

1. Biologia sintetica e computer biologici



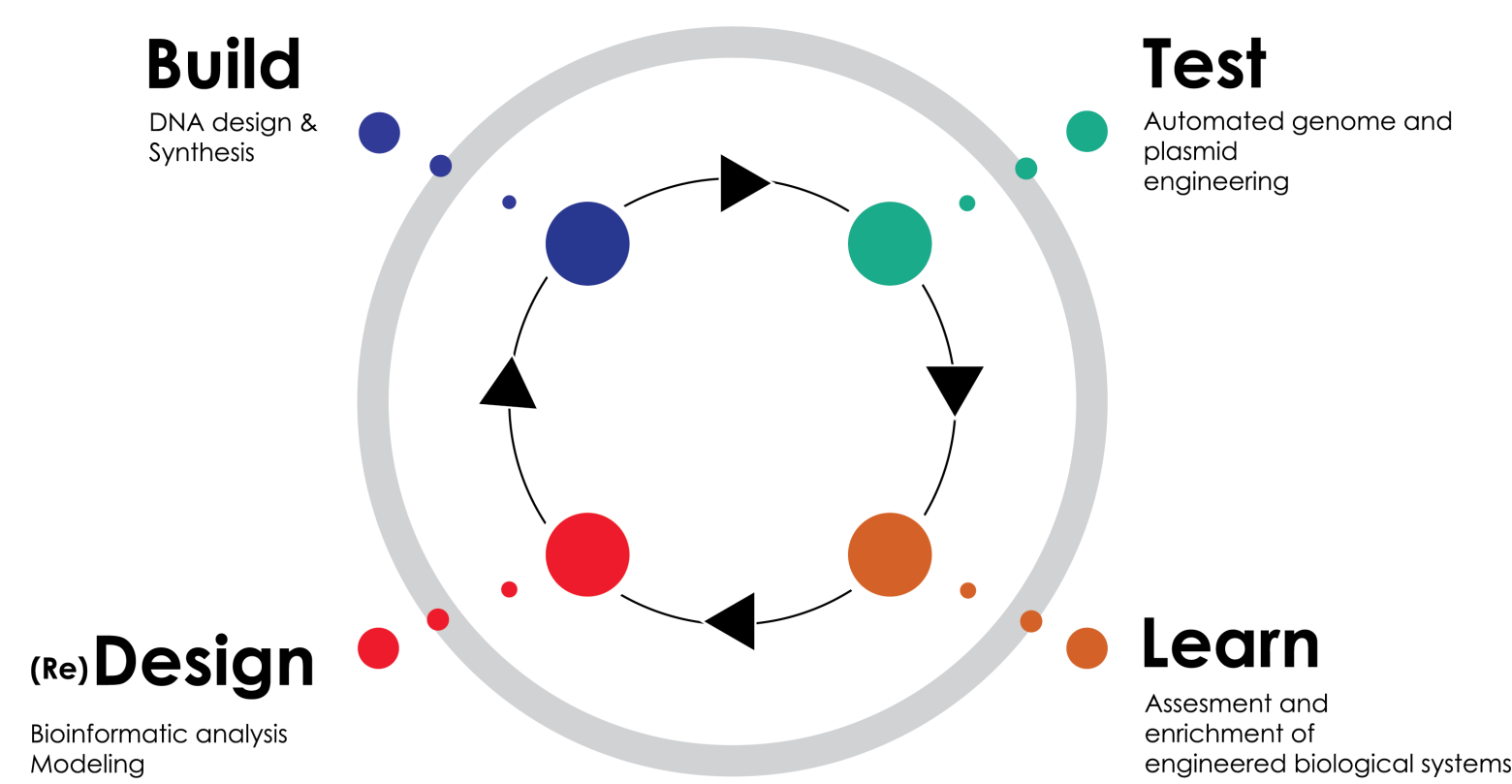
La **biologia sintetica** è un campo che unisce biologia e ingegneria. Fornisce gli strumenti e il linguaggio per progettare e costruire nuove funzioni biologiche, e in futuro per programmare i computer biologici, creando **soluzioni innovative** per la medicina, l'ambiente e molto altro!

