

Émergence de circuits neuromimétiques orientés sous l'effet de l'épissage associé à la plasticité synaptique à modulation temporelle relative (STDP)

Javier Iglesias^{1,2}

sous la supervision des Professeurs

Alessandro E.P. Villa² et Marco Tomassini¹

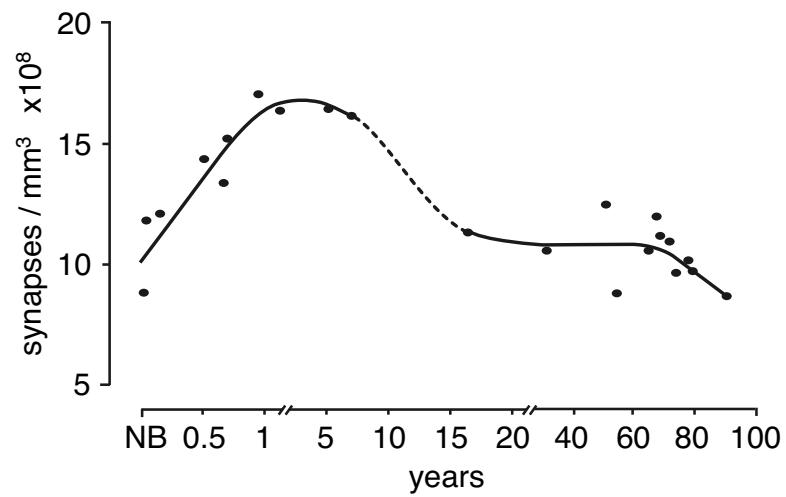
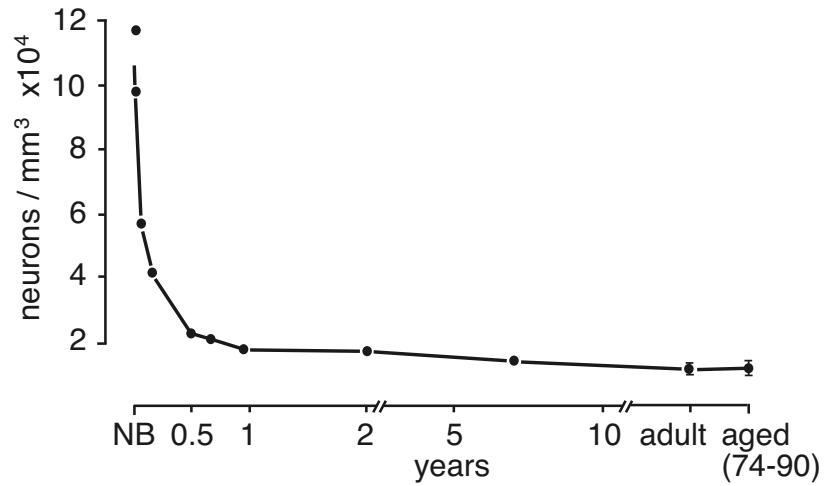
¹ Inforge, Université de Lausanne, Suisse

² Laboratoire de Neurobiophysique, Université Grenoble 1 Joseph Fourier, France

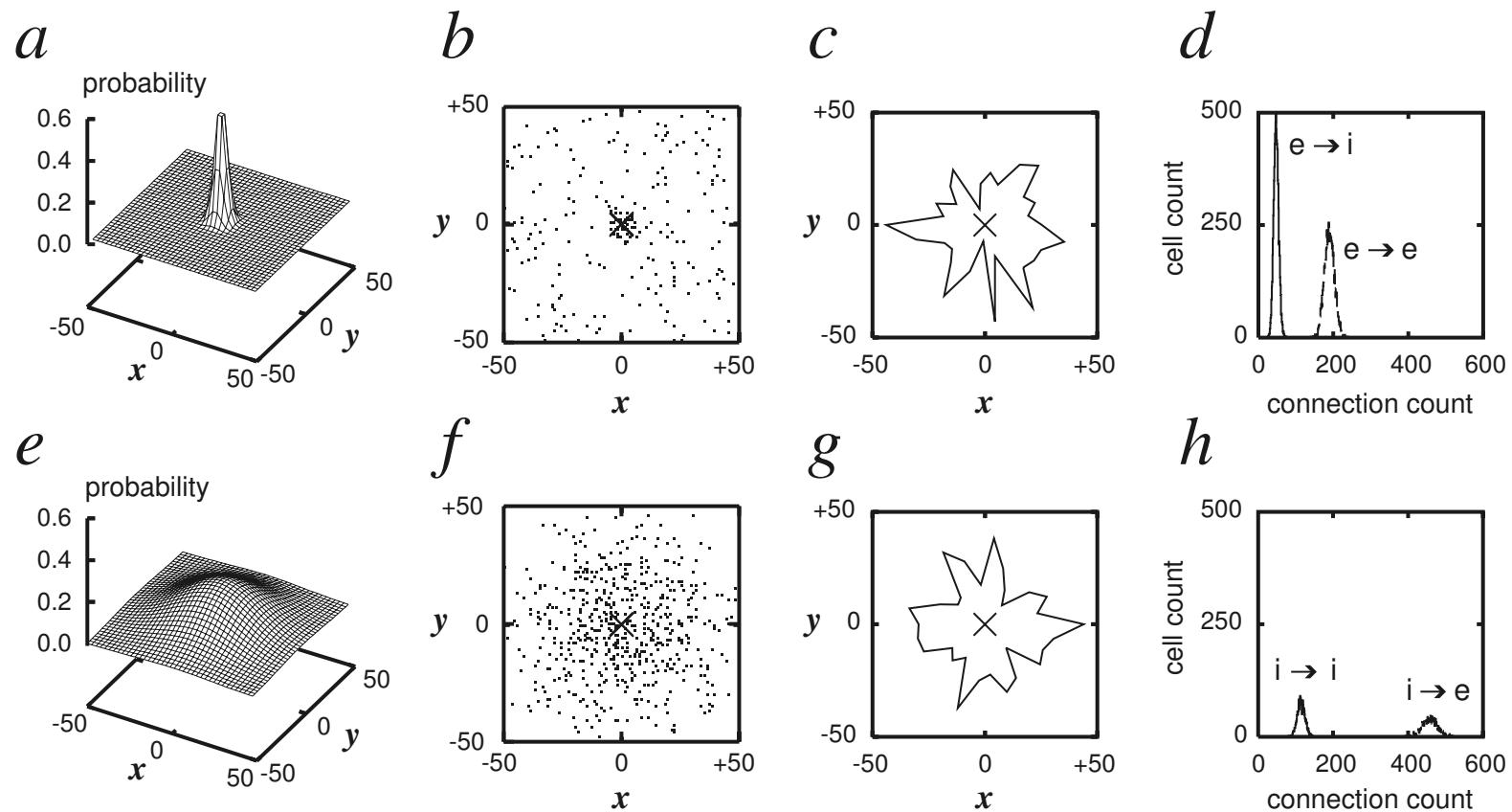
<javier.iglesias@unil.ch>

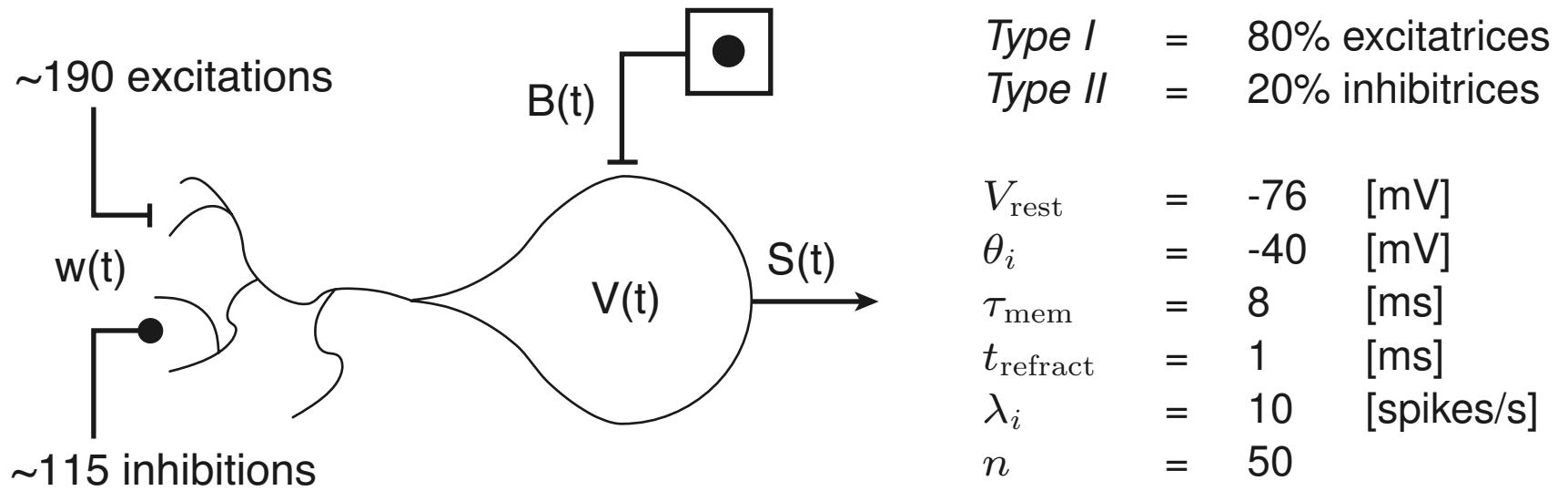
introduction: synaptogenèse et épissage synaptique

1



modifié de Huttenlocher, *Synaptic density in human frontal cortex – developmental changes and effects of aging*, Brain Research, 163:195–205, 1979



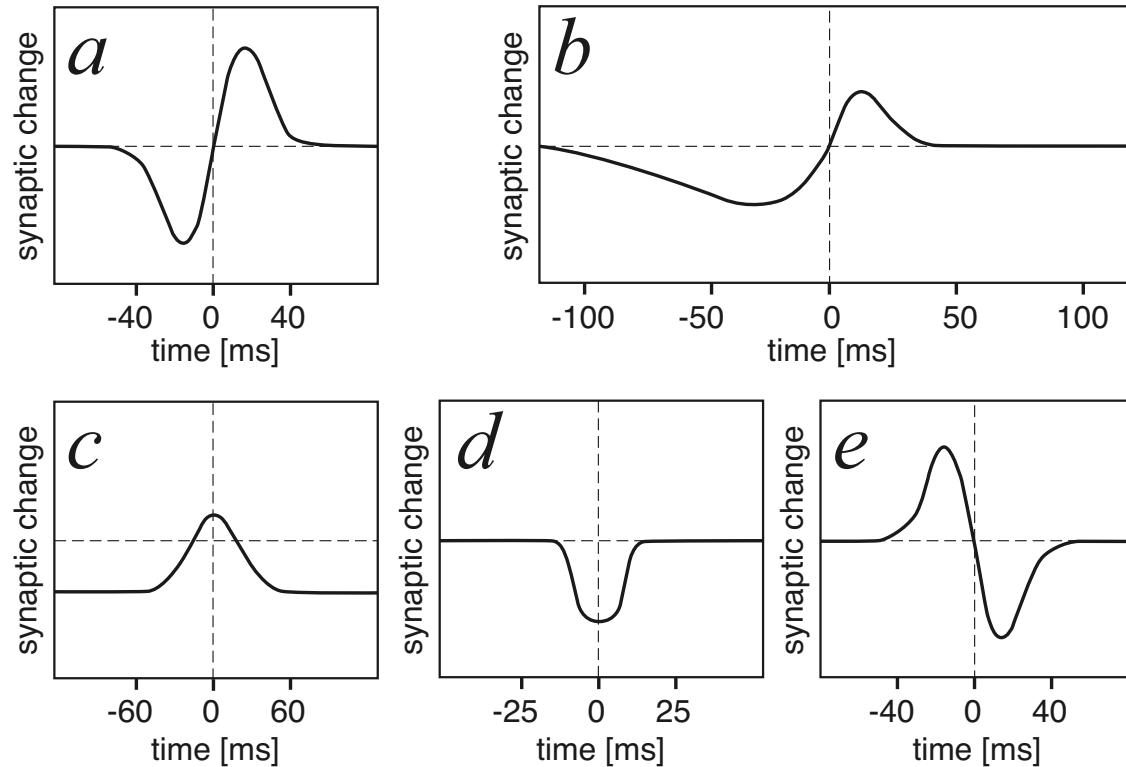


$$V_i(t+1) = V_{\text{rest}}[q] + (1 - S_i(t)) \cdot ((V_i(t) - V_{\text{rest}}[q]) \cdot k_{\text{mem}}[q]) + \sum_j w_{ji}(t) + B_i(t)$$

$$S_i(t) = \mathcal{H}(V_i(t) - \theta_{q_i})$$

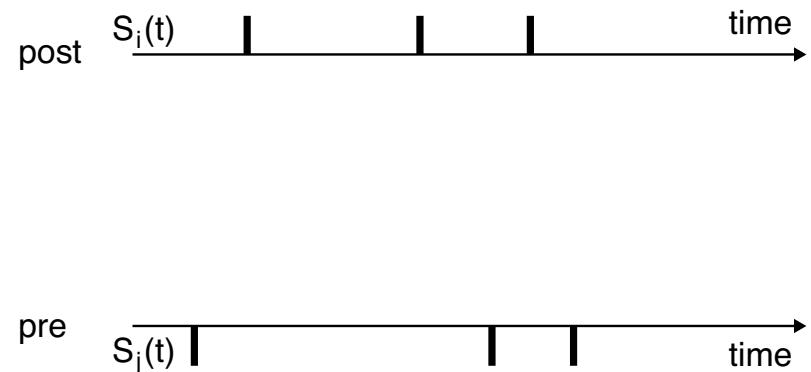
$$w_{ji}(t+1) = S_j(t) \cdot A_{ji}(t) \cdot P_{[q_j, q_i]}$$

$$B_i(t+1) = \mathcal{P}_{\text{reject}}(\lambda_{q_i}) \cdot n \cdot P_{[q_1, q_i]}$$



modified from Roberts and Bell, *Spike timing dependent synaptic plasticity in biological systems*, Biol. Cybern., 87:392–403, 2002

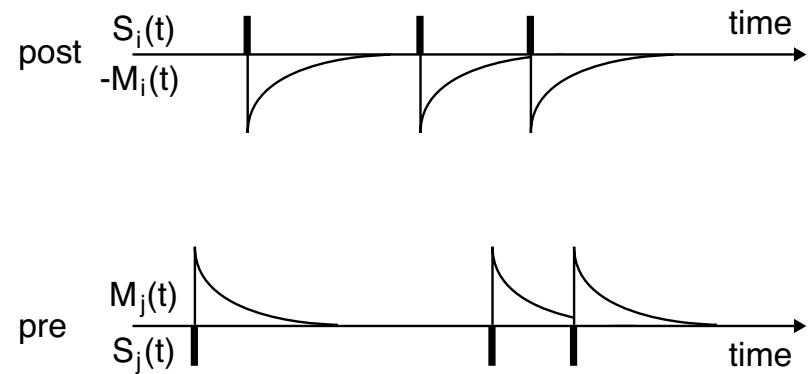
$$L_{ji}(t + 1) = L_{ji}(t) \cdot k_{\text{act}}[q_j, q_i] \\ + (S_i(t) \cdot M_j(t)) \\ - (S_j(t) \cdot M_i(t))$$



modèle: STDP et épissage

5

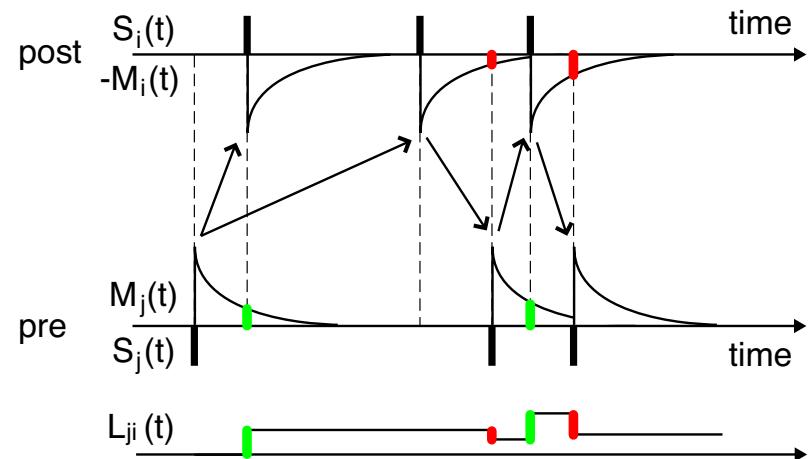
$$L_{ji}(t + 1) = L_{ji}(t) \cdot k_{\text{act}}[q_j, q_i] \\ + (S_i(t) \cdot M_j(t)) \\ - (S_j(t) \cdot M_i(t))$$



modèle: STDP et épissage

5

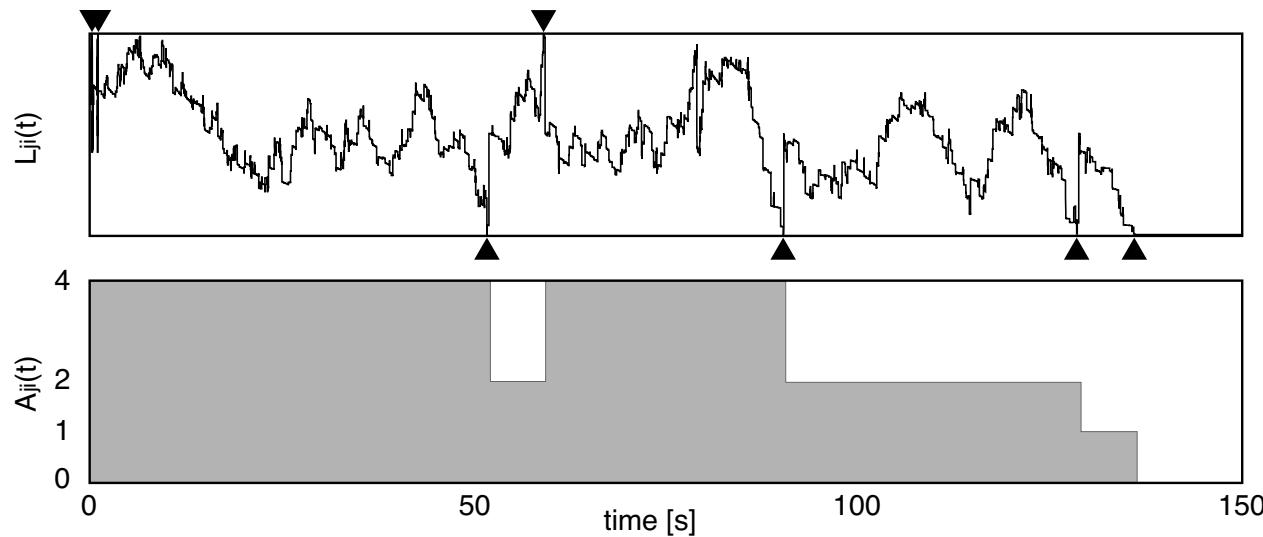
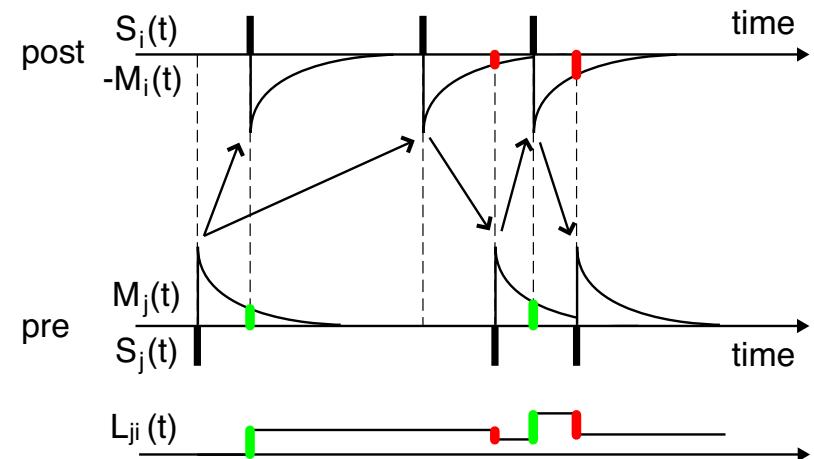
$$L_{ji}(t + 1) = L_{ji}(t) \cdot k_{\text{act}}[q_j, q_i] + (S_i(t) \cdot M_j(t)) - (S_j(t) \cdot M_i(t))$$



modèle: STDP et épissage

5

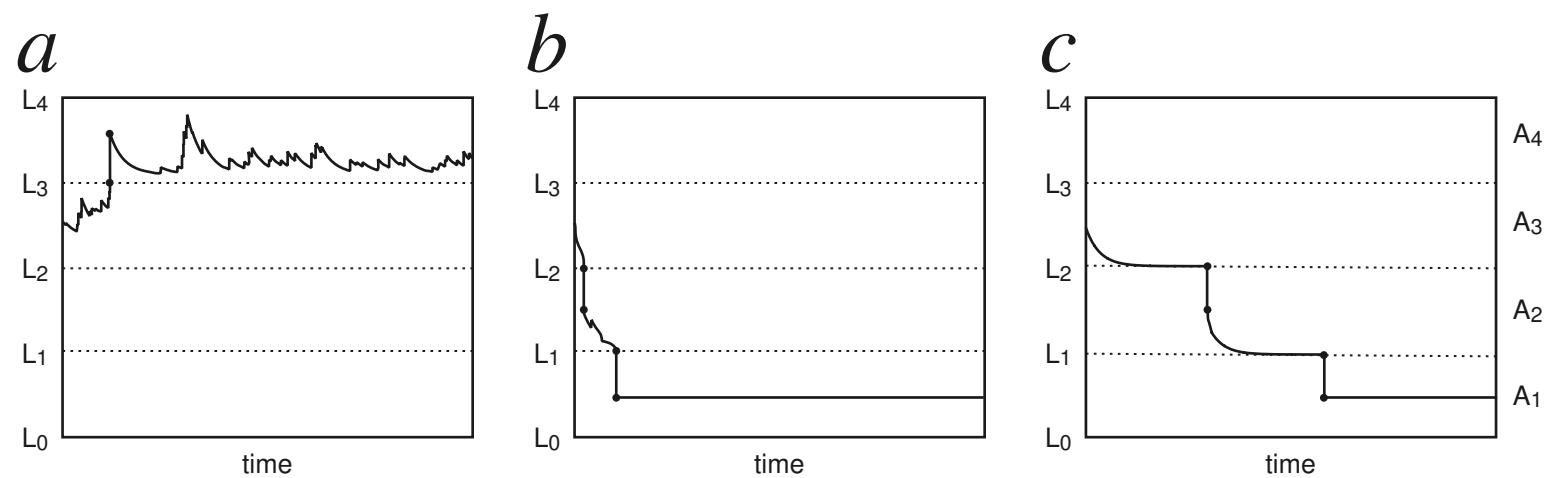
$$L_{ji}(t + 1) = L_{ji}(t) \cdot k_{act[q_j, q_i]} + (S_i(t) \cdot M_j(t)) - (S_j(t) \cdot M_i(t))$$



$$w_{ji}(t + 1) = S_j(t) \cdot A_{ji}(t) \cdot P_{[q_j, q_i]}$$

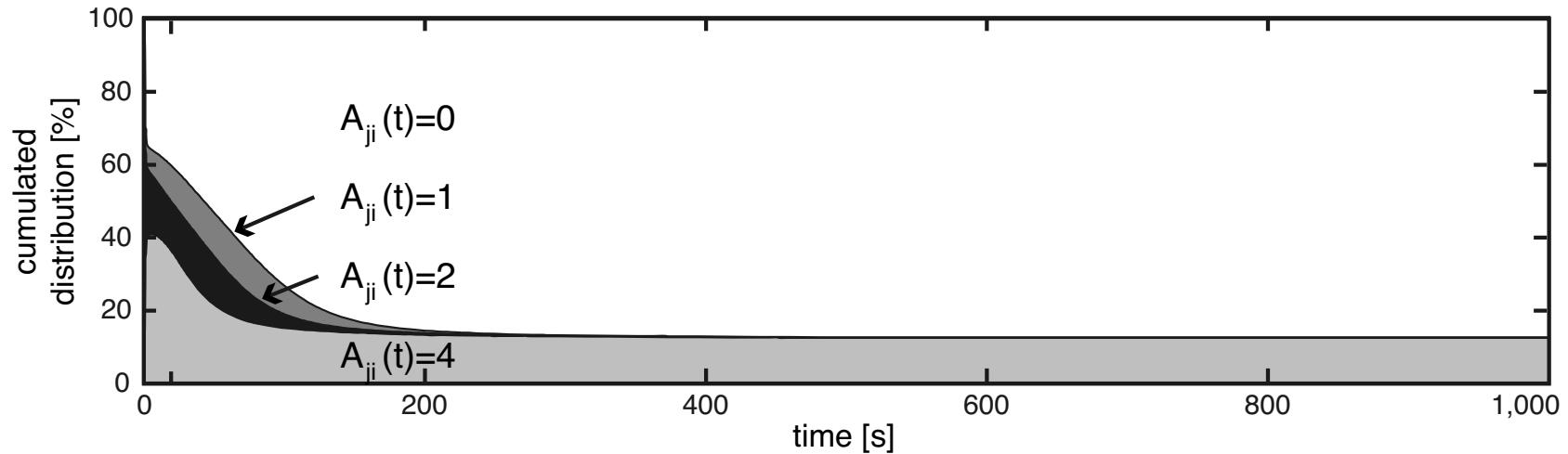
modèle: exemples d'adaptation synaptique

