



Analyse/synthèse d'un modèle de production

« utilisation d'un modèle, d'éléments sources et des opérateurs »

■ La synthèse FM (modulation de fréquence)

- Historiquement la plus populaire
- Encore très utilisée
- Principe:
 - inspiré de la transmission des ondes Hertzienne mais avec porteuse et modulante du même ordre de grandeur
 - Modulation de phase et fréquence instantanée

$$x(t) = A \sin(\phi(t))$$

$$\phi(t) = 2\pi f_p t + I \sin(2\pi f_m t)$$

$$f_i(t) = f_p + I f_m \cos(2\pi f_m t) = \frac{1}{2\pi} \frac{\partial \phi}{\partial t}$$



La synthèse FM (2)

■ Signal temporel

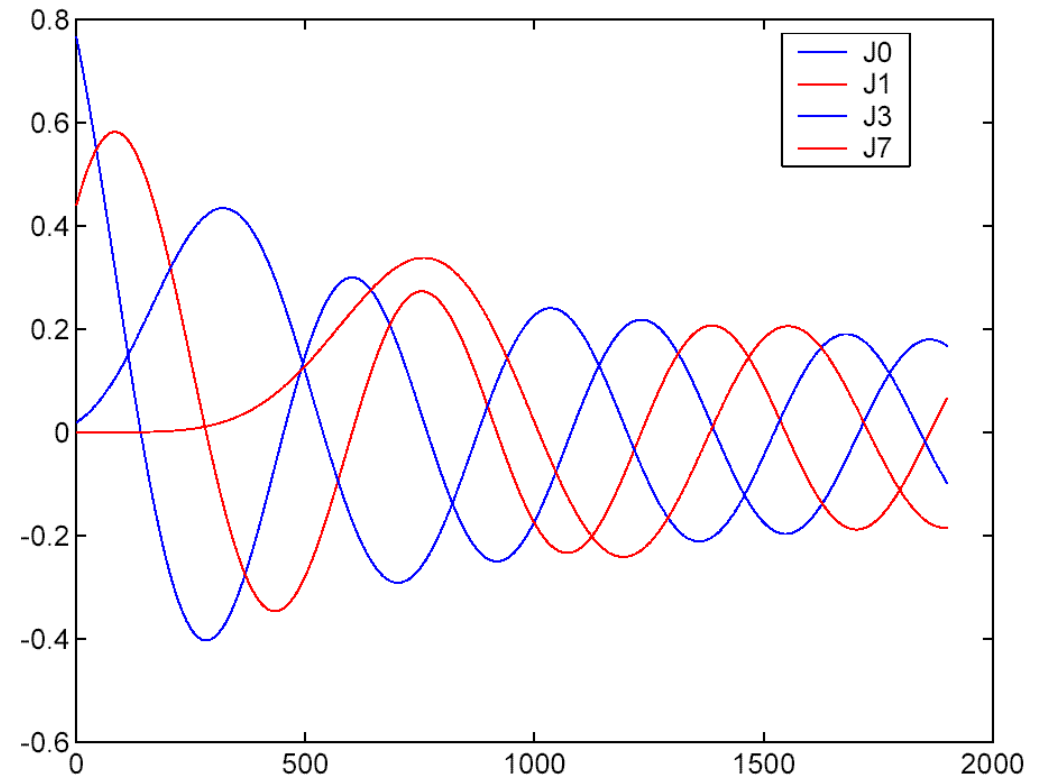
$$\begin{aligned}x(t) &= A \sin(\phi(t)) \\ &= A J_0(I) \sin(2\pi f_p t) \\ &\quad + A \sum_{n=1}^{+\infty} J_n(I) \sin(2\pi(f_p + n f_m)t) \\ &\quad + A \sum_{n=1}^{+\infty} J_n(I) (-1)^n \sin(2\pi(f_p - n f_m)t)\end{aligned}$$



La synthèse FM (3)

■ Fonctions de Bessel de 1ère espèce

- Forme de vagues amorties et retardées
- Bandes plus larges quand I augmente
- Variations du spectre imprévisibles si I est modulé