I **computer biologici** utilizzano componenti biologici (cellule, molecole di DNA, ...) per eseguire funzioni simili a quelle di un computer elettronico. Sono come **computer viventi** che usano la biologia per calcolare risposte a problemi specifici.

Offrono una serie di **vantaggi** rispetto ai computer tradizionali: usano **meno energia**, possono operare in **spazi microscopici**, **possono crescere e replicarsi**, possono adattarsi all'ambiente, sono **compatibili con la vita**, sono **eco-friendly** e **biodegradabili**.

Tuttavia, la computazione biologica è ancora in una fase precoce di sviluppo e presenta ancora **problemi di velocità, affidabilità e stabilità a lungo termine**.

2. L'importanza dell'Intelligenza Artificiale nel ciclo DBTL



Il ciclo DBTL rappresenta le fasi fondamentali nella biologia sintetica:

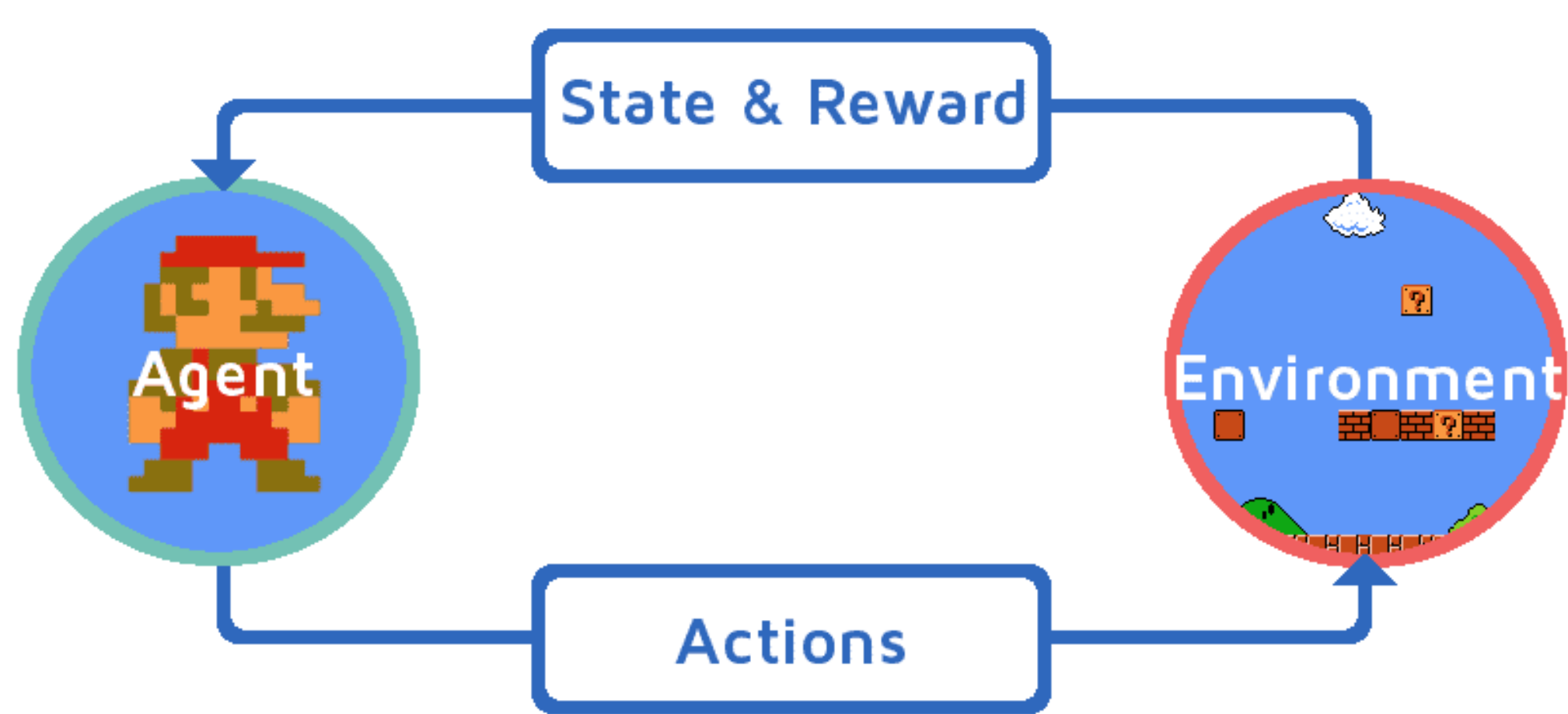
- **Design (Progettazione):** Gli scienziati pianificano con un modello matematico come vogliono modificare un organismo o una molecola
- **Build (Costruzione):** Realizzano concretamente in laboratorio ciò che hanno progettato
- **Test (Verifica):** Verificano se la loro realizzazione funziona come previsto, stimolando il sistema biologico e monitorandolo con tecniche di imaging
- **Learn (Apprendimento):** Studiano i risultati, capendo cosa ha funzionato e cosa no, e modificando il design di conseguenza

