

Solution de l'exercice 1

- $\lambda = 10^{-4} h^{-1}$, donc : $\lambda \cdot t \ll 1$
- $\dot{P}_F(t) = \lambda \cdot P_{C0} = \lambda$
- $P_F(t) = \lambda \cdot t + P_{F0}$
- À l'instant $t = 0$, tous les calculateurs sont corrects : $P_{F0} = 0$
- $P_F(t) = \lambda \cdot t = 10^{-4} \cdot t$
- $P_F(1h) = 10^{-4}$

Solution de l'exercice 2

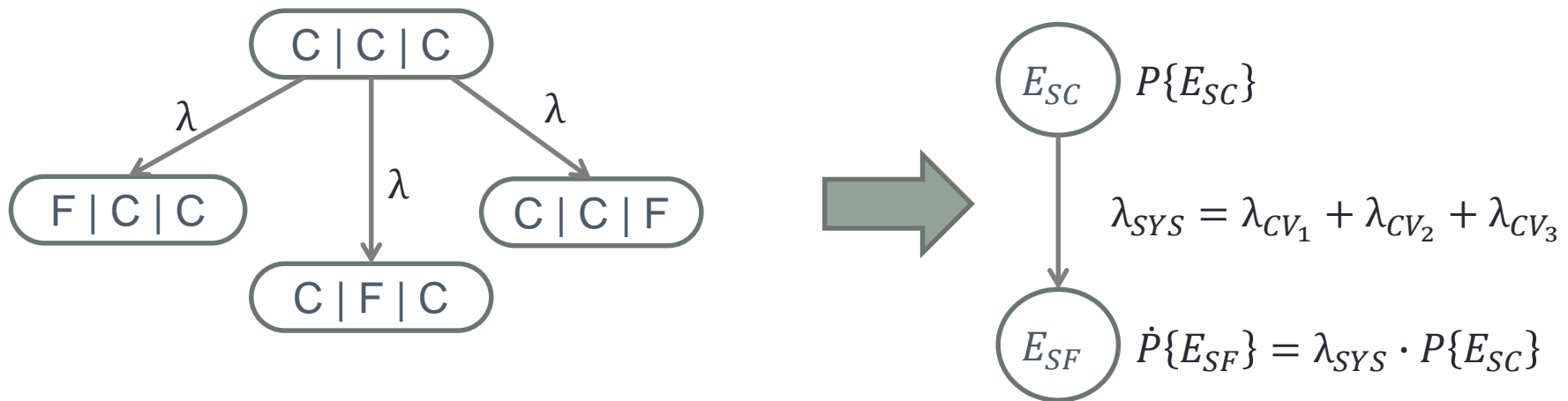
- Tous les calculateurs sont supposés corrects à $t = 0$
- Attention : l'hypothèse $\lambda \cdot t \ll 1$ ne tient plus forcément, il n'est donc pas possible supposer que $P_C(t) = P_{C0}$
- Solution :
 - $\dot{P}_C(t) = -\lambda \cdot P_C(t) \Rightarrow P_C(t) = P_{C0} \cdot e^{-\lambda t}$
 - $P_C(\tau) = P_{C0} \cdot e^{-\lambda \tau}$
 - $e^{-\lambda \tau} = \frac{P_C(\tau)}{P_{C0}}$
 - $\tau = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{P_{C0}}{P_C} \right) = 10^4 \ln \left(\frac{1}{0,95} \right) = 513\text{h}$

Solution de l'exercice 3

- $\lambda = 10^{-4} h^{-1}$, donc : $\lambda \cdot t \ll 1$
- $P_C = P_{C0} = 0,95$
- $\dot{P}_F(t) = \lambda \cdot P_C = \lambda \cdot P_{C0}$
- $P_F(t) = P_{C0} \cdot \lambda \cdot t + P_{F0}$
- $P_{F0} = 1 - 0,95 = 0,05$
- $P_F(1h) = 0,95 \times 10^{-4} \times 1 + 0,05 \approx 0,05 = 5\%$

Solution de l'exercice 4

- Etat du système = $\{ CV_1 \mid CV_2 \mid CV_3 \}$



- $P\{E_{SF}(t)\} = \lambda_{SYS} \cdot t = 3 \cdot \lambda \cdot t$
- Donc pour une heure de vol : $P\{E_{SF}(1h)\} = 3 \cdot \lambda$