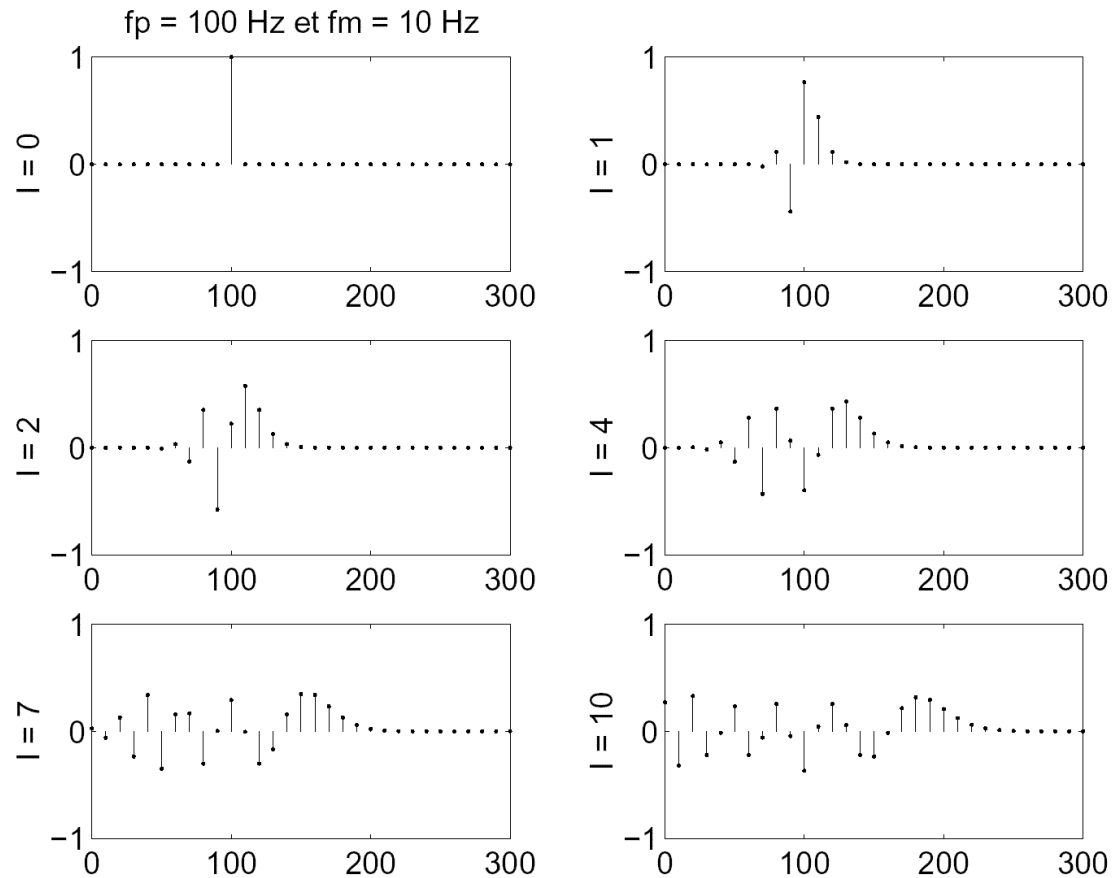


Index de modulation I



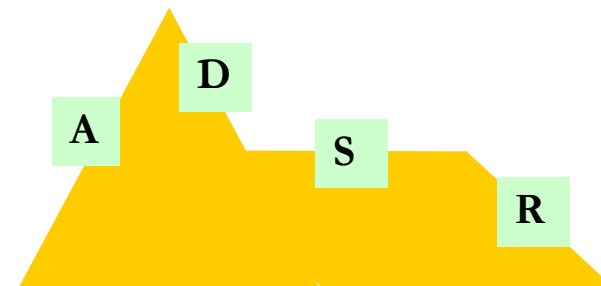
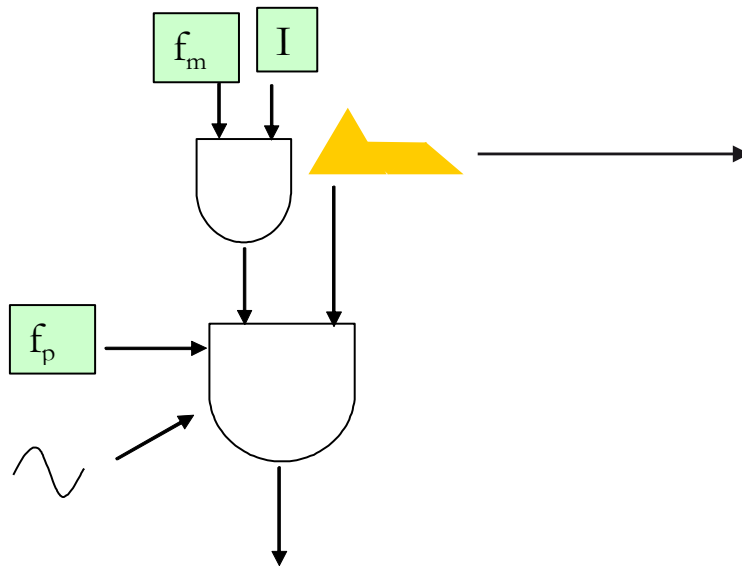
Synthèse FM (4)

