

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

Journées Ouvertes en Biologie, Informatique et Mathématiques

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

Journées Ouvertes en **Biologie**, Informatique et Mathématiques

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

Journées Ouvertes en Biologie, **Informatique** et Mathématiques

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

Journées Ouvertes en Biologie, Informatique et **Mathématiques**

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatitieux ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatiticiens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatitens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatiticiens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

identification d'un réseau d'automates booléens à partir de sa table de transition d'état incomplète et inconsistante et en donnant sa structure ; modes de mise à jour (synchrone VS asynchrone)

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1,2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatitens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations diff ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

identification d'un réseau d'automates booléens à partir de sa table de transition d'état incomplète et inconsistante et en donnant sa structure ; modes de mise à jour (synchrone VS asynchrone)

stateux ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatiticiens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

identification d'un réseau d'automates booléens à partir de sa table de transition d'état incomplète et inconsistante et en donnant sa structure ; modes de mise à jour (synchrone VS asynchrone)

stateux ? identification de classificateur booléen sans surapprentissage ;

entropie de Shannon

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatitens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

identification d'un réseau d'automates booléens à partir de sa table de transition d'état incomplète et inconsistante et en donnant sa structure ; modes de mise à jour (synchrone VS asynchrone)

statisticiens ? identification de classificateur booléen sans surapprentissage ; entropie de Shannon

des gens qui n'ont pas levé la main ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



biologistes ? division cellulaire de la levure à fission

modelisateurs ? éviter les modèles « Kleenex », valorisez 2 fois votre travail, en 3 clicks ! o/

gens intéressés par l'open science et la reproductibilité ?

SBML : format standard d'échange de modèles en biologie ;

technologies du web sémantique, Linked Open Dataset, ontologies, ...

automatitens ? systèmes dynamiques non linéaires ; équations différentielles ; réseaux booléens

informaticiens théoriciens ?

identification d'un réseau d'automates booléens à partir de sa table de transition d'état incomplète et inconsistante et en donnant sa structure ; modes de mise à jour (synchrone VS asynchrone)

statisticiens ? identification de classificateur booléen sans surapprentissage ;

entropie de Shannon

des gens qui n'ont pas levé la main ? j'aurai des bonbons ! <3

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)

---



Venir voir ce poster (**n°178**) à JOBIM ?

# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)



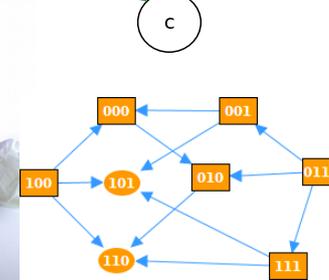
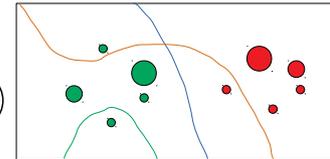
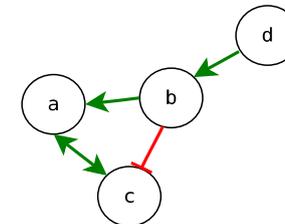
## Venir voir ce poster (n°178) à JOBIM ?

$$\begin{aligned} \frac{d[\text{Cdc13}_T]}{dt} &= k_1 M - (k_2' + k_2''[\text{Ste9}] + k_2'''[\text{Slp1}][\text{Cdc13}_T])[\text{Cdc13}_T], \\ \frac{d[\text{preMPPF}]}{dt} &= k_{\text{wee}}([\text{Cdc13}_T] - [\text{preMPPF}]) - k_{25}[\text{preMPPF}] - (k_2' + k_2''[\text{Ste9}] + k_2'''[\text{Slp1}][\text{preMPPF}]) \\ &\quad + k_4[\text{MPPF}] \frac{[\text{Ste9}]}{J_4 + [\text{Ste9}]}, \\ \frac{d[\text{Ste9}]}{dt} &= (k_5' + k_5''[\text{Slp1}]) \frac{1 - [\text{Ste9}]}{J_5 + 1 - [\text{Ste9}]} - (k_6[\text{SK}] + k_8[\text{MPPF}] \frac{[\text{Ste9}]}{J_4 + [\text{Ste9}]}) \\ \frac{d[\text{Slp1}_T]}{dt} &= k_3' + k_3'' \frac{[\text{MPPF}]^2}{[\text{MPPF}]^2 + [\text{MPPF}]^4} - k_6[\text{Slp1}_T], \\ \frac{d[\text{Slp1}]}{dt} &= k_7[\text{IEP}] \frac{[\text{Slp1}_T] - [\text{Slp1}]}{J_7 + [\text{Slp1}_T] - [\text{Slp1}]} - k_8[\text{Slp1}], \\ \frac{d[\text{IEP}]}{dt} &= k_9[\text{MPPF}] \frac{1 - [\text{IEP}]}{J_9 + 1 - [\text{IEP}]} - k_{10} \frac{[\text{IEP}]}{[\text{IEP}]}, \\ \frac{d[\text{Rum1}_T]}{dt} &= k_{11} - (k_{12} + k_{12}'[\text{SK}] + k_{12}''[\text{MPPF}] + [\text{Rum1}_T]), \\ \frac{d[\text{SK}]}{dt} &= k_{13}[\text{TF}] - k_{14}[\text{SK}], \\ \frac{dM}{dt} &= \mu M, \\ [\text{Trimer}] &= \frac{2[\text{Cdc13}_T][\text{Rum1}_T]}{\Sigma + \sqrt{\Sigma^2 - 4[\text{Cdc13}_T][\text{Rum1}_T]}}, \\ [\text{MPPF}] &= \frac{([\text{Cdc13}_T] - [\text{preMPPF}])([\text{Cdc13}_T] - [\text{Trimer}])}{[\text{Cdc13}_T]}, \\ [\text{TF}] &= G(k_{13}M, k_{13}' + k_{13}''[\text{MPPF}], J_{13}, J_{14}), \end{aligned}$$