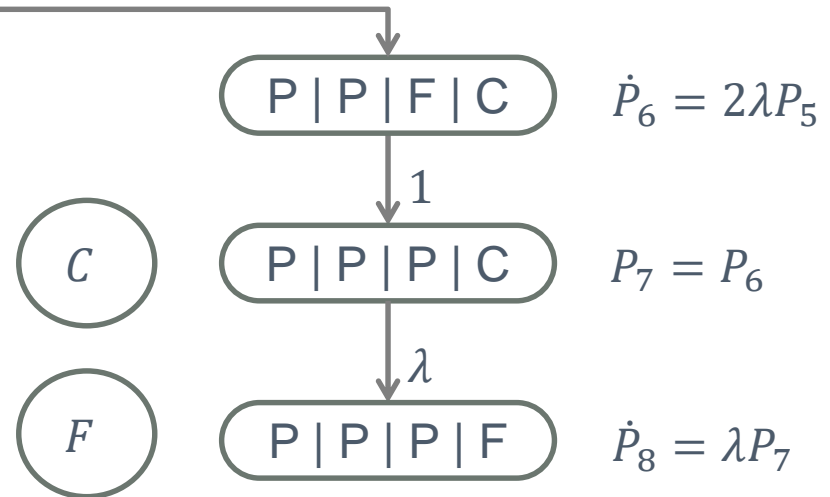
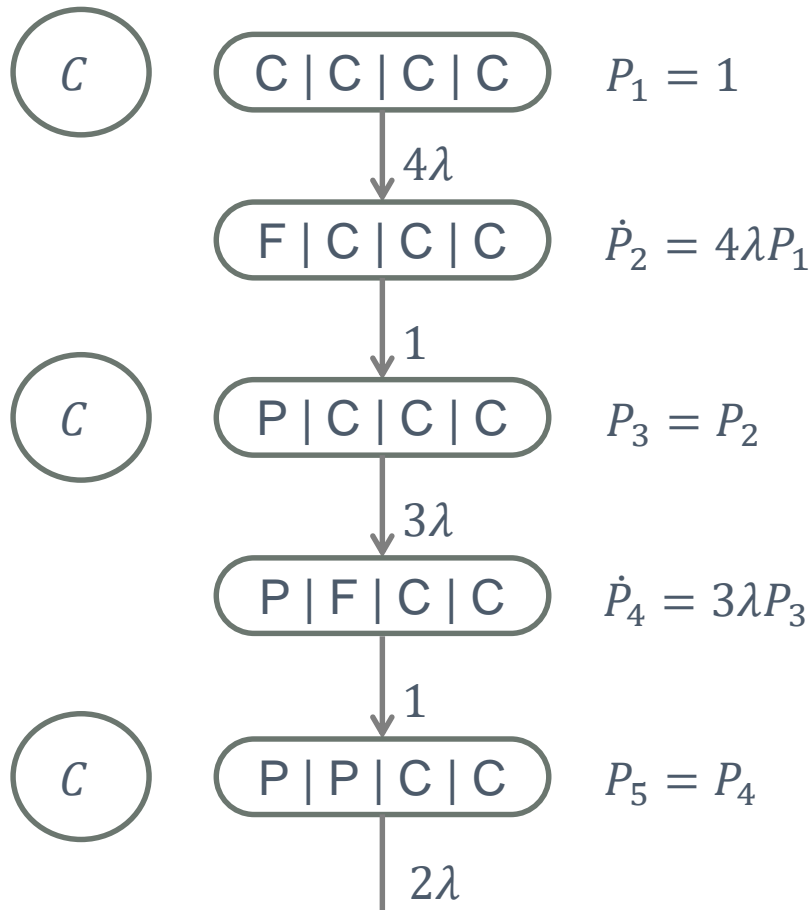
Solution de l'exercice 5

Système

CCVx

Système

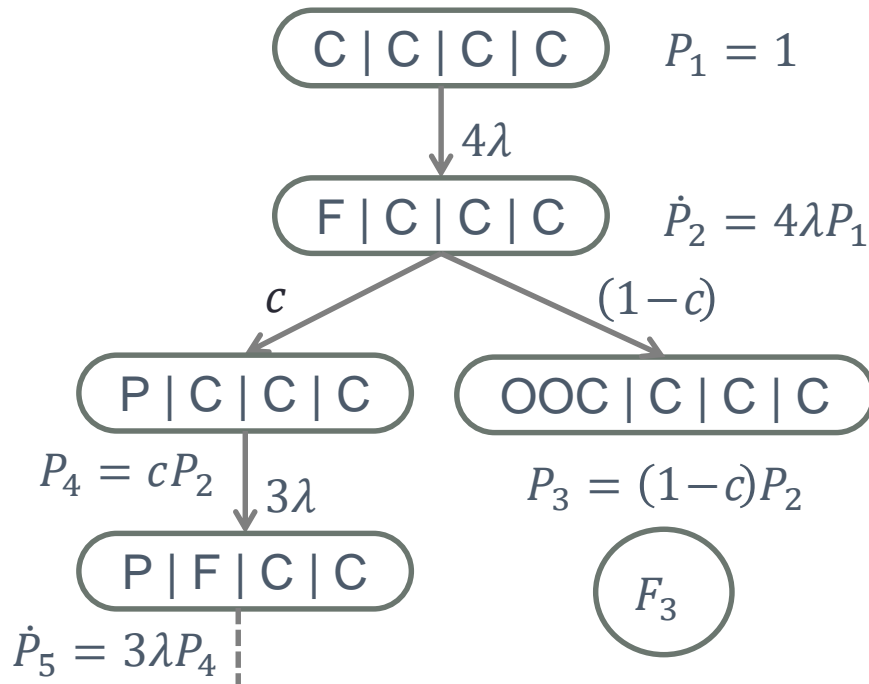
CCVx



- $P\{F\} = P_8(t)$
- $\ddot{P}\{F\} = 4! \lambda^4$
- $P\{F\} = (\lambda \cdot t)^4 = 10^{-16}$

