
2.5A
SEL>>
0A
I(L1)
I_D
7.5A
5.0A
2.5A
0A
I(D1)
I_S
7.5A
5.0A
2.5A
0A
I(L1)- I(D1)
I_C
5.0A
2.5A
0A
-2.5A
4.96ms
4.97ms
4.98ms
4.99ms
5.00ms
I(C1)
Time

5.11 a) La résistance de charge correspondante au courant maximal (4 A) est égale à 6 Ω.

Les formes d'onde théoriques du hacheur sont montrées dans la figure suivante.



La tension moyenne aux bornes de l'inductance L doit être égale à zéro:

$$v_L(moy) = 12t_{ON} - 12.5t_{OFF} = 0\ \text{V}$$

On déduit: $$\frac{t_{OFF}}{t_{ON}} = \frac{12}{12.5} = 0.96$$

Le rapport cyclique du hacheur est: $$\alpha = \frac{t_{ON}}{t_{ON}+t_{OFF}} = \frac{1}{1+\frac{t_{OFF}}{t_{ON}}} = \frac{1}{1+0.96} = 0.51$$

b) L'amplitude des ondulations de la tension de sortie (v_C) est donnée par:

$$\Delta V = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{4A \times t_{ON}}{C} = 0.240\,\text{V}$$

On déduit: $$C = \frac{4A \times 5.1\mu s}{0.240} = 85\mu F$$

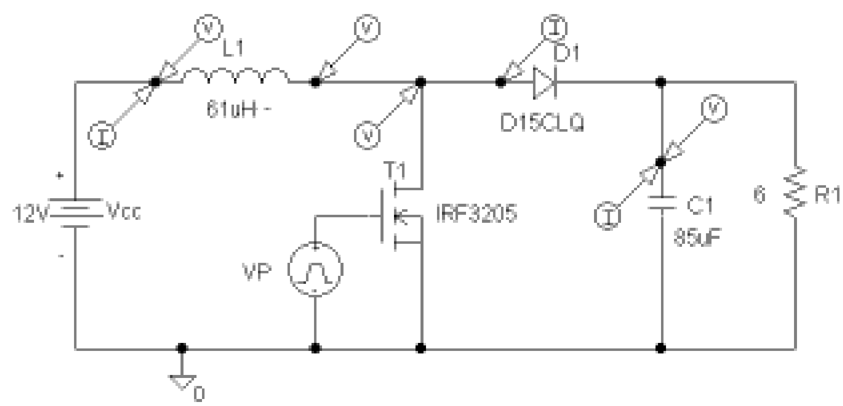
L'amplitude des ondulations du courant I_L dans l'inductance est donnée par:

$$\Delta I = \frac{V_{cc}}{L} \times \alpha T_s = \frac{12}{L} \times 5.1\mu s$$

On peut choisir ΔI = 1 A. La valeur de L sera:

$$L = \frac{12V}{1A} \times 5.1\mu s = 61.2\mu H$$

c) Modèle du hacheur dans PSpice:



Résultats de simulation: