

**Département d'Informatique Fondamentale et ses
Applications DIFA**
Dr .Esma BENDIAB
Maître de conférences



Les Systèmes Immunitaires Artificiels

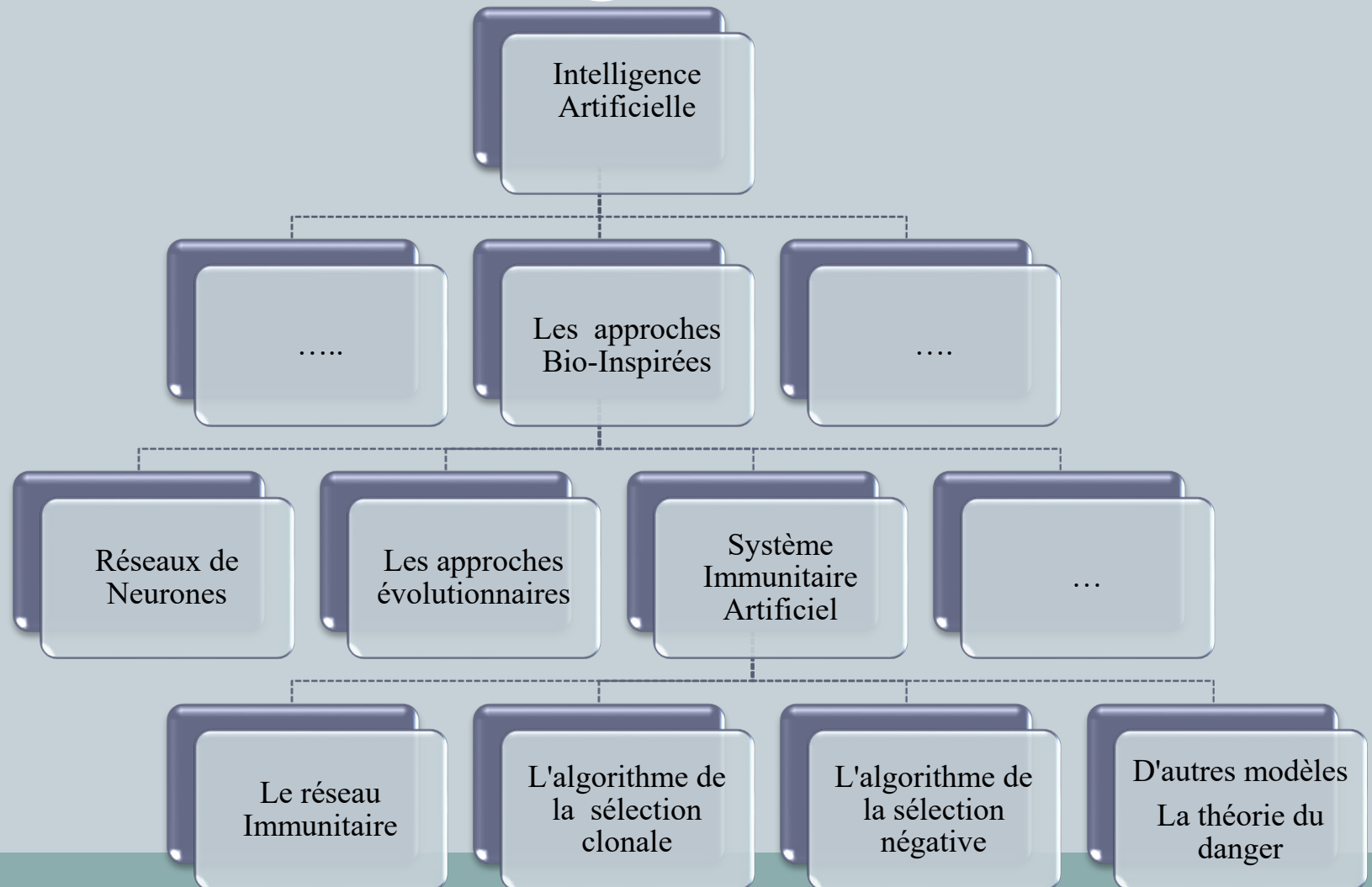
Préambule

2

- Les systèmes immunitaires artificiels sont une nouvelle métaphore inspirée par le mécanisme de défense humain.
- Ce sont des systèmes:
 - Massivement distribués et parallèle,
 - Hautement adaptatifs et réactifs
 - Evolutif où l'apprentissage est natif.