→ Aucun problème pour l'A380

Solution de l'exercice 6



- $P\{CCV\ OOC\} = (1-c) \lambda \cdot t < \frac{1}{4} \times 10^{-4}$
- $P_I\{CCV\} = 1 - P\{CCV\ OOC\}$

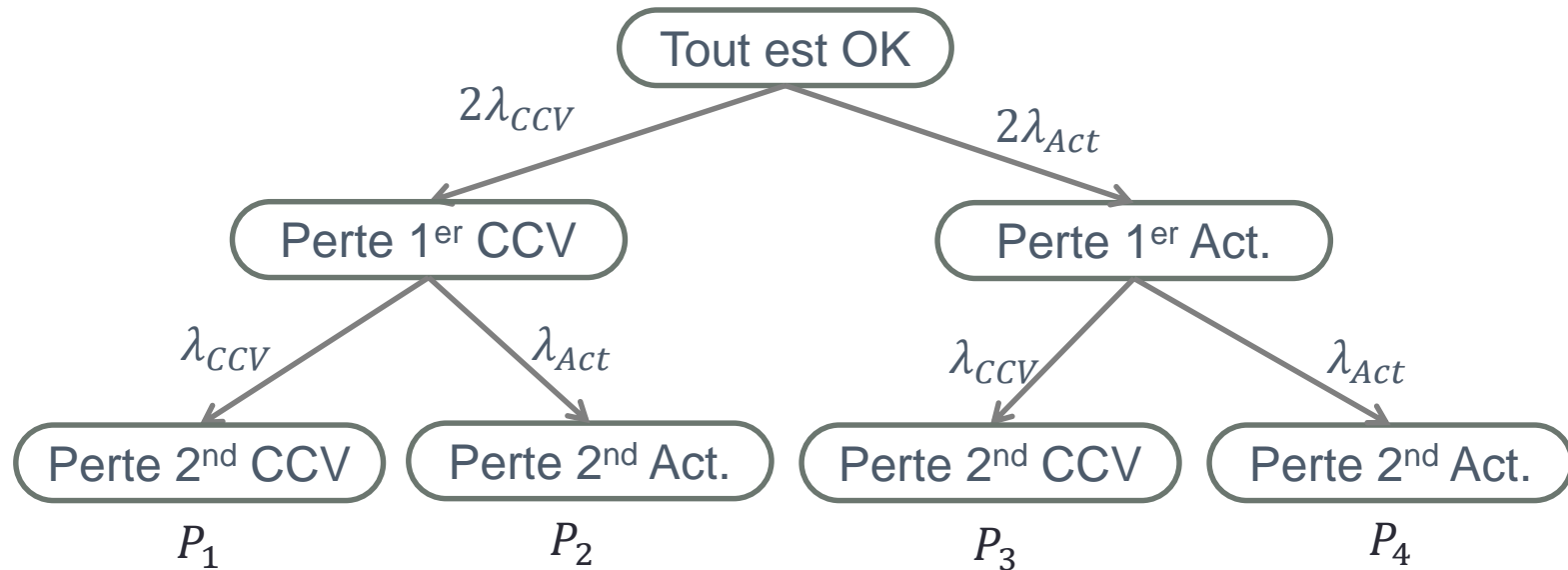
- $\{F\} = \{F_3 \cup F_i \cup \dots\}$
- $P\{F\} = P\{F_3\} + \sum_i P\{F_i\} < 10^{-9}$
- Avec $\sum_i P\{F_i\} > 0$ il faut alors :
 $P\{F_3\} = P_3 \ll 10^{-9}$
- $\dot{P}_3 = 4(1-c) \lambda$
- $P_3 = 4(1-c) \lambda \cdot t \ll 10^{-9}$
- $(1-c) \ll \frac{10^{-9}}{4 \times 10^{-4}} = 0,25 \times 10^{-5}$
- $c = 99,99975 \%$

- Ainsi, il faut donc avoir :

$$P_I\{CCV\} > 1 - \frac{1}{4} 10^{-10} \approx 1$$

→ Intégrité primordiale pour un système de CCV Airbus !