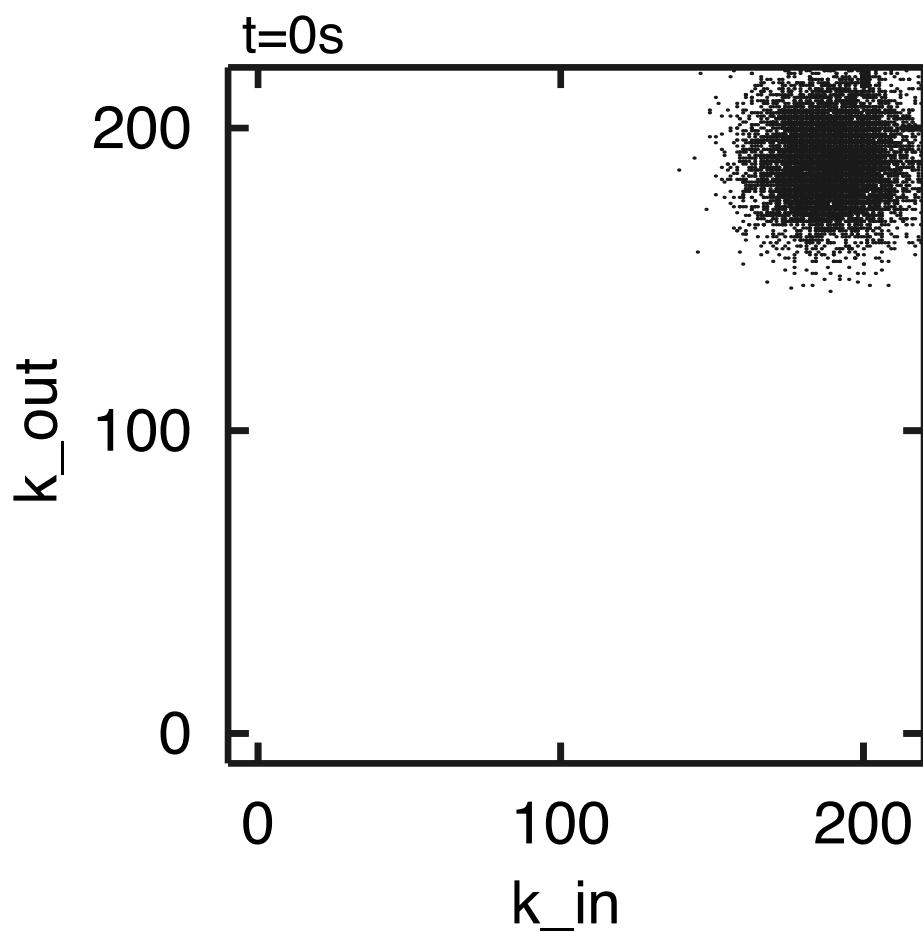
6

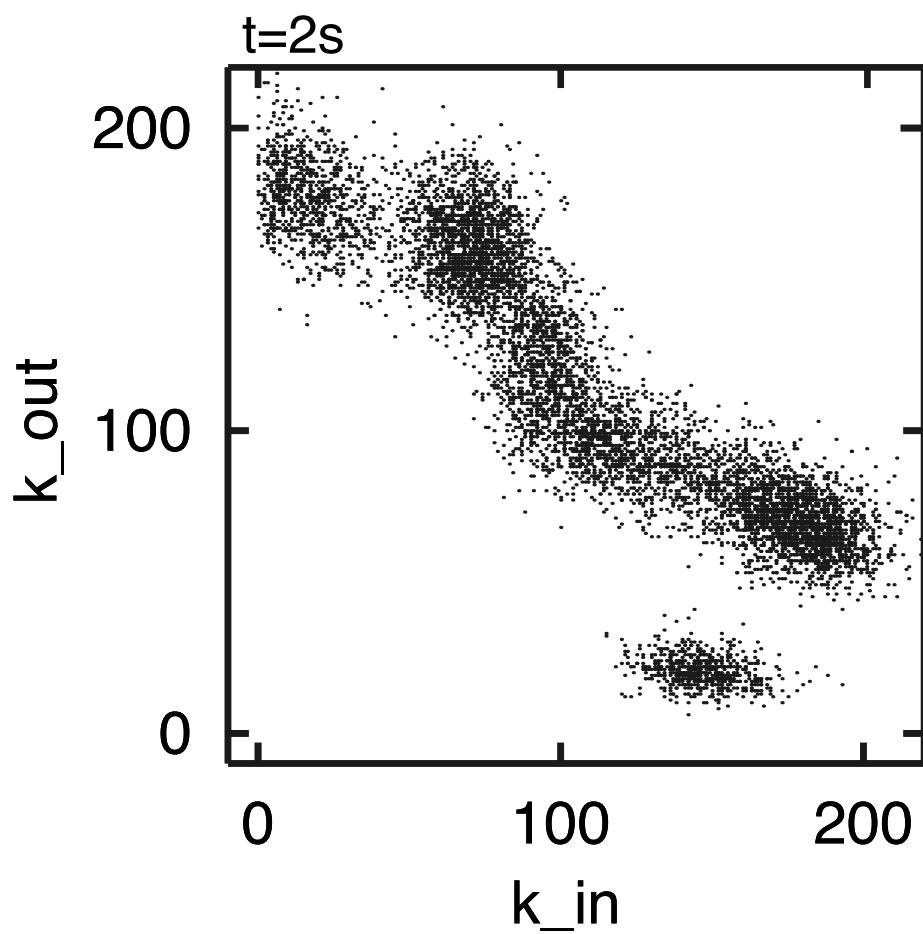


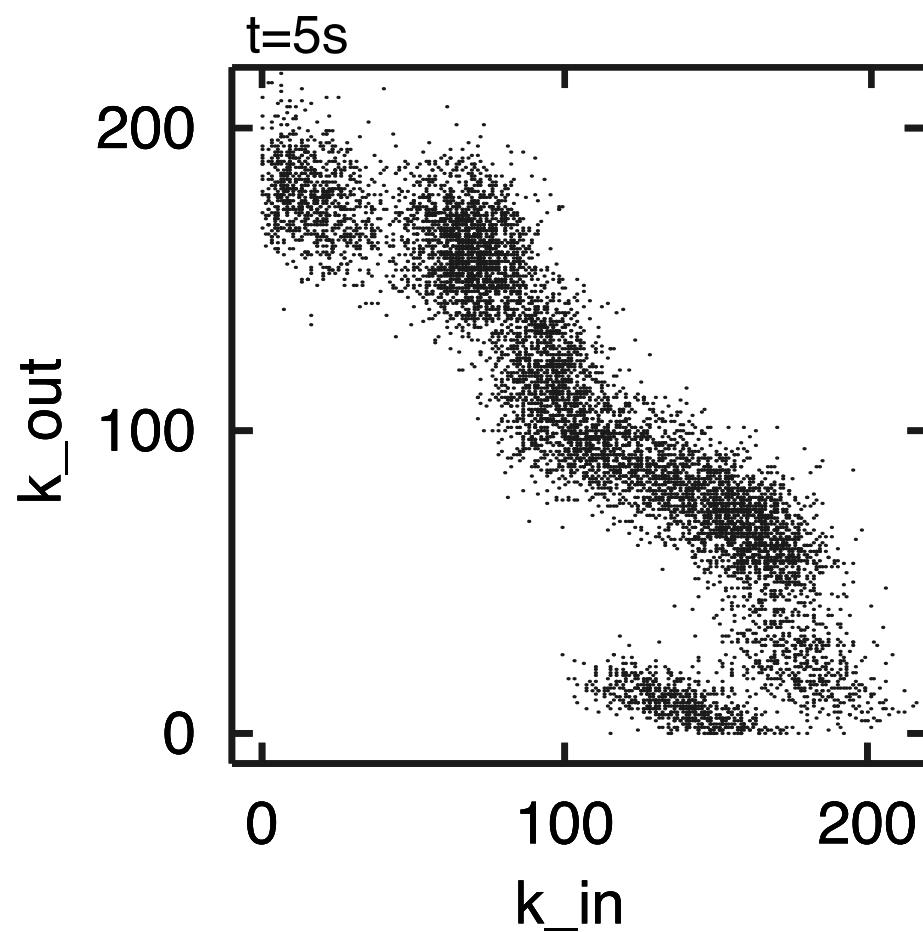
résultats: évolution d'une simulation

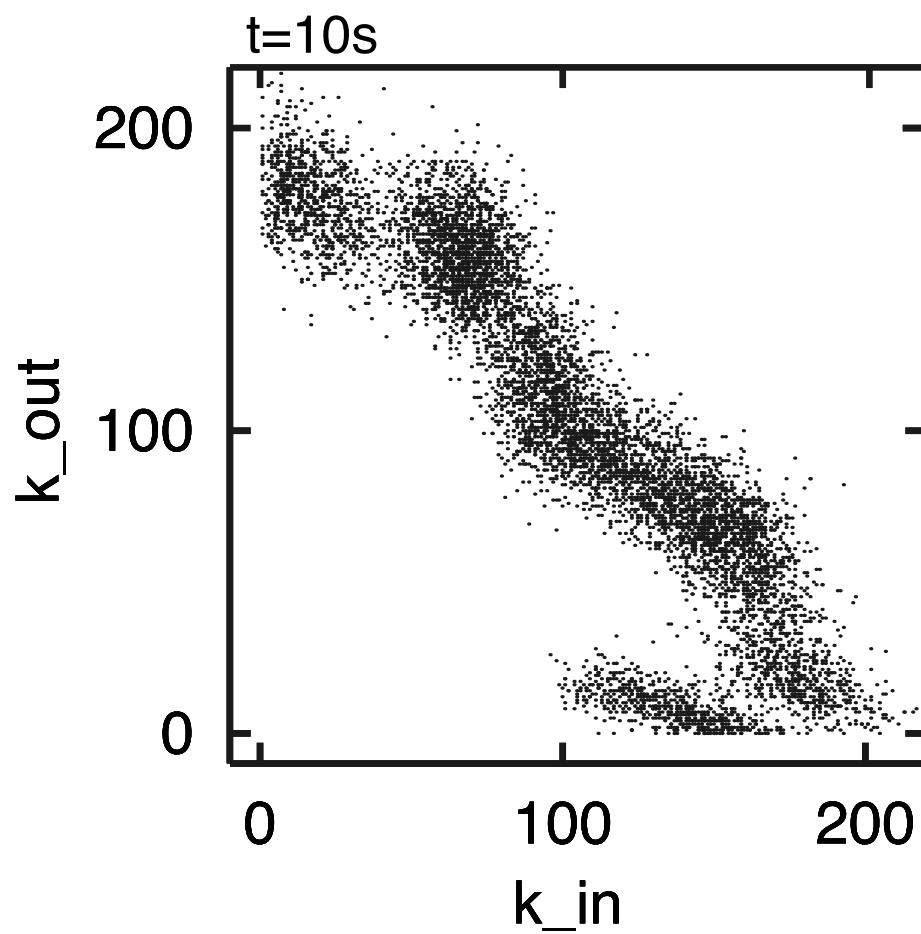
7

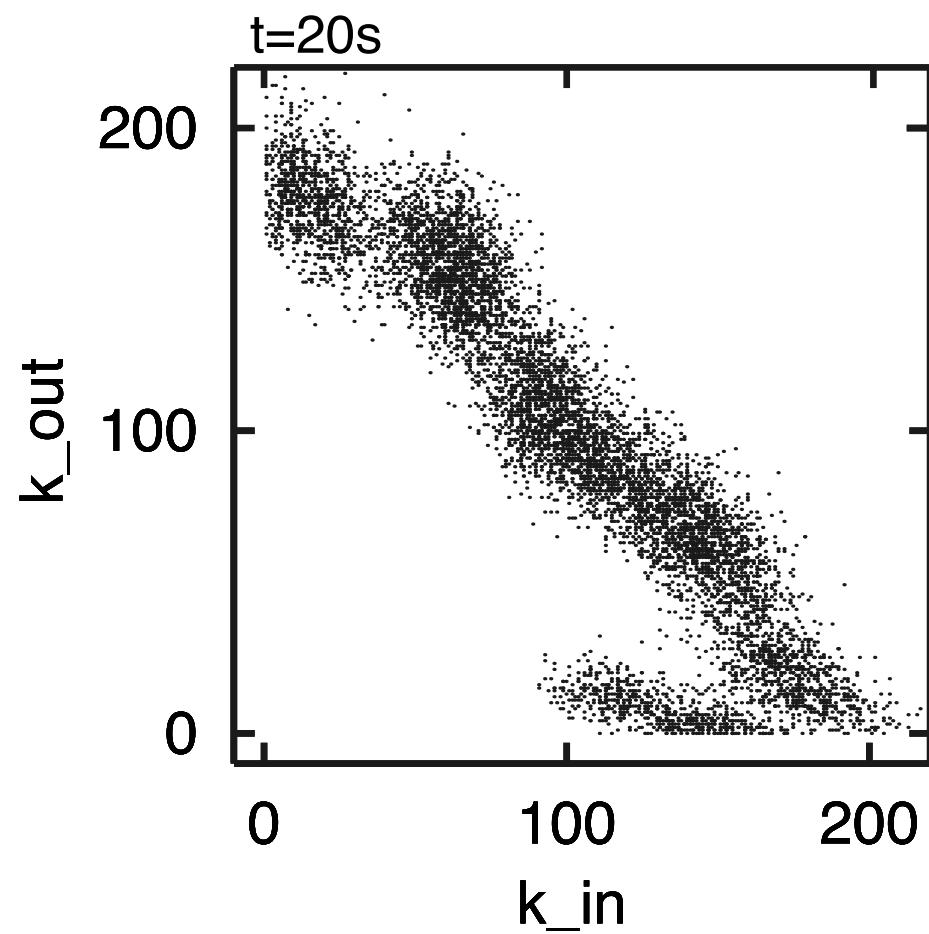


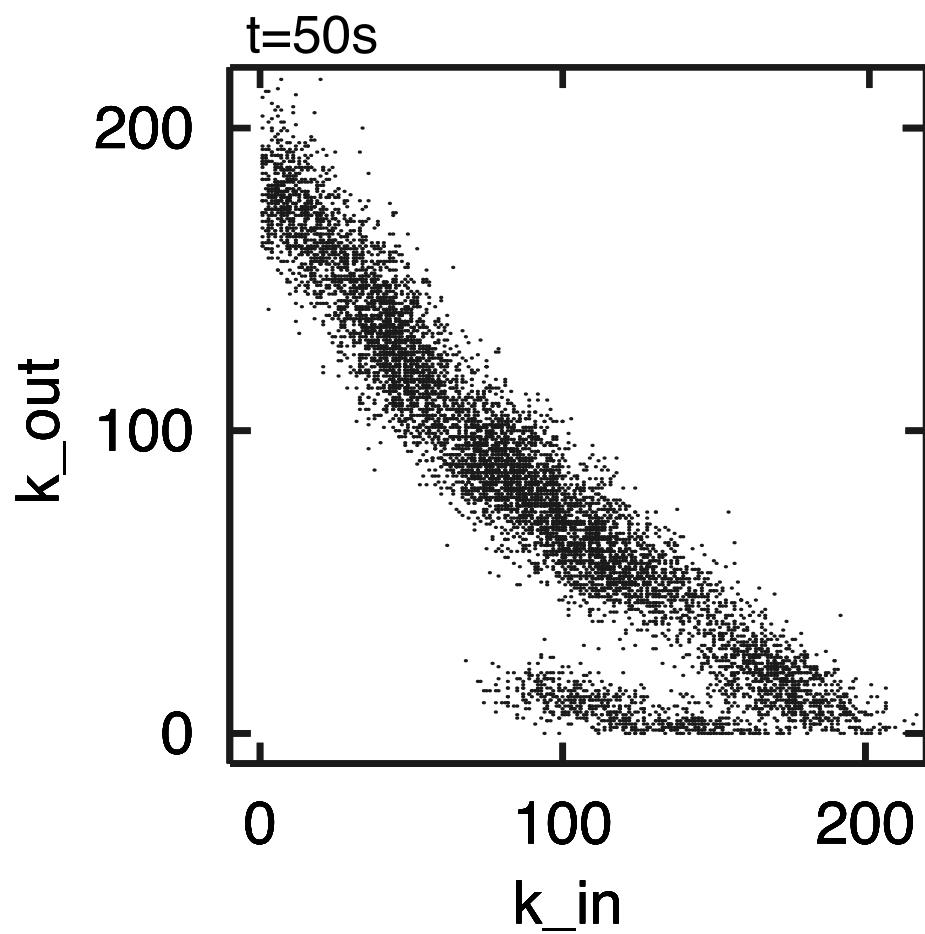


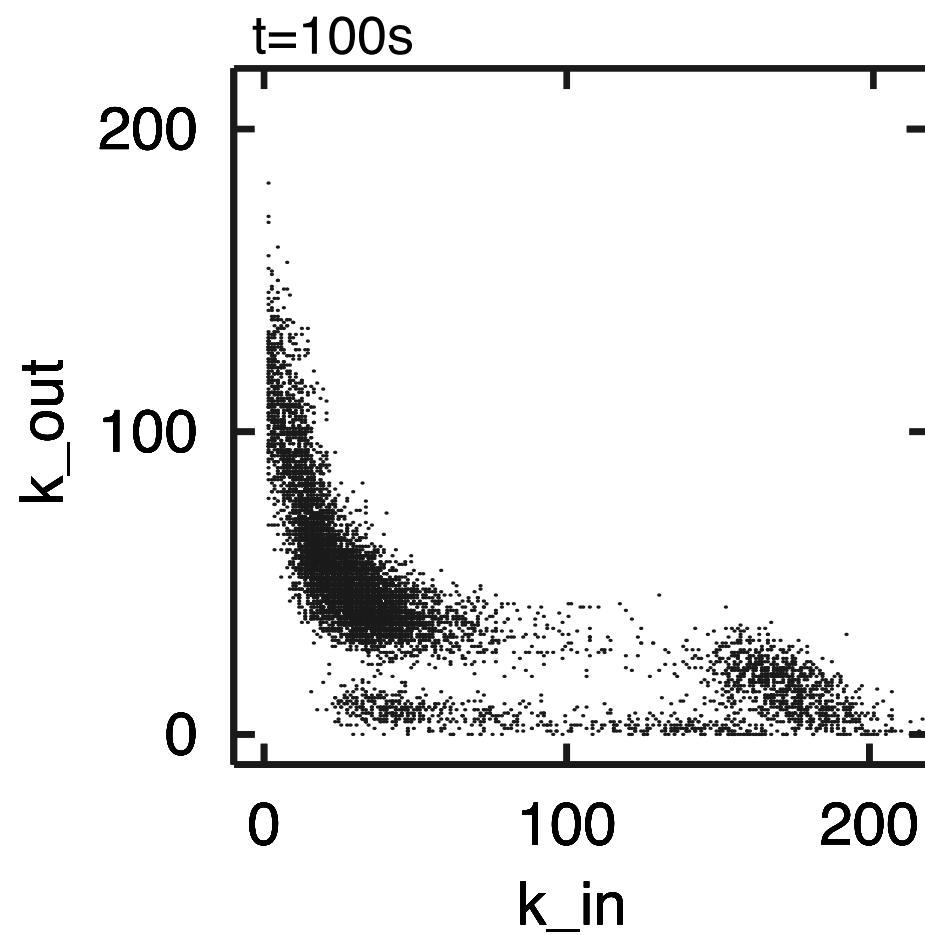


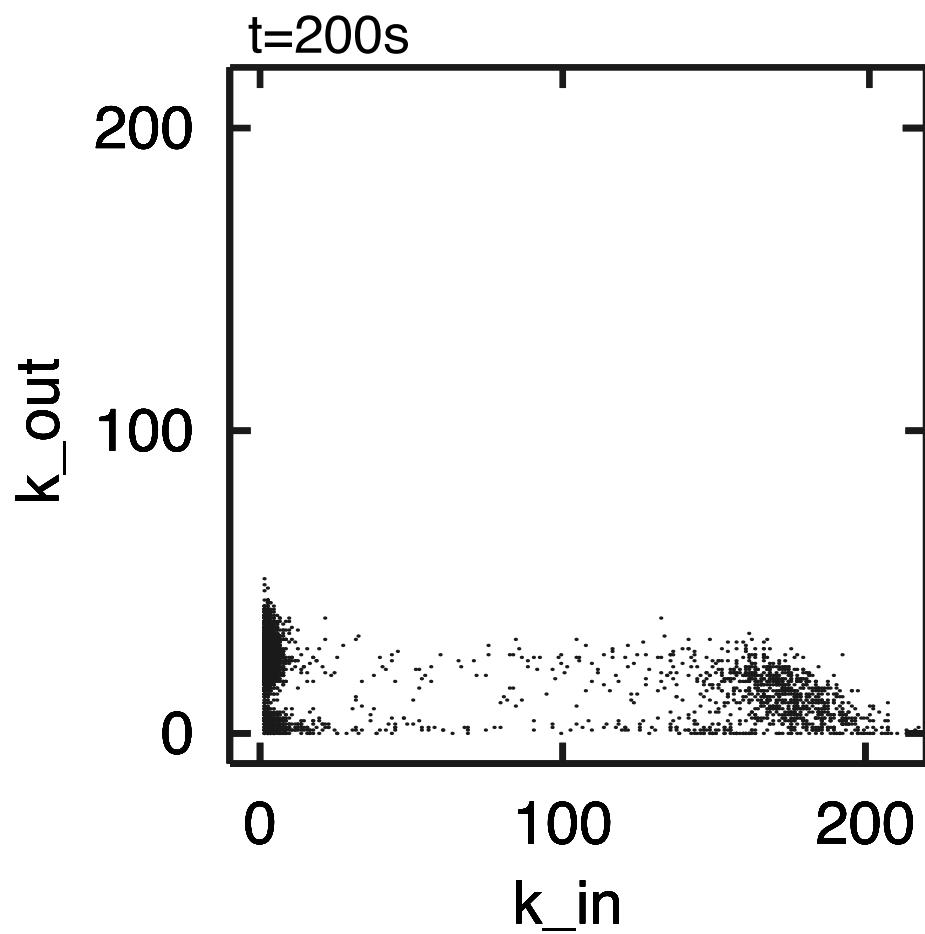


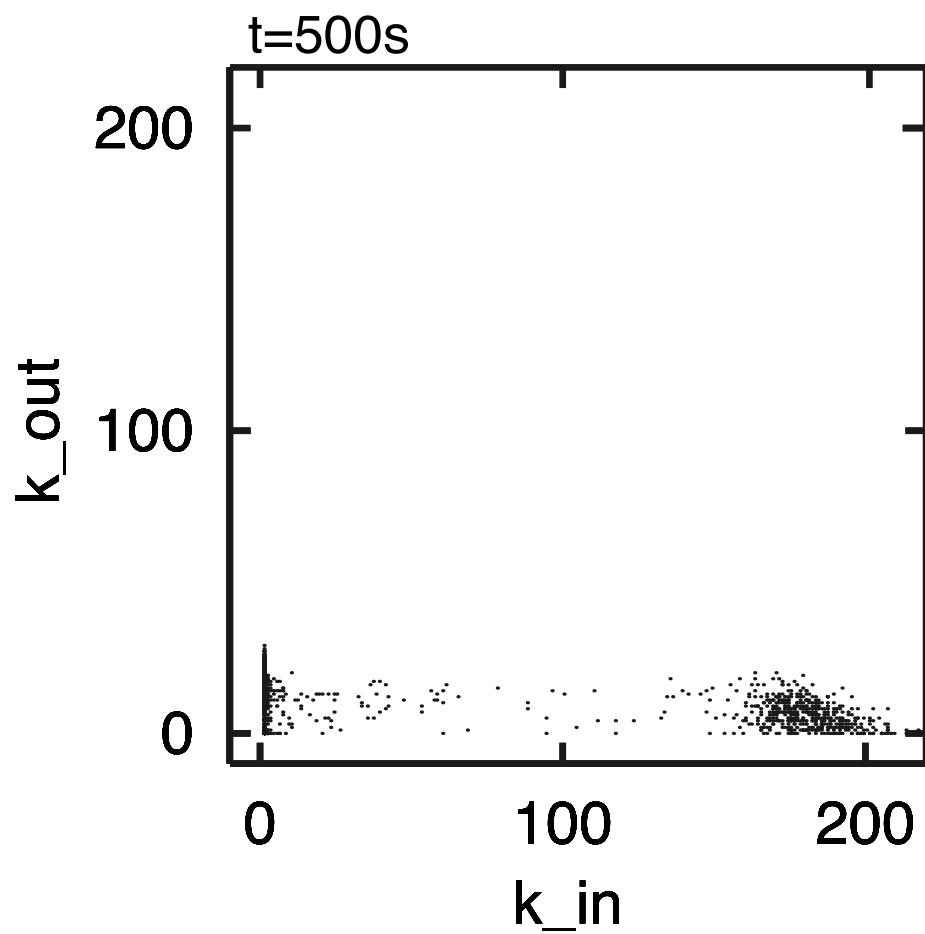