Il problema? Questo ciclo può essere **lento, poco prevedibile e richiede molte iterazioni**, specialmente quando ci si imbatte in risultati inaspettati o complicazioni. Inoltre, difficilmente propone configurazioni nuove, non osservate in natura.

L'**Intelligenza Artificiale** può **accelerare questo processo**, analizzando enormi quantità di dati più rapidamente di quanto possano fare gli esseri umani, facendo previsioni più accurate nella fase di progettazione e imparando più velocemente dalla fase di verifica.

Introducendo l'IA nel ciclo DBTL possiamo risparmiare tempo e risorse, accelerando le scoperte e le innovazioni.

3. Reinforcement Learning: Apprendere attraverso l'esperienza



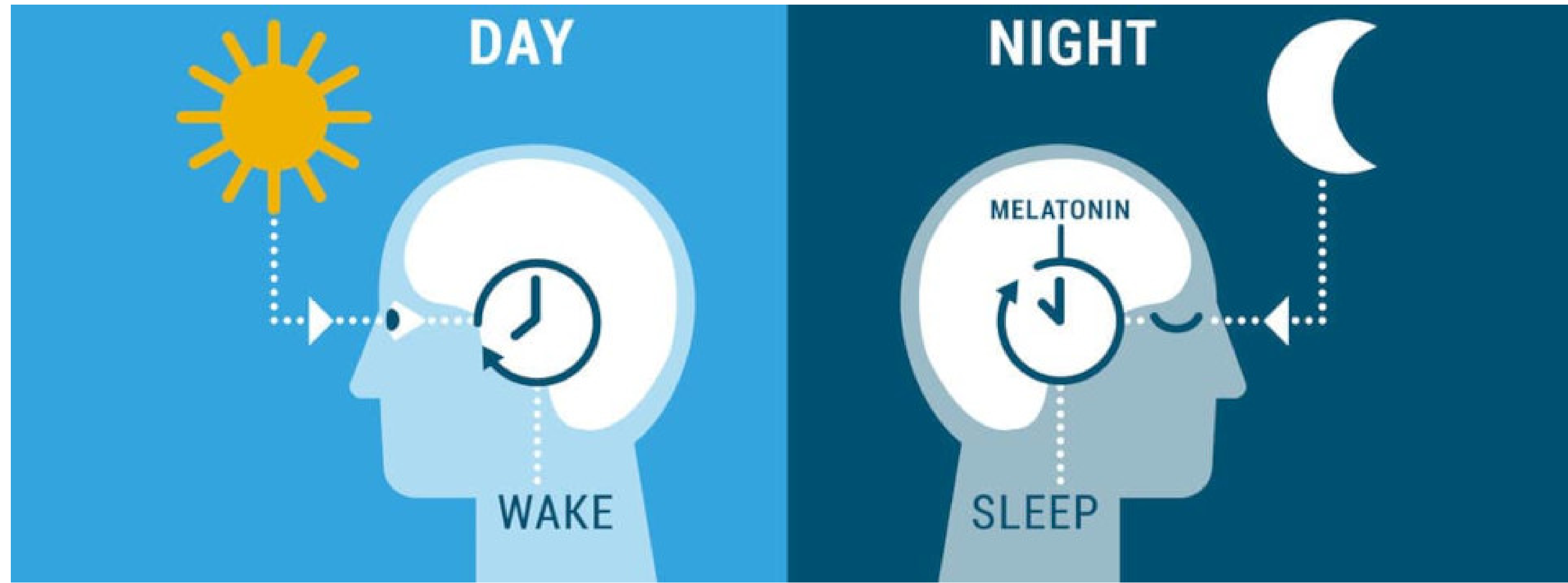
Il **Reinforcement Learning (RL)** è un campo dell'IA in rapida evoluzione e di grande attualità.