Solution de l'exercice 7

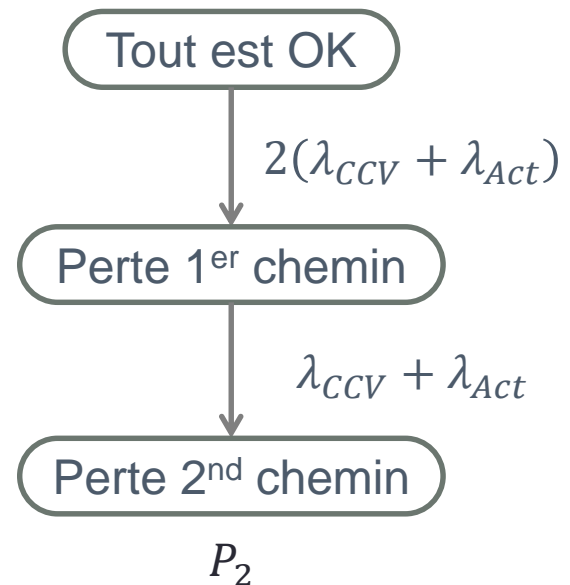


- $\ddot{P}_1 = 2\lambda_{CVV}^2$
- $P_1 = (\lambda_{CCV} \cdot t)^2$
- $P_2 = P_3 = (\lambda_{CCV} \cdot \lambda_{Act}) \cdot t^2$
- $P_4 = (\lambda_{Act} \cdot t)^2$
- $P_F = \lambda_{CVV}^2 + 2(\lambda_{CCV} \cdot \lambda_{Act}) + \lambda_{Act}^2 = (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act})^2$

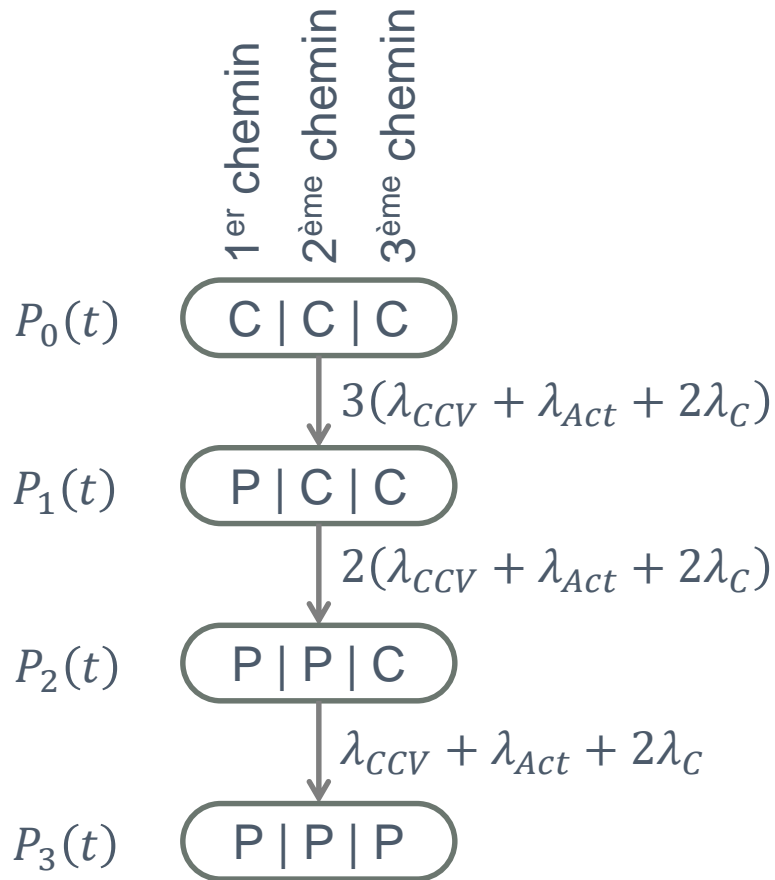
Solution de l'exercice 7

- On notera la simplification suivante :

$$P_2 = (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act})^2 \cdot t^2$$