Cdc13 synthesis and degradation:  
 $k_1 = 0.03, k_2' = 0.03, k_2'' = 1, k_2''' = 0.1$ .  
 Ste9 activation and inactivation:  
 $k_5' = 1, k_5'' = 10, J_5 = 0.01, k_6' = 2, k_6 = 35, J_6 = 0.01$ .  
 Slp1 synthesis, degradation, activation and inactivation:  
 $k_3' = 0.005, k_3'' = 0.3, k_6 = 0.1, J_6 = 0.3$   
 $k_7 = 1, k_8 = 0.25, J_7 = 0.001, J_8 = 0.001$ .  
 IE activation and inactivation:  
 $k_9 = 0.1, k_{10} = 0.04, J_9 = 0.01, J_{10} = 0.01$ .  
 Rum1 synthesis, degradation and inhibition:  
 $k_{11} = 0.1, k_{12} = 0.01, k_{12}' = 1, k_{12}'' = 3, K_{\text{diss}} = 0.001$ .  
 SK synthesis and degradation:  
 $k_{13} = 0.1, k_{14} = 0.1$ .  
 TF activation and inactivation:  
 $k_{13} = 1.5, k_{13}' = 1, k_{13}'' = 2, J_{13} = 0.01$ .  
 Wee1 activation and inactivation:  
 $V_{\text{wee}} = 0.25, V_{\text{wee}} = 1, J_{\text{wee}} = 0.01$ .  
 Cdc25 activation and inactivation:  
 $V_{25} = 1, V_{25} = 0.25, J_{25} = 0.01, J_{25}$ .  
 Rate of typhosphorylation and dephosphorylation:  
 $k_{\text{wee}} = 0.15, k_{\text{wee}} = 1.3, k_{25} = 0.05, k_{25}' = 0.05$ .  
 Growth rate:  
 $\mu = 0.005$ .

$$\begin{cases} da/dt = \alpha(t, a, b, c, d) \\ db/dt = \beta(t, a, b, c, d) \\ dc/dt = \gamma(t, a, b, c, d) \\ dd/dt = \delta(t, a, b, c, d) \end{cases}$$

$$G(X, F); F = \begin{cases} x_a(t+1) = f_a(X(t)) \\ x_b(t+1) = f_b(X(t)) \\ x_c(t+1) = f_c(X(t)) \\ x_d(t+1) = f_d(X(t)) \end{cases}$$



# Towards an automatic conversion from SBML core to SBML qual

Athénaïs Vaginay<sup>(1, 2)</sup>, Malika Smail-Tabbone<sup>(1)</sup>, Taha Boukhobza<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LORIA (Université de Lorraine, CNRS, Inria); <sup>(2)</sup>CRAN (Université de Lorraine, CNRS)