- **Agent (Agente):** Entità che prende decisioni
- **Environment (Ambiente):** Contesto in cui l'agente opera
- **Reward (Ricompensa):** Valutazione di quanto bene l'agente ha agito

Nel RL un agente impara a interagire con un ambiente, compiendo azioni per massimizzare una ricompensa. L'apprendimento avviene tramite **esperienza diretta**, senza la necessità di un dataset predefinito.

L'agente segue una strategia, cercando di capire le **relazioni causali** tra le azioni e le loro conseguenze. Con ogni esperienza, la strategia viene adattata per ottenere **ricompense sempre migliori**.

4. Caso studio: oscillatori biologici

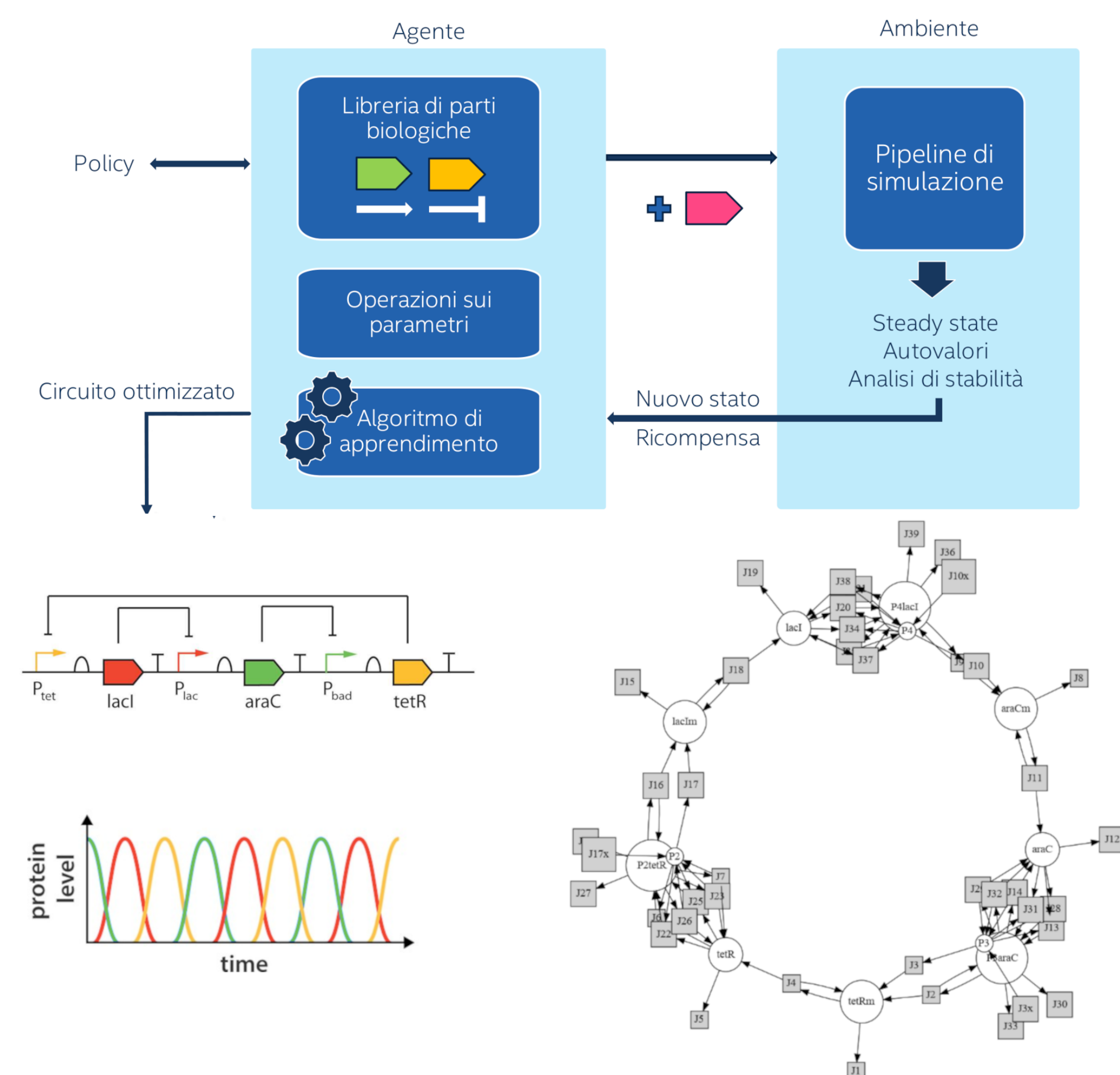


Gli oscillatori biologici sono come **metronomi naturali** nelle cellule. Nati da **intricate interazioni** di geni e proteine, creano **cicli regolari**, dall'accensione e spegnimento di certi geni, al rilascio ritmico di molecole. Questi ritmi sono fondamentali per molte funzioni cellulari e danno origine a fenomeni come il **ritmo circadiano**.

Proprio come nei computer tradizionali, dove un *clock* (un cristallo che vibra a una certa frequenza) regola e sincronizza tutte le operazioni, gli oscillatori biologici possono agire come **clock cellulari** nel mondo dei computer biologici.