Solution de l'exercice 8



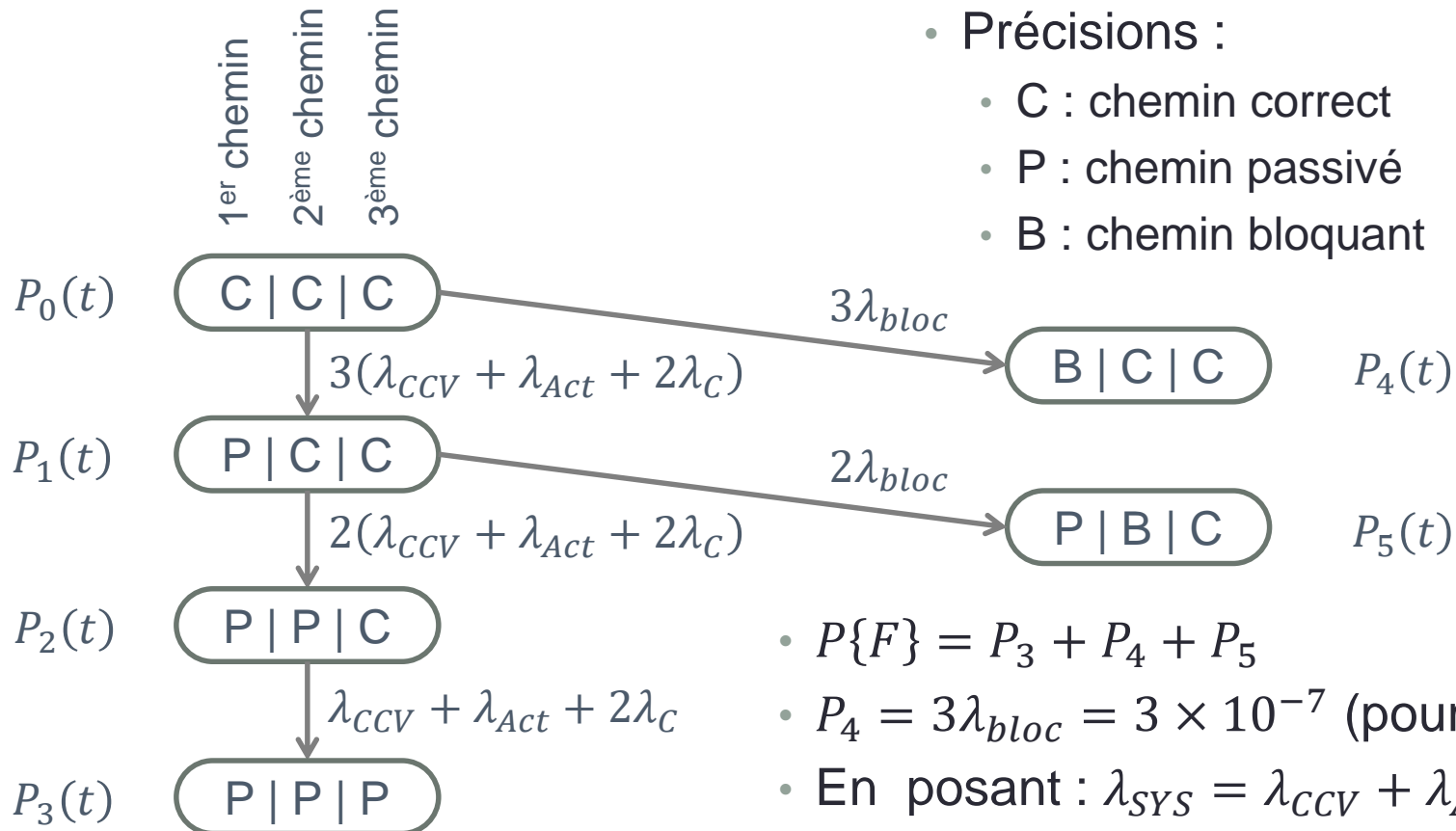
- $\ddot{P}_3 = 2 \times 3 \times (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C)^3$
- $\ddot{P}_3 = 2 \times 3 \times (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C)^3 \cdot t$
- $\dot{P}_3 = 3 \times (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C)^3 \cdot t^2$
- $P_3 = (\lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C)^3 \cdot t^3$

- Application numérique (pour 1h) :

