

## Simulación de Sistemas

### Trabajo Práctico Nro. 2: Autómatas Celulares (Enunciado publicado en CAMPUS el 17/03/2023)

Elegir uno de los 3 sistemas que se detallan en las opciones mas abajo para implementar y presentar.

Los entregables del T.P. son:

- a- Presentación oral de 15 minutos de duración con las secciones indicadas en el documento ".../material didáctico/00\_GuiasFormato/Formato\_Presentaciones.pdf". Durante la presentación oral se podrá solicitar una demostración en vivo del funcionamiento del código.
- b- Animaciones del sistema simulado incluidas en la presentación (no en el pdf de la misma, ni tampoco subir al campus los archivos de dichas animaciones).
- c- El documento de la presentación en formato pdf.
- d- El código fuente implementado.
- e- Un informe con las mismas secciones que la presentación y teniendo en cuenta el formato indicado en ".../material didáctico/00\_GuiasFormato/Formato\_Informes.pdf".

Fecha y Forma de Entrega:

La presentación en pdf (c), el código fuente (d) y el informe (e) deberán ser presentados **a través de campus**, antes del día 03/04/2023 a las 10 hs. Los Archivos deben nombrarse de la siguiente manera: "SdS\_TP2\_2023Q1GXX\_Presentación", "SdS\_TP2\_2023Q1GXX\_Codigo" y "SdS\_TP2\_2023Q1GXX\_Informe", donde XX es el número de grupo. Las presentaciones orales (a), conteniendo las animaciones (b), se realizarán durante la clase del mismo día.

Durante la demostración se podrán pedir cambios de parámetros para realizar nuevas simulaciones. Se recuerda que la simulación debe generar un output en formato de archivo de texto. Luego el módulo de animación se ejecuta en forma independiente tomando estos archivos de texto como input. De esta forma la velocidad de la animación no queda supeditada a la velocidad de la simulación.

En cualquiera de los sistemas que se elija, se deben mostrar las evoluciones temporales de los observables y explicitar como se calculan los promedios o derivadas que luego se reportan.

Las 3 opciones de ejercicios para elegir uno de ellos son las siguientes:

#### **Opción 1)** Autómata Off-Lattice: Bandadas de agentes autopropulsados

- Implementar el algoritmo de bandadas descripto en la teórica [1].
  - a) A partir de las posiciones y velocidades generadas por las simulaciones hacer animaciones que muestren la dinámica del sistema. Cada agente será representado por un vector (velocidad) cuyo origen estará ubicado en la posición de la partícula para cada tiempo de simulación  $t$ .
  - Repetir las animaciones anteriores pero cambiando el color (o la escala de grises) de los vectores según el ángulo de la velocidad.
  - b) A partir de la evolución temporal de  $v_a$ , determinar en qué tiempos se deben tomar los promedios. Mostrar evoluciones temporales características con los criterios usados para medir en el estado estacionario. Reproducir algunas curvas de  $v_a$  en función de  $\eta$  y de  $\rho$  mostradas en [1], con las barras de error.
  - c) Observar y clasificar distintos comportamientos del sistema para distintos grupos de parámetros.
- Nota: Utilizar parámetros en el rango de los utilizados en la Ref. [1].

### Opción 2) Difusión de un gas (Autómata Celular "Lattice Gas")

Implementar el modelo FHP para simular el siguiente sistema.

- Sea una grilla de  $200 \times 200$  celdas que contiene dos recintos separados por un tabique de tamaño  $D$  como se muestra en la Fig. 1.

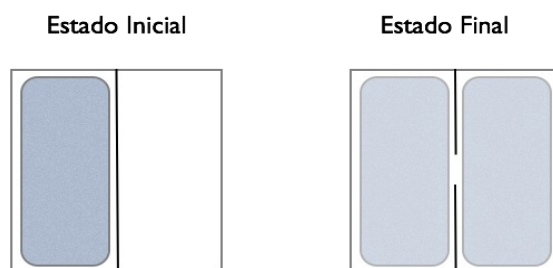
- Considerar inicialmente  $N$  partículas en lado izquierdo con direcciones de las velocidades al azar.

- Desde el instante inicial implementar una apertura en el tabique de  $D = 50$  celdas.

a) Dejar evolucionar hasta el equilibrio.

b) Repetir con  $N = 2000, 3000$  y  $5000$ . Graficar la fracción de partículas en ambos lados en función del tiempo. Medir el tiempo en que se llega al equilibrio en cada caso. Especificar un criterio para decidir cuando se llegó al equilibrio.

c) Estudiar como afecta  $N$  o  $D$  al tiempo en llegar al equilibrio. Mostrar los resultados que describan la relación *input vs observable* en un figura Tiempo de equilibrio vs.  $N$  o  $D$  con las barras de error correspondientes. Generar Animaciones de cada caso coloreando las partículas según alguna cantidad de interés.



**Figura 1:** Esquema del sistema a simular: Evolución de un gas inicialmente confinado en el recinto izquierdo.

### Opción 3) Juego de la vida

Implementar el juego de la vida, u otro celular autómata, en un espacio 2-D y 3-D **SIN** condiciones periódicas de contorno.

- Usar las reglas de actualización del autómata de la literatura y proponer reglas propias.

- Como mínimo estudiar tres sistemas 2-D y tres sistemas 3-D.

a) Para cada caso, partiendo de diferentes condiciones iniciales en un dominio central y acotado (es decir, lejos de los bordes y suficientemente menor al dominio total de la simulación), estudiar la evolución temporal del número de celdas vivas y de la distancia de la celda viva más lejana al origen (el "radio" del patrón). Para ello se deberá variar a modo de *input* el porcentaje de celdas vivas en el dominio inicial, por lo menos 6 valores en el intervalo  $(0, 100\%]$ . Tomar como criterio de corte el paso en que la ocupación de celdas llegue a algún borde.

Realizar animaciones 2D y 3D (una por cada configuración particular), coloreando las partículas, según su distancia al centro y, opcionalmente, con alguna otra variable de interés.

b) Realizar varias simulaciones para cada sistema y condición inicial. Mostrar evoluciones temporales típicas y definir un escalar que caracterice toda la evolución temporal (por ejemplo, si el tamaño del patrón inicial creciera linealmente con el tiempo, entonces el escalar sería la pendiente de la recta; también podría ser el tiempo que tarda en saturar el sistema, etc.).

c) Este escalar será considerado el *observable* correspondiente a cada simulación. Luego, tomando promedio y desvío estándar hacer el gráfico con barras de error que describa la relación *input vs observable*.

### Referencias

[1] Vicsek, T., Czirók, A., Ben-Jacob, E., Cohen, I., & Shochet, O. (1995). Novel type of phase transition in a system of self-driven particles. *Physical review letters*, 75(6), 1226.