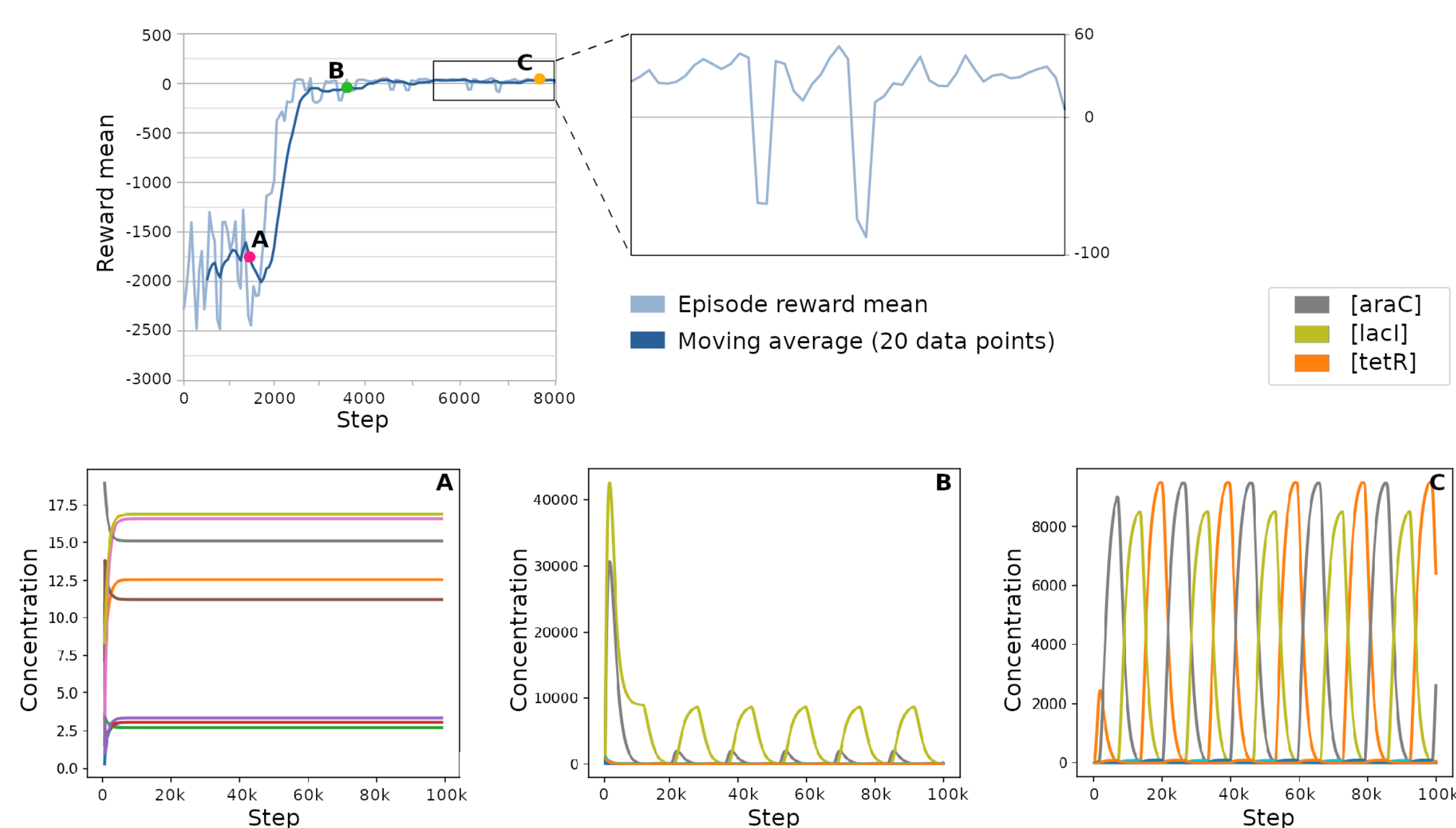
Tuttavia, realizzare degli oscillatori biologici in modo che funzionino con precisione è una vera sfida. Grazie al RL, possiamo **progettare e ottimizzare gli oscillatori biologici**, rendendoli altrettanto precisi e affidabili come quelli dei dispositivi elettronici.

5. Design di oscillatori sintetici con il Reinforcement Learning



L'agente costruisce un circuito biologico a partire da un insieme di *blocchetti*. Il circuito viene valutato in simulazione, e l'agente riceve un ricompensa in base alle performance. Il processo viene iterato molte volte, fino a ottenere il costruito che svolge meglio la funzione desiderata.

6. Risultati



7. Conclusioni

Mettendo insieme biologia e informatica, stiamo aprendo **nuove frontiere**. Con l'aiuto dell'intelligenza artificiale, possiamo migliorare e rendere più efficienti i sistemi biologici come gli oscillatori.

Incorporando l'IA e il RL nella biologia sintetica, abbiamo l'opportunità non solo di costruire circuiti biologici più efficienti, ma anche di spingere i limiti di ciò che i computer biologici possono realizzare.

Questo mix tra natura e tecnologia ci aiuta a trovare **soluzioni smart** per le sfide di domani. In breve, è un esempio di come, lavorando insieme, possiamo ottenere il meglio da entrambi i mondi.