$$P_3 = (5 \times 10^{-5} + 2 \times 10^{-5} + 5 \times 10^{-5})^3$$

$$P_3 = 1,728 \times 10^{-12}$$

Solution de l'exercice 9



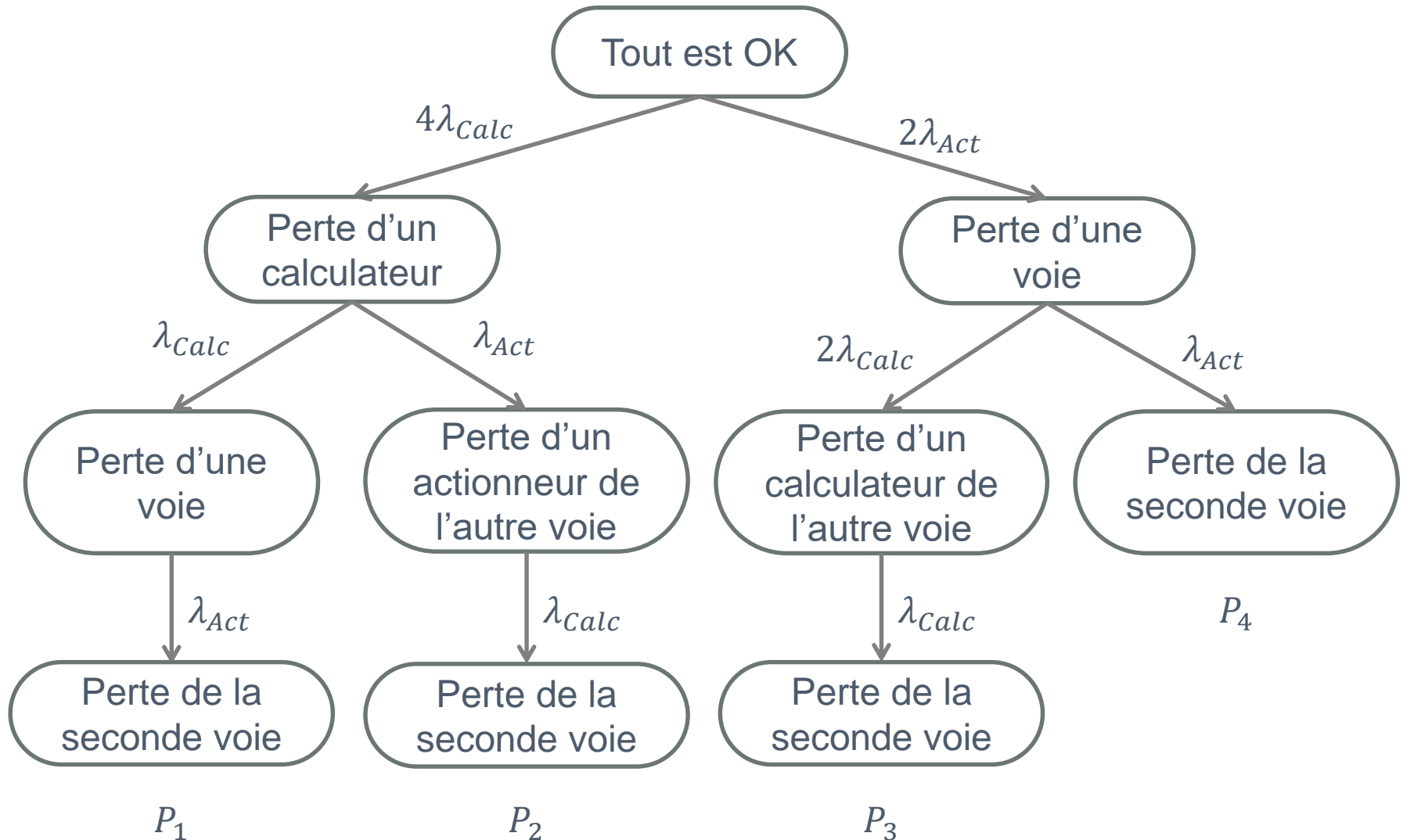
- Précisions :
 - C : chemin correct
 - P : chemin passivé
 - B : chemin bloquant

- $P\{F\} = P_3 + P_4 + P_5$
- $P_4 = 3\lambda_{bloc} = 3 \times 10^{-7}$ (pour 1h)
- En posant : $\lambda_{SYS} = \lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C$
- $P_5 = k_5 \cdot \lambda_{bloc} \cdot \lambda_{SYS} \ll 10^{-7}$
- $P_3 = k_3 \cdot \lambda_{SYS}^3 \ll 10^{-7}$
- P_4 est dominant : $P\{F\} = P_4 = 3 \times 10^{-7}$

Solution de l'exercice 9

- Impact du degré de redondance sur la probabilité de défaillance du système :
 - Système quadruplex :
 - $P\{F\} = 4\lambda_{bloc} = 4 \times 10^{-7}$
 - Système duplex :
 - $P\{F\} = 2\lambda_{bloc} = 2 \times 10^{-7}$
 - Système simplex :
 - $P\{F\} = \lambda_{bloc} + \lambda_{CCV} + \lambda_{Act} + 2\lambda_C \approx 1,1 \times 10^{-4}$
- L'augmentation du degré de redondance ne conduit pas toujours à une diminution de la probabilité de défaillance du système.