Préambule

3



Les Systèmes Immunitaires Artificiels


4

- « La composition de méthodologies intelligentes, inspirées par le système immunitaire naturel pour la résolution des problèmes du monde réel »

Dasgupta

Principe des SIA

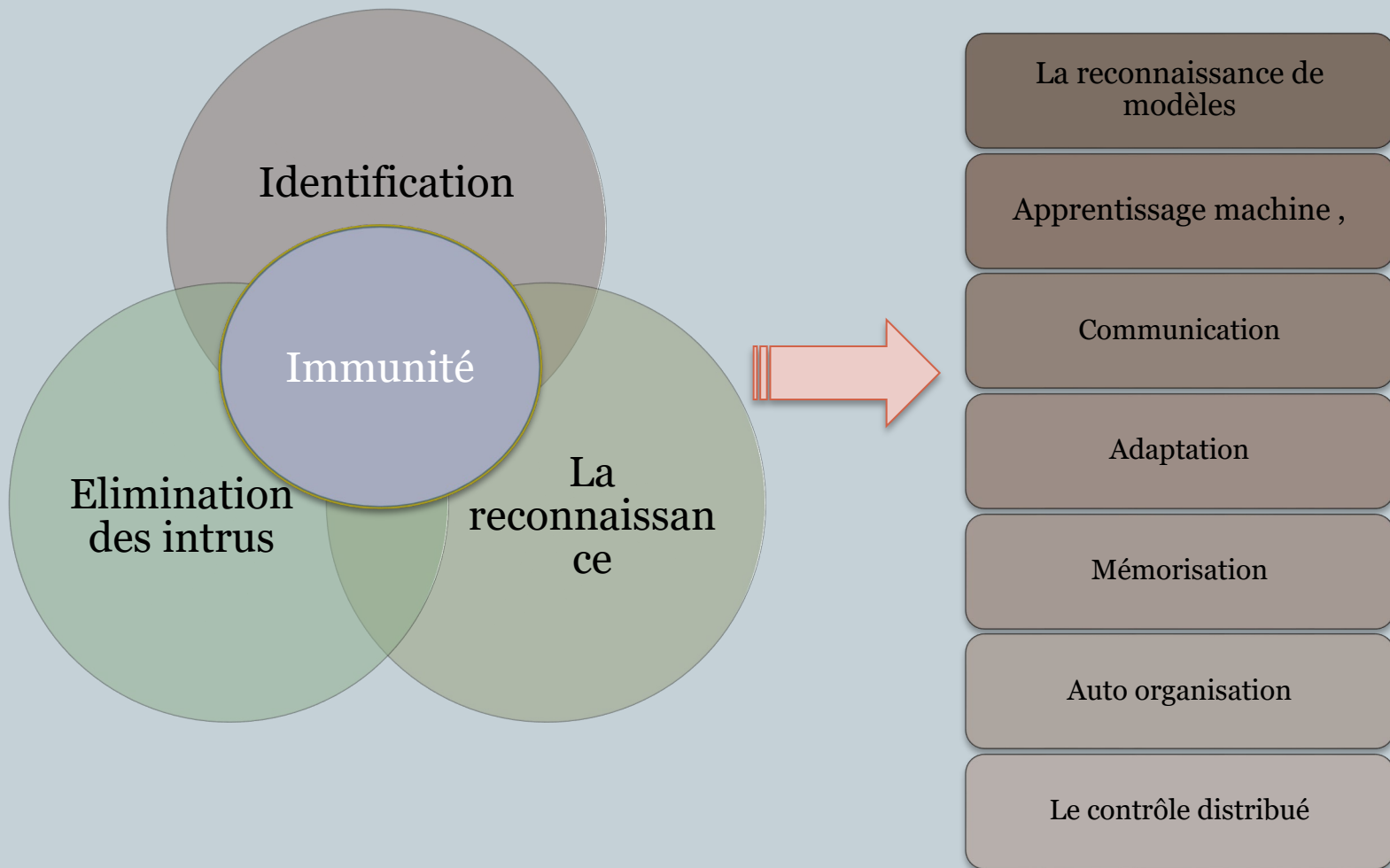
5

- Les Systèmes Immunitaires Artificiels (SIA) sont des systèmes adaptatifs, s'inspirant :
 - Théories
 - Fonctions
 - Principes

modèles immunitaires Biologiques
- → Appliqués à la résolution de problèmes de science et d'ingénierie.