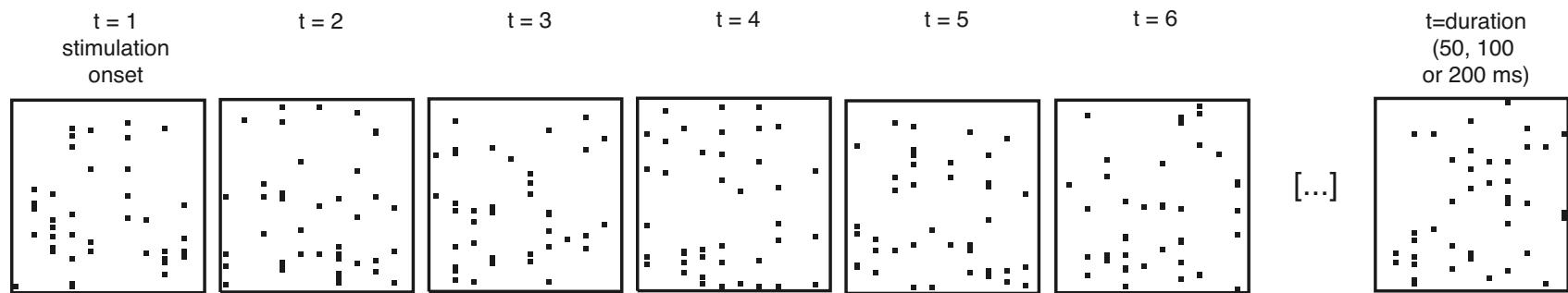












toutes les 2 secondes
10 barres verticales se déplaçant vers la droite
pendant 200 pas de temps.

ratio d'unités d'entrées: 10% des unités excitatrices
sélectionnées au hasard au début de la simulation ou avant
chaque stimulation

voir une [séquence animée](#).

unités fortement interconnectées (unités SI)

à la fin d'une simulation

les units qui n'ont pas été stimulées directement