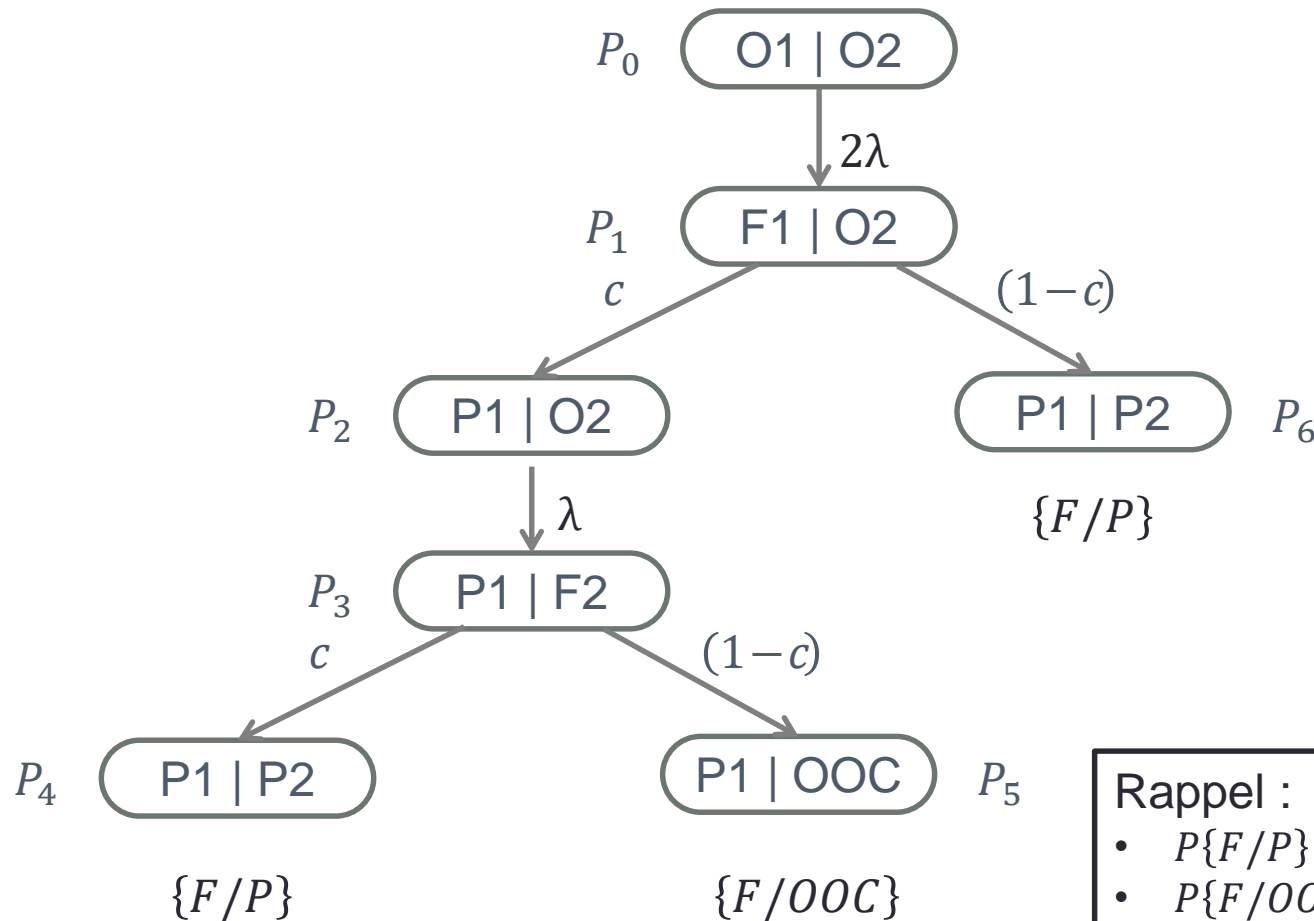
Solution de l'exercice 10



Solution de l'exercice 10

- $P\{F\} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \delta$ avec $\delta = \lambda \cdot P_i$ très petit...
- Donc : $P\{F\} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$
- $P\{F\} = \frac{1}{6} 4\lambda_{Calc}^2 \lambda_{Act} + \frac{1}{6} 4\lambda_{Calc}^2 \lambda_{Act} + \frac{1}{6} 4\lambda_{Calc}^2 \lambda_{Act} + \lambda_{Act}^2$
- $P\{F\} = \lambda_{Act}^2 + 2\lambda_{Calc}^2 \lambda_{Act} = \lambda_{Act}^2 \left(1 + 2 \frac{\lambda_{Calc}^2}{\lambda_{Act}}\right)$
- Pour $\lambda_{Calc} = \lambda_{Act}$: $P\{F\} = \lambda_{Act}^2$