Pourquoi? Les systèmes immunitaires artificiels

6



Les Systèmes Immunitaires Naturels

Les Systèmes Immunitaires Naturels

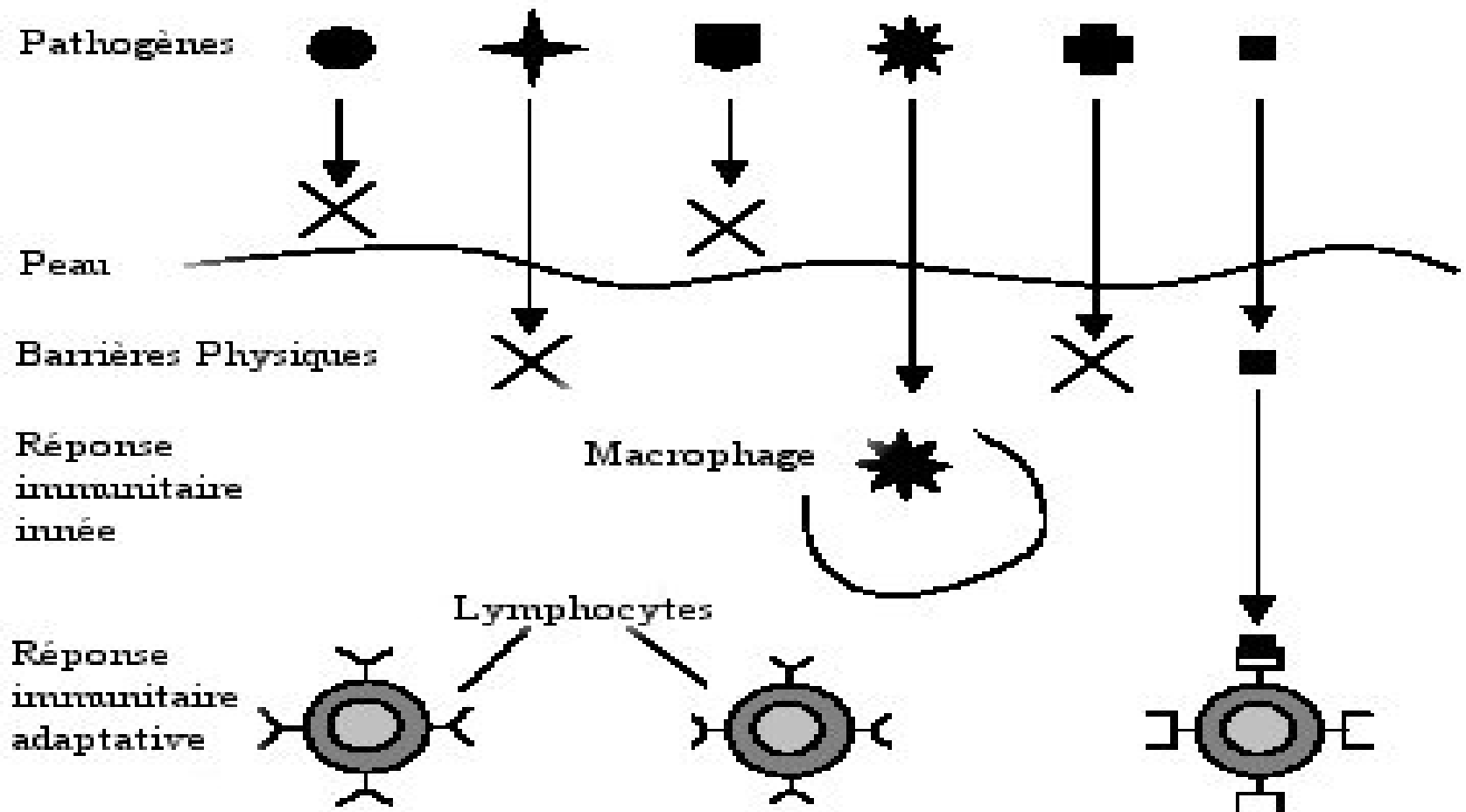
8



- ✓ Le système immunitaire est la collection de cellules et d'organes qui représente un mécanisme d'identification capable de percevoir et de combattre aussi bien le dysfonctionnement de nos propres cellules que les agents exogènes, appelés: *antigènes*.

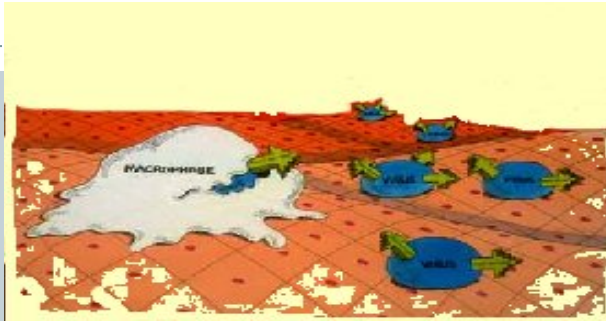
Mécanisme de Défense

9



Mécanisme de Défense

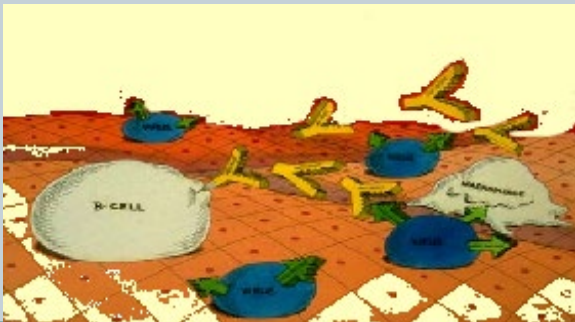
10



1°) Les macrophages avalent l'intrus et présentent une partie de ce dernier.



2°) Les cellules T se multiplient et alertent les cellules B pour les mobiliser.