qui maintiennent $k_{out} \geq 3$ et $k_{in} \geq 3$

au niveau d'activation le plus fort ($A_{ji}(t) = 4$)

avec des unités qui ont les mêmes propriétés.

voisinage

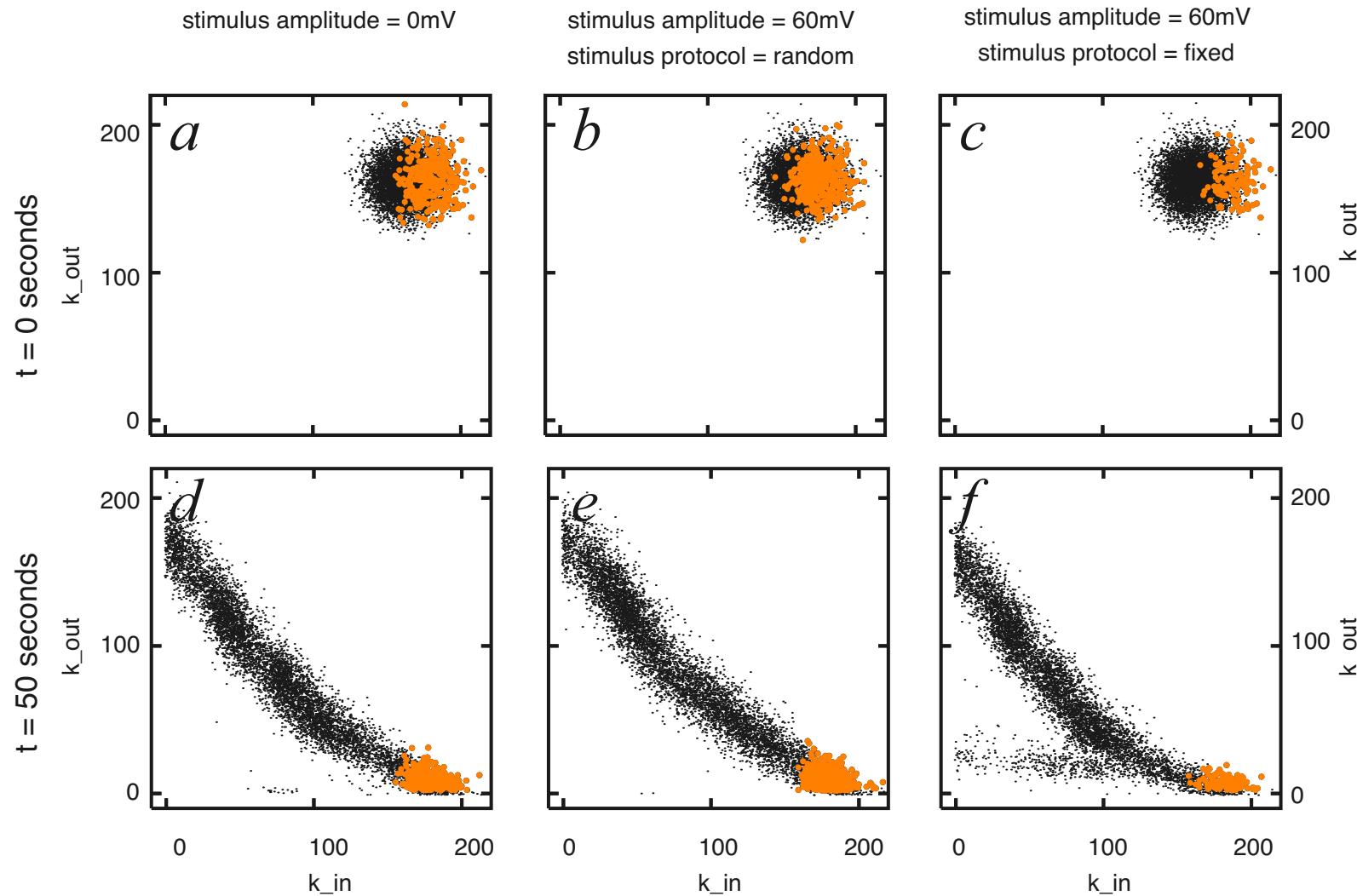
toutes les unités excitatrices (y compris les stimulées)

qui ont au moins une projection

en provenance ou vers des SI-units.

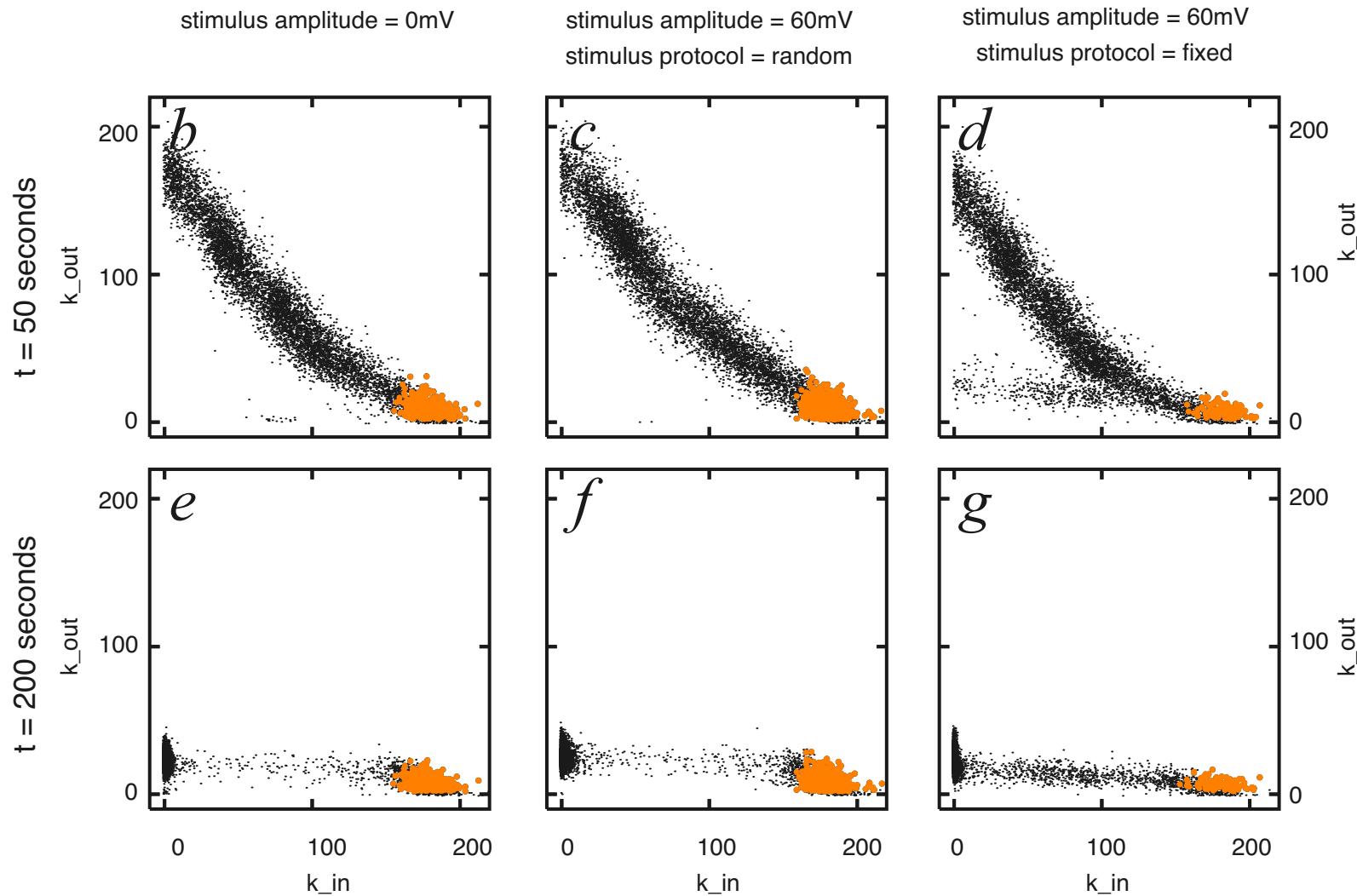
résultats: émergence de circuits de t=0 à t=50s