Solution de l'exercice 11



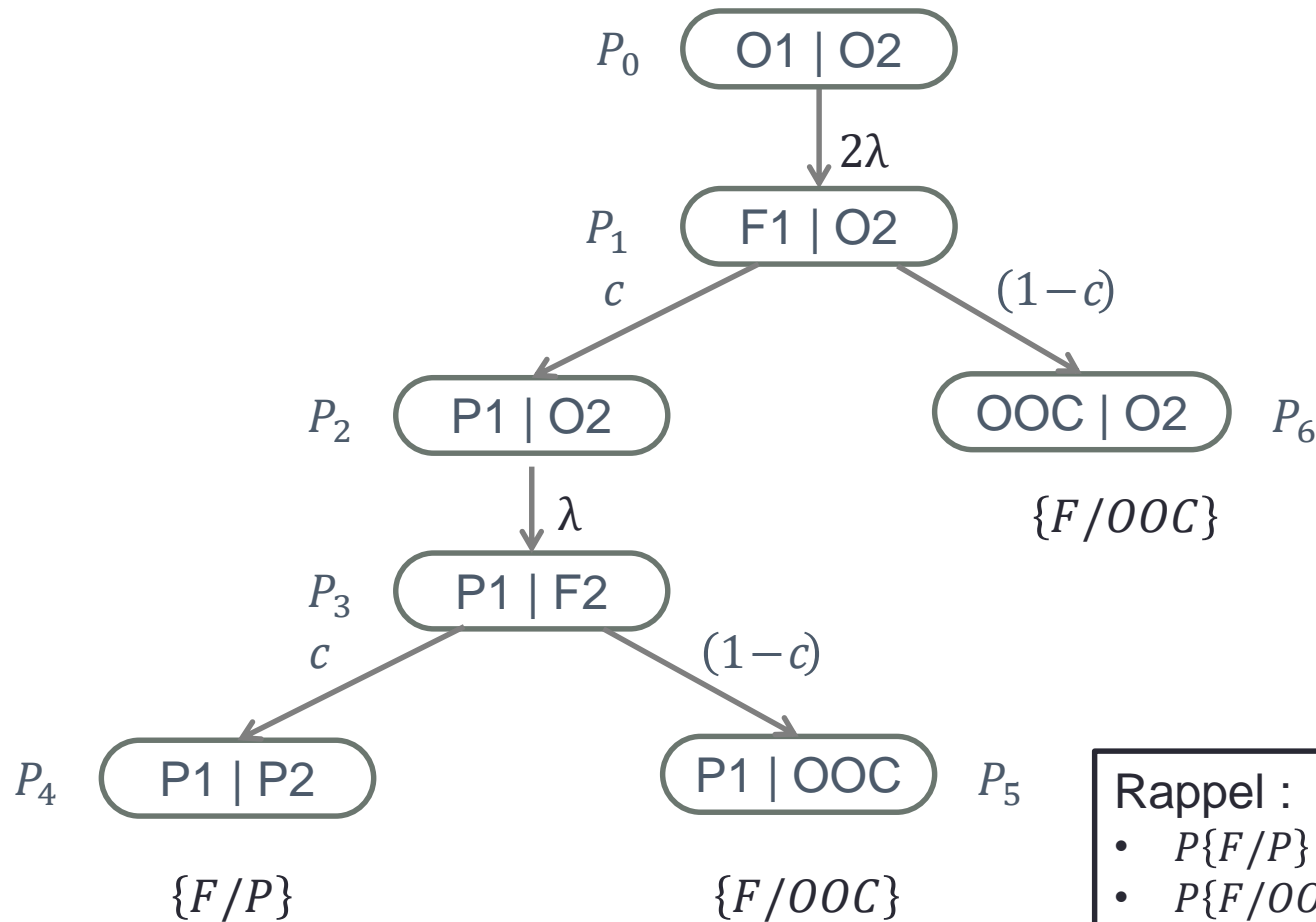
Rappel :

- $P\{F/P\} < 10^{-5}$ (MAJOR)
- $P\{F/OOC\} < 10^{-7}$ (HAZARDOUS)

Solution de l'exercice 11

- Équations différentielles :
 - $\dot{P}_1 = 2\lambda \cdot P_0$
 - $P_2 = c \cdot P_1$
 - $\dot{P}_3 = \lambda \cdot P_2$
 - $P_4 = c \cdot P_3$
 - $P_5 = (1 - c) \cdot P_3$
 - $P_6 = (1 - c) \cdot P_1$
- Donc :
 - $\dot{P}_4 = c \cdot \dot{P}_3 = c\lambda \cdot P_2 = c^2\lambda \cdot P_1$
 - $\ddot{P}_4 = c^2\lambda \cdot \dot{P}_1 = 2c^2\lambda^2 \cdot P_0$
 - $P_4 = c^2\lambda^2 t^2 \cdot P_0$
- Pour $P_0 = 1$ et $t = 1\text{h}$:
 - $P_4 = c^2\lambda^2$
 - $P_5 = c(1 - c) \cdot \lambda^2$
 - $P_6 = (1 - c) \cdot 2\lambda$
- Ainsi :
 - $P\{F/P\} = c^2\lambda^2 + (1 - c) \cdot 2\lambda$
 $= (1 - c) \cdot 2\lambda \left[1 + \frac{c^2}{2(1 - c)} \lambda \right]$
 $\approx 0,1 \times 2 \times 50 \times 10^{-6} = 10^{-5}$
 - $P\{F/OOC\} = c(1 - c) \cdot \lambda^2$
 $= 0,9 \times 0,1 \times 25 \times 10^{-10}$
 $= 2,25 \times 10^{-10} < 10^{-7}$

Solution de l'exercice 12



Rappel :

- $P\{F/P\} < 10^{-5}$ (MAJOR)
- $P\{F/OOC\} < 10^{-7}$ (HAZARDOUS)

Solution de l'exercice 12

- $P\{F/P\} = P_4$
- $P\{F/P\} = c^2 \lambda^2 = 0,9^2 \times 50^2 \times 10^{-12} = 2 \times 10^{-9} \ll 10^{-5}$
- $P\{F/OOC\} = P_5 + P_6 \approx P_6$
- $P\{F/OOC\} = (1 - c) \cdot 2\lambda = 0,1 \times 100 \times 10^{-6} = 10^{-5} \gg 10^{-7}$