Venir voir ce poster (n°178) à JOBIM ? **OUI !**  
 Jeudi 04 juillet @ Nantes ! ;-)

$$\frac{d[Cdc13_7]}{dt} = k_1 M - (k_2^* + k_2^{**}[Ste9] + k_2^*[Slp1])[Cdc13_7]$$

$$\frac{d[preMPF]}{dt} = k_{wee}[Cdc13_7] - [preMPF] - k_{25}[preMPF] - (k_2^* + k_2^{**}[Ste9] + k_2^*[Slp1])[preMPF]$$

$$\frac{d[Ste9]}{dt} = (k_3^* + k_3^{**}[Slp1]) \frac{1 - [Ste9]}{J_3 + 1 - [Ste9]} - (k_4^* [SK] + k_4^{**}[MPF]) \frac{[Ste9]}{J_4 + [Ste9]}$$

$$\frac{d[Slp1_7]}{dt} = k_5^* + k_5^{**} \frac{[MPF]^2}{[MPF]^2 + [MPF]^4} - k_6 [Slp1_7]$$

$$\frac{d[Slp1]}{dt} = k_7 [IEP] \frac{[Slp1_7] - [Slp1]}{J_7 + [Slp1_7] - [Slp1]} - k_8 \frac{[Slp1]}{J_8 + [Slp1]} - k_6 [Slp1]$$

$$\frac{d[IEP]}{dt} = k_9 [MPF] \frac{1 - [IEP]}{J_9 + 1 - [IEP]} - k_{10} \frac{[IEP]}{J_{10} + [IEP]}$$

$$\frac{d[Rum1_7]}{dt} = k_{11} - (k_{12} + k_{12}^* [SK] + k_{12}^{**} [MPF])[Rum1_7]$$

$$\frac{d[SK]}{dt} = k_{13} [TF] - k_{14} [SK]$$

$$\frac{dM}{dt} = \mu M$$

$$[Trimer] = \frac{2[Cdc13_7][Rum1_7]}{\Sigma + \sqrt{\Sigma^2 - 4[Cdc13_7][Rum1_7]}}$$

$$[MPF] = \frac{([Cdc13_7] - [preMPF])[Cdc13_7] - [Trimer]}{[Cdc13_7]}$$

$$[TF] = G(k_{13} M, k_{13}^* + k_{13}^{**} [MPF], J_{13}, J_{14})$$

$$k_{wee} = k_{wee}^* + (k_{wee}^{**} - k_{wee}^*) G(V_{wee}, V_{wee} [MPF], J_{wee}, J_{wee}^*)$$

$$k_{25} = k_{25}^* + (k_{25}^{**} - k_{25}^*) G(V_{25}, V_{25} [MPF], J_{25}, J_{25}^*)$$

$$\Sigma = [Cdc13_7] + [Rum1_7] + K_{diss}$$

$$G(a, b, c, d) = \frac{2ad}{b - a + bc + ad + \sqrt{(b - a + bc + ad)^2 - 4ad(b - a)}}$$

Cdc13 synthesis and degradation:  
 $k_1 = 0.03, k_2^* = 0.03, k_2^{**} = 1, k_3^* = 0.1$   
 Ste9 activation and inactivation:  
 $k_3^* = 1, k_3^{**} = 10, J_3 = 0.01, k_4^* = 2, k_4^{**} = 35, J_4 = 0.01$   
 Slp1 synthesis, degradation, activation and inactivation:  
 $k_5^* = 0.005, k_5^{**} = 0.3, k_6 = 0.1, J_6 = 0.3$   
 $k_7 = 1, k_8 = 0.25, J_7 = 0.001, J_8 = 0.001$   
 IE activation and inactivation:  
 $k_9 = 0.1, k_{10} = 0.04, J_9 = 0.01, J_{10} = 0.01$   
 Rum1 synthesis, degradation and inhibition:  
 $k_{11} = 0.1, k_{12} = 0.01, k_{12}^* = 1, k_{12}^{**} = 3, K_{diss} = 0.001$   
 SK synthesis and degradation:  
 $k_{13} = 0.1, k_{14} = 0.1$   
 TF activation and inactivation:  
 $k_{13} = 1.5, k_{13}^* = 1, k_{13}^{**} = 2, J_{13} = 0.01$   
 Wee1 activation and inactivation:  
 $V_{wee} = 0.25, V_{wee}^* = 1, J_{wee} = 0.01$   
 Cdc25 activation and inactivation:  
 $V_{25} = 1, V_{25}^* = 0.25, J_{25} = 0.01, J_{25}^* = 0.1$   
 Rate of typhosphorylation and dephosphorylation:  
 $k_{wee}^* = 0.15, k_{wee}^{**} = 1.3, k_{25}^* = 0.05, k_{25}^{**} = 0.05$   
 Growth rate:  
 $\mu = 0.005$

$$\begin{cases} da/dt = \alpha(t, a, b, c, d) \\ db/dt = \beta(t, a, b, c, d) \\ dc/dt = \gamma(t, a, b, c, d) \\ dd/dt = \delta(t, a, b, c, d) \end{cases}$$

$$G(X, F); F = \begin{cases} x_a(t+1) = f_a(X(t)) \\ x_b(t+1) = f_b(X(t)) \\ x_c(t+1) = f_c(X(t)) \\ x_d(t+1) = f_d(X(t)) \end{cases}$$