11



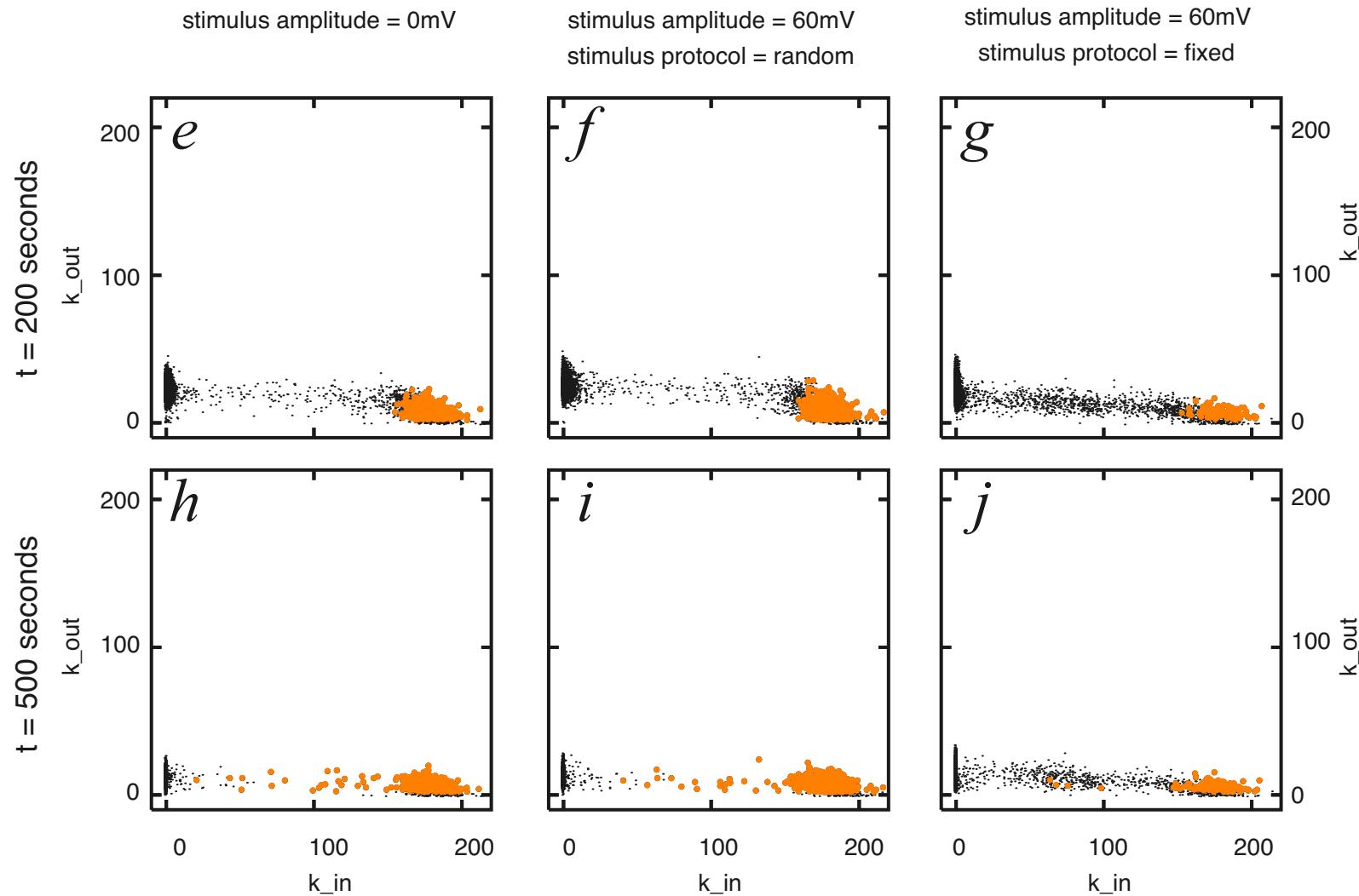
résultats: émergence de circuits de t=50 à t=200s

12



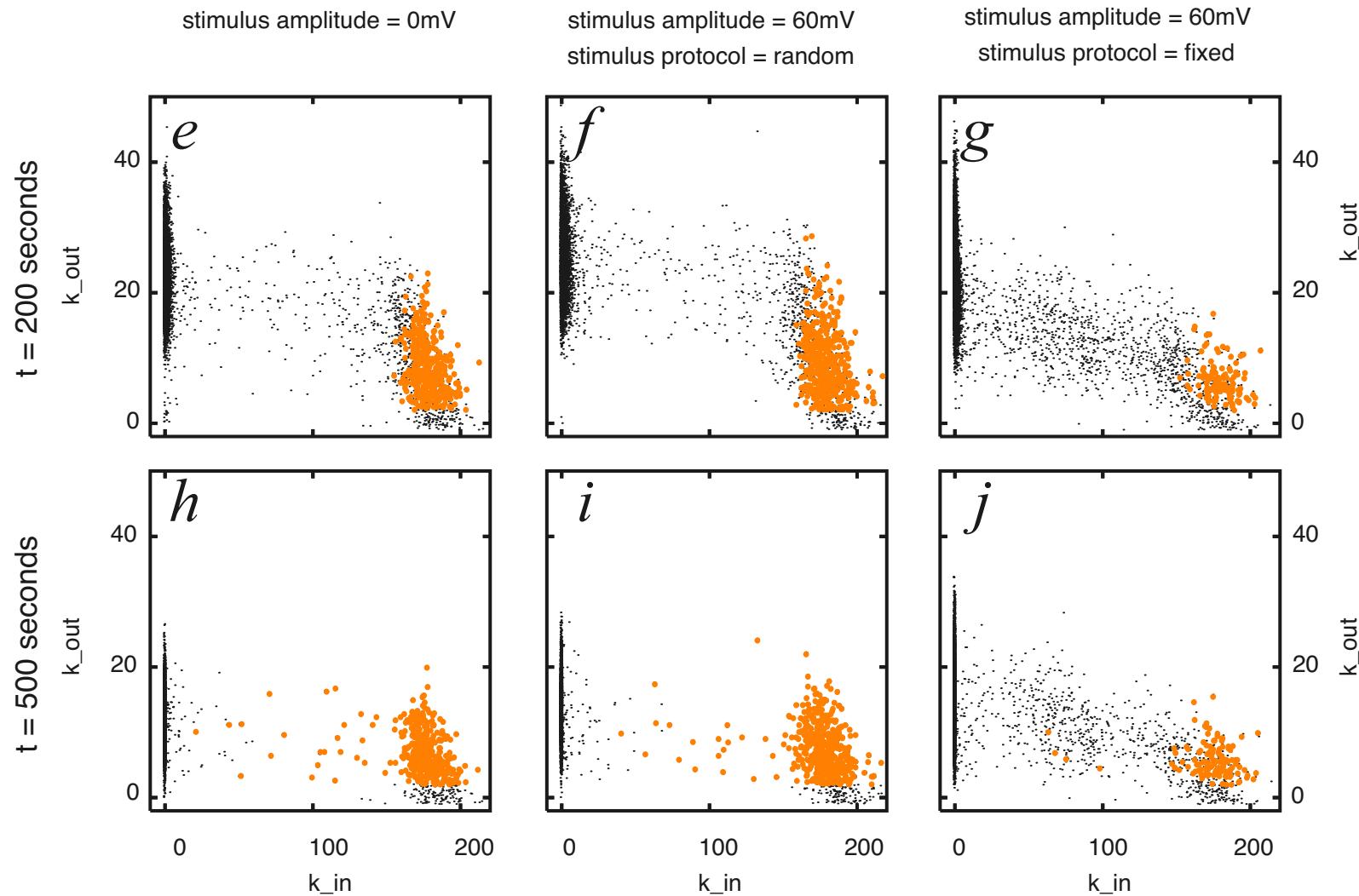
résultats: émergence de circuits de t=200 à t=500s

13

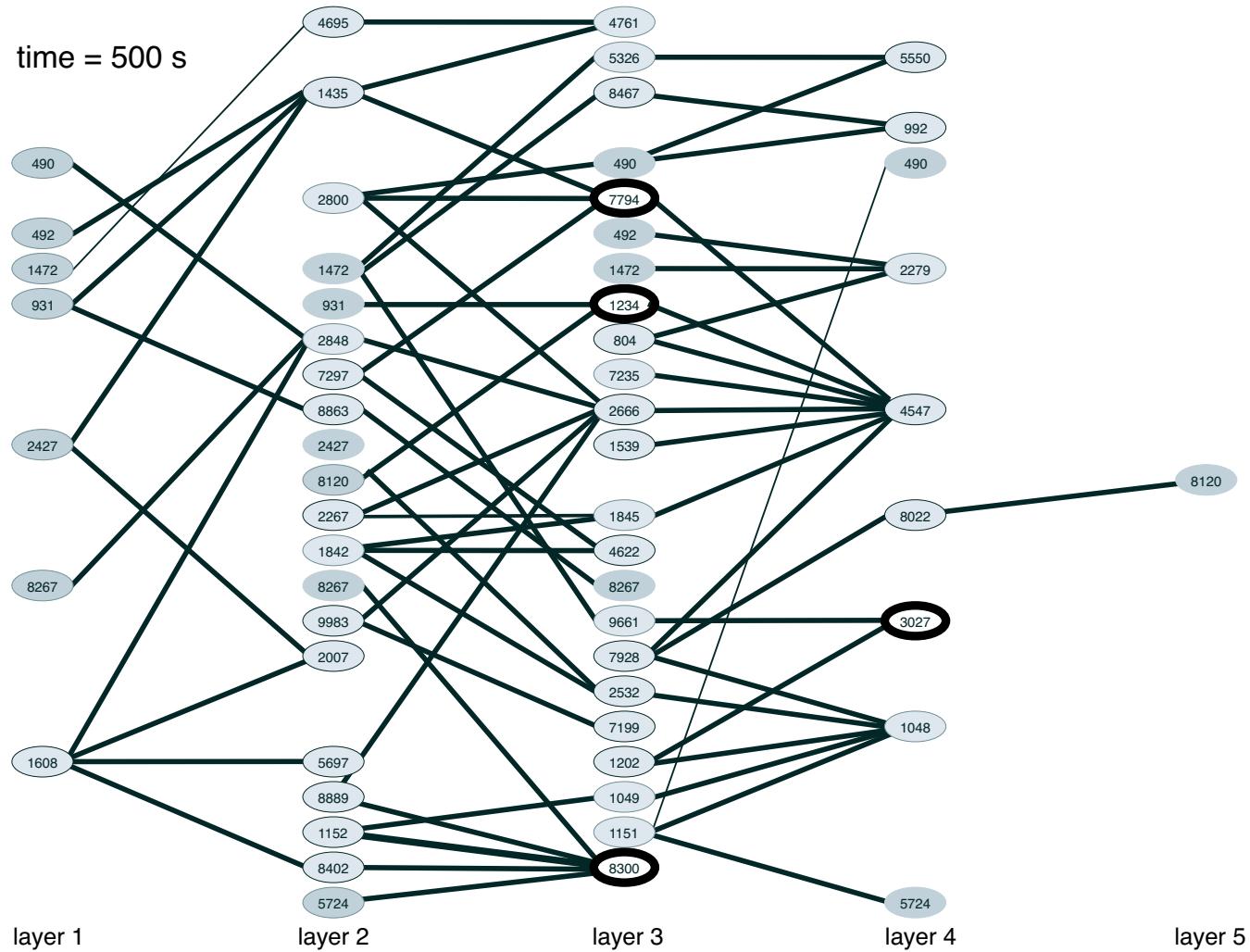


résultats: émergence de circuits de t=200 à t=500s (suite)