■ Variations du spectre avec I



Réalisation d'une synthèse FM

■ Décomposition en opérateurs

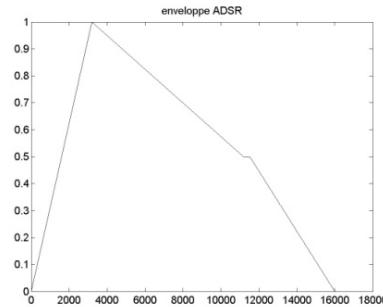


Enveloppe ADSR



Exemples simples

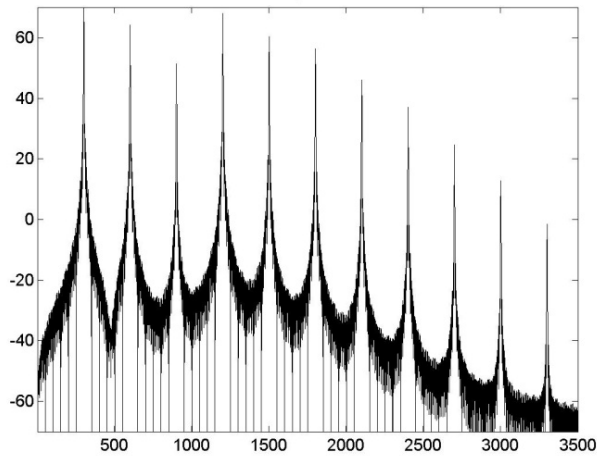
■ *Enveloppe:*



Fp:fm = 1:1 Son cuivré



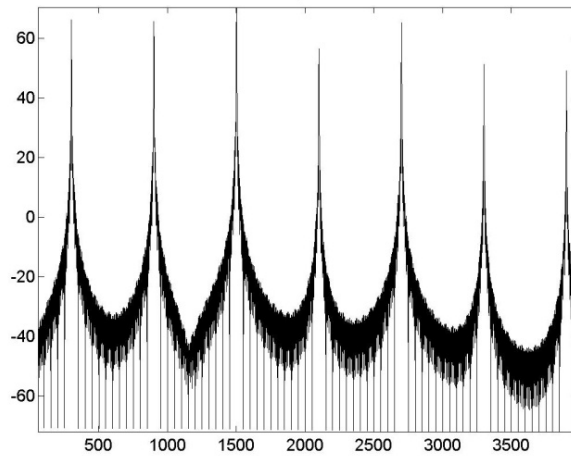
fm:fp = 1:1



Fp:fm = 1:2 Son boisé



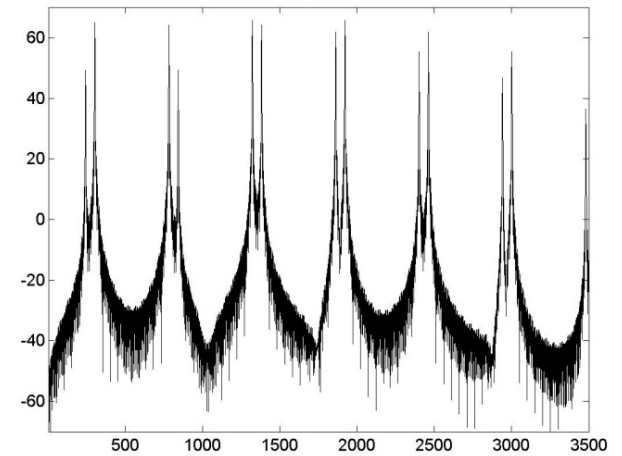
fm:fp = 1:2



***Fp:fm = 1:1.8
Son inharmonique***



fm:fp = 1:1.8



Exemples plus sophistiqués

(d'après http://music.dartmouth.edu/~book/MATCpages/chap.4/4.7.fm_synth.html)

■ Son de type « cloche »

- F_p (porteuse): 100 Hz,
- F_m (modulation): 280 Hz,
- I (modulation index): 6.0 $\rightarrow 0$



■ Son de type Marimba:

- F_p : 250 Hz,
- F_m : 175 Hz,
- I : 1.5 $\rightarrow 0$



■ Son de type trompette

- F_p : 700 Hz,
- F_m : 700 Hz,
- I : 5.0 $\rightarrow 0$