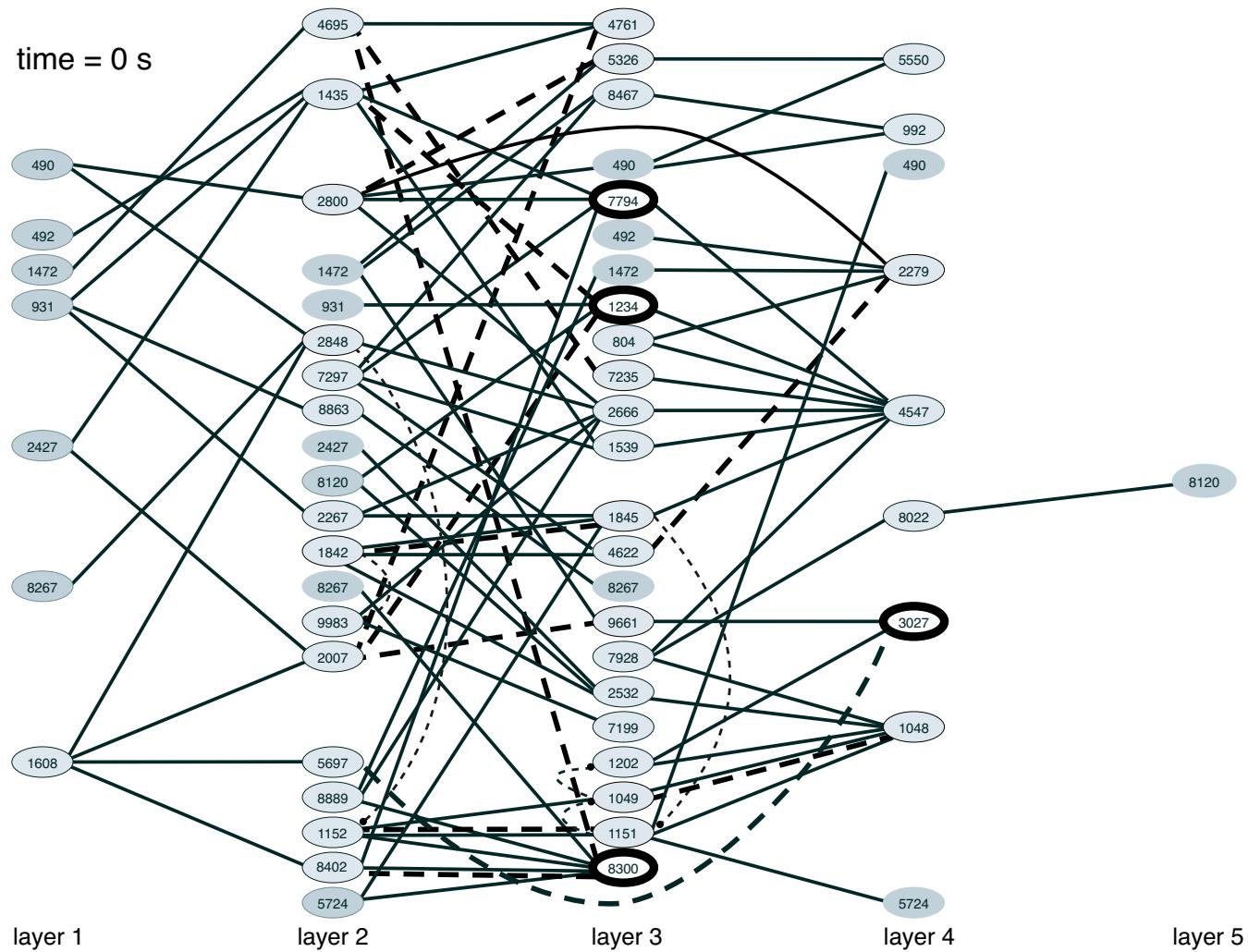
14



Iglesias et al., *Emergence of Oriented Cell Assemblies Associated with Spike-Timing-Dependent Plasticity*, LNCS 3696:127-132, 2005

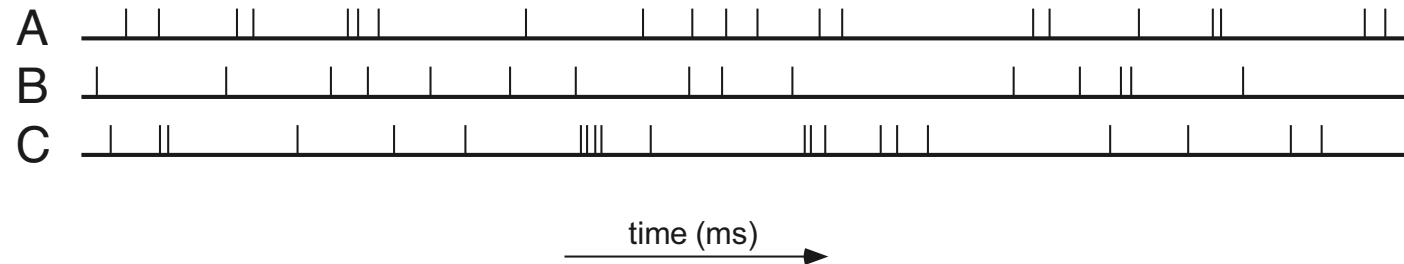


Iglesias et al., *Emergence of Oriented Cell Assemblies Associated with Spike-Timing-Dependent Plasticity*, LNCS 3696:127-132, 2005



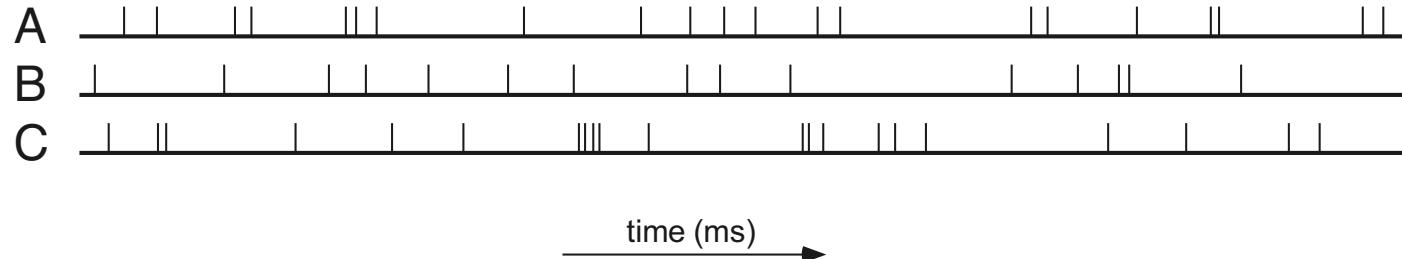
a

simultaneous recording of spike trains



a

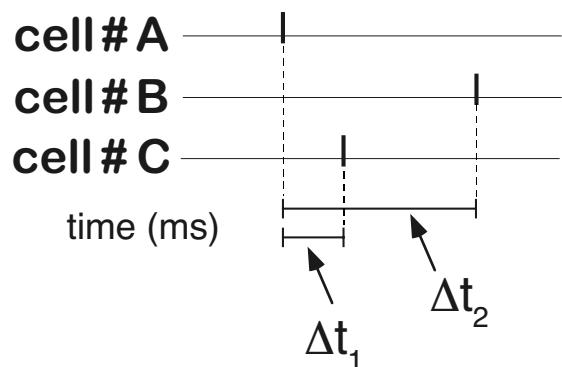
simultaneous recording of spike trains



b

detection of statistically significant spatiotemporal firing patterns

$\langle A, C, B; \Delta t_1, \Delta t_2 \rangle$



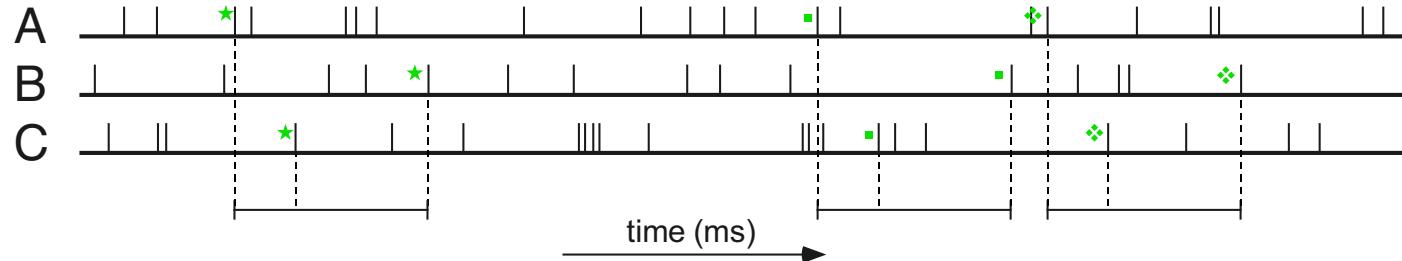
patterns found $n=3$

expected count $N=0.02$

significance of this pattern
 $p(3, 0.02) \approx 1.3 \cdot 10^{-6} < 0.001$

a

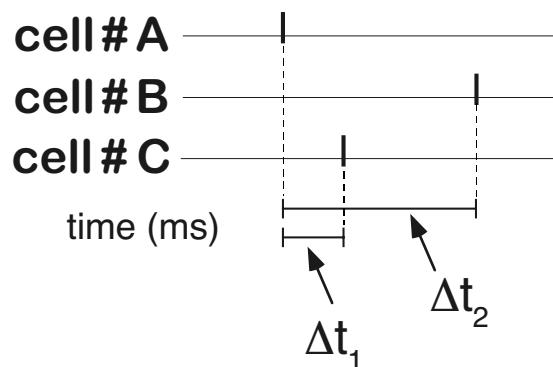
simultaneous recording of spike trains



b

detection of statistically significant spatiotemporal firing patterns

$\langle A, C, B; \Delta t_1, \Delta t_2 \rangle$

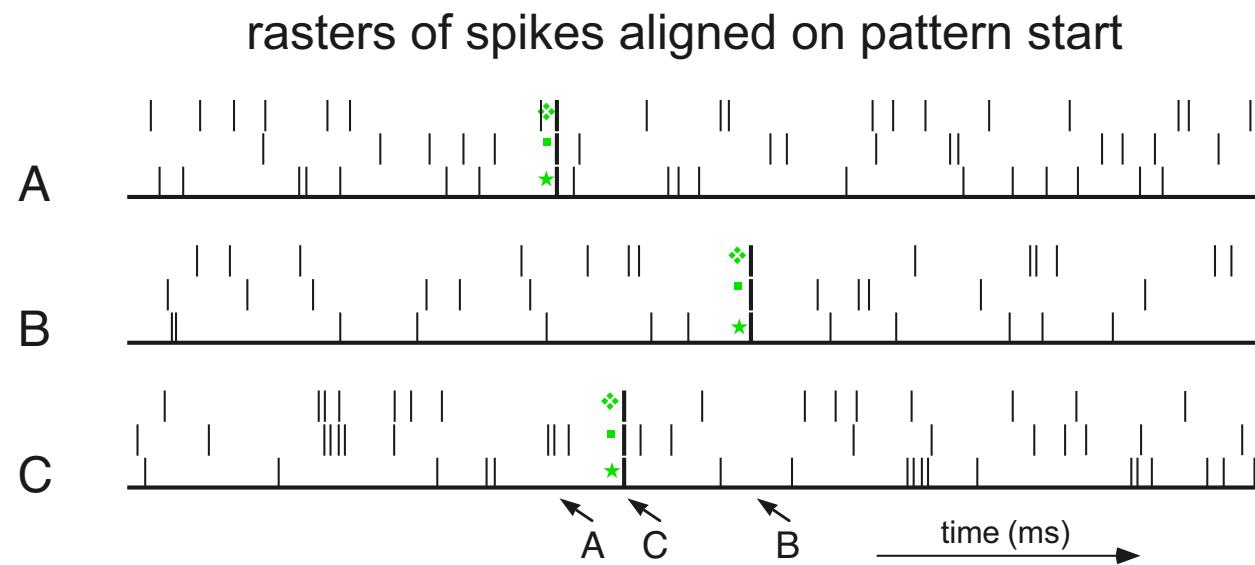


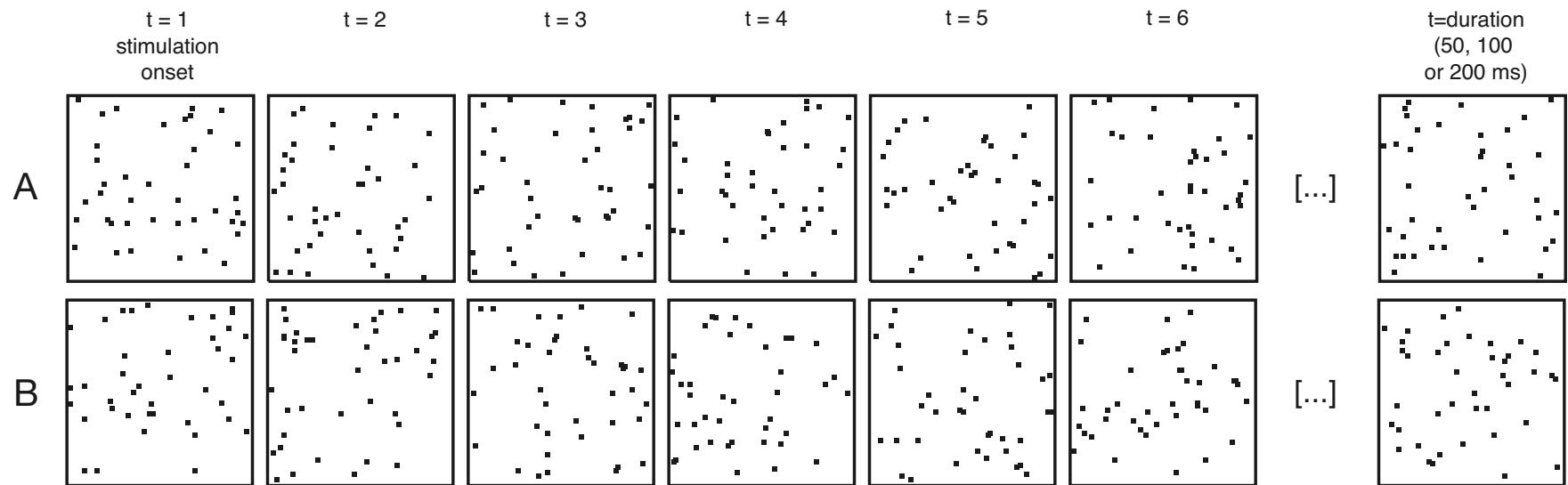
patterns found $n=3$

expected count $N=0.02$

significance of this pattern
 $p(3, 0.02) \approx 1.3 \cdot 10^{-6} < 0.001$

pour les détails de la méthode, voir Villa *et al.*, 1999; Tetko and Villa, 2001





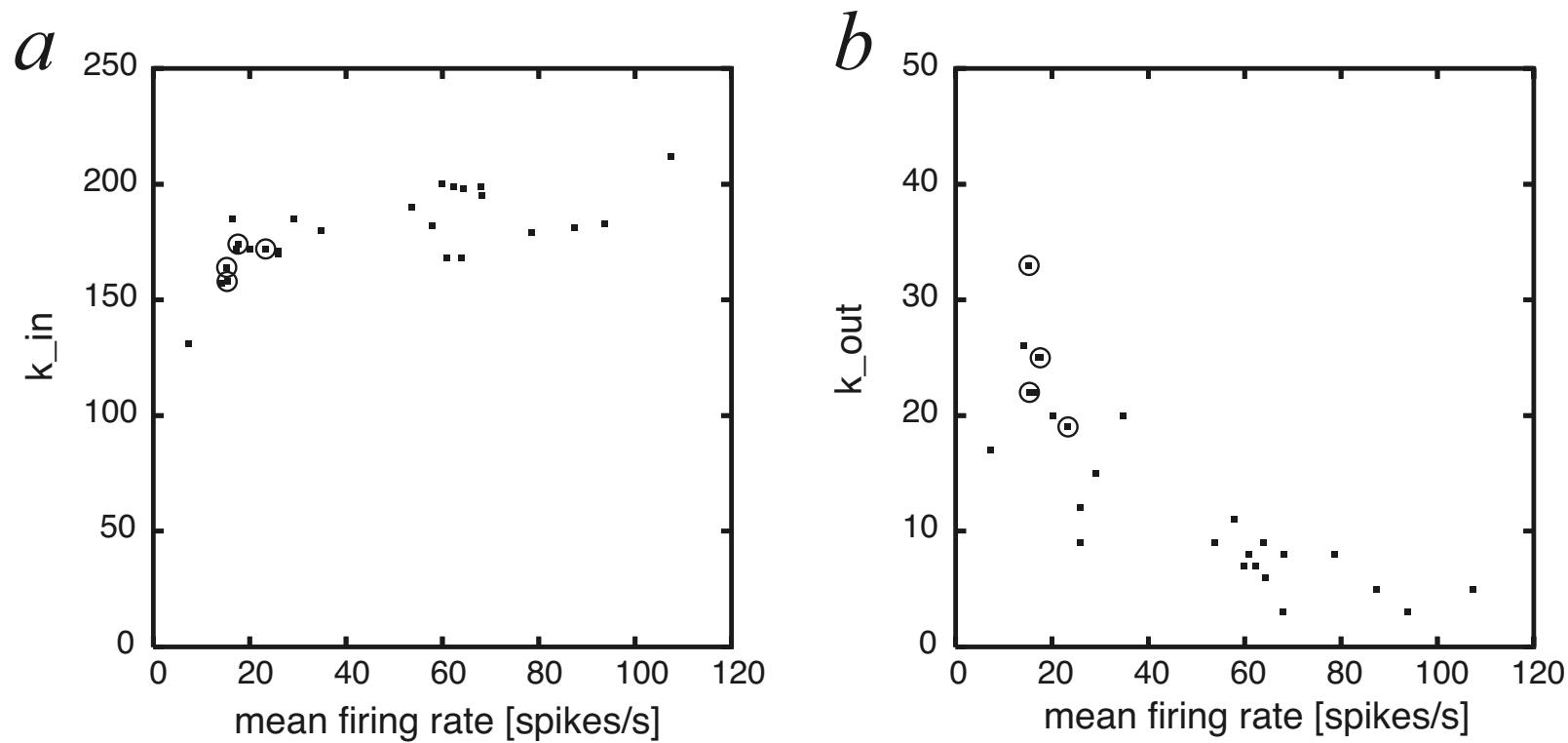
toutes les 2 secondes

10 groupes de 40 unités activées en sequence (5% unités d'entrée)
pendant 200 pas de temps (AA, BB, AB, BA, AB|BA)

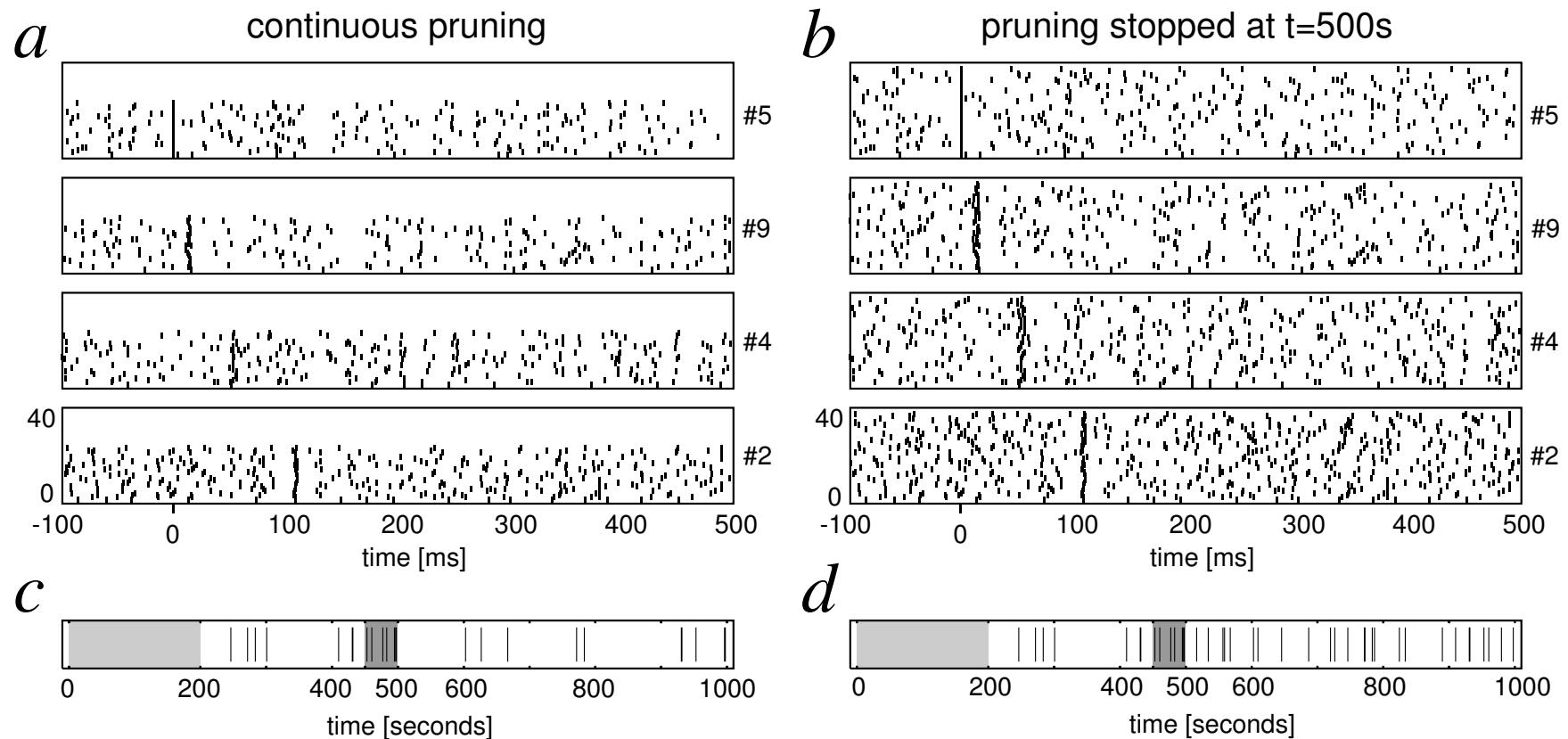
épissage continu et interrompu

Des séquences animées sont disponibles pour les stimuli [A](#) et [B](#).

26 unités avec $k_{in} = k_{out} = 0$ en absence de stimulation
et $k_{in} > 0$ et $k_{out} > 0$ avec tous les stimuli (AA, BB, ...)



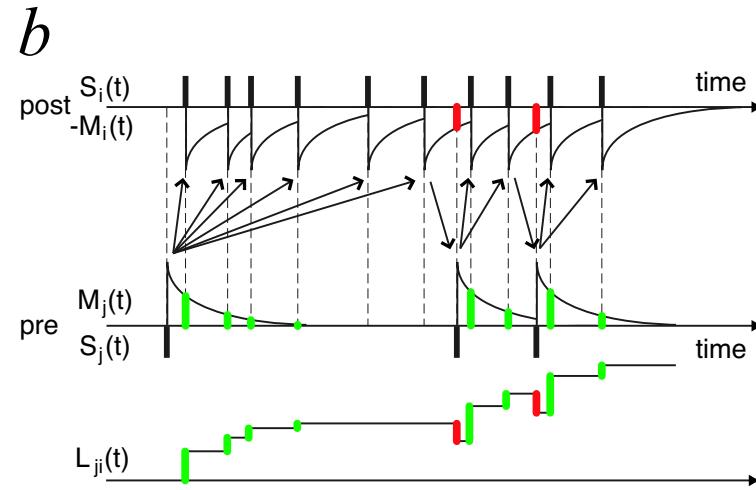
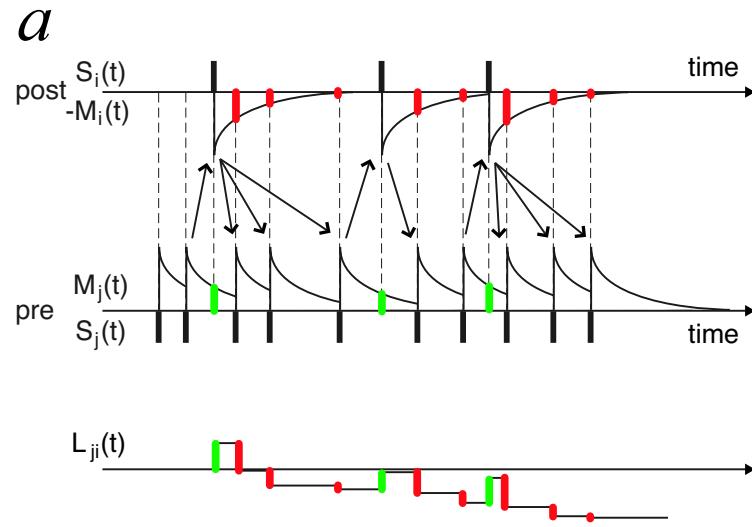
$\langle 5, 9, 4, 2; 13, 53, 109 \rangle$



- émergence de circuits orientés par épissage synaptique associé à STDP
- les circuits sont capable de produire des motifs spatiotemporels d'activité
- rôle de la différence des taux de décharge pre– et postsynaptiques sur la règle de modification synaptique STDP

discussion: taux de décharge et degrés de connexion (suite)

22



discussion: taux de décharge et degrés de connexion (suite)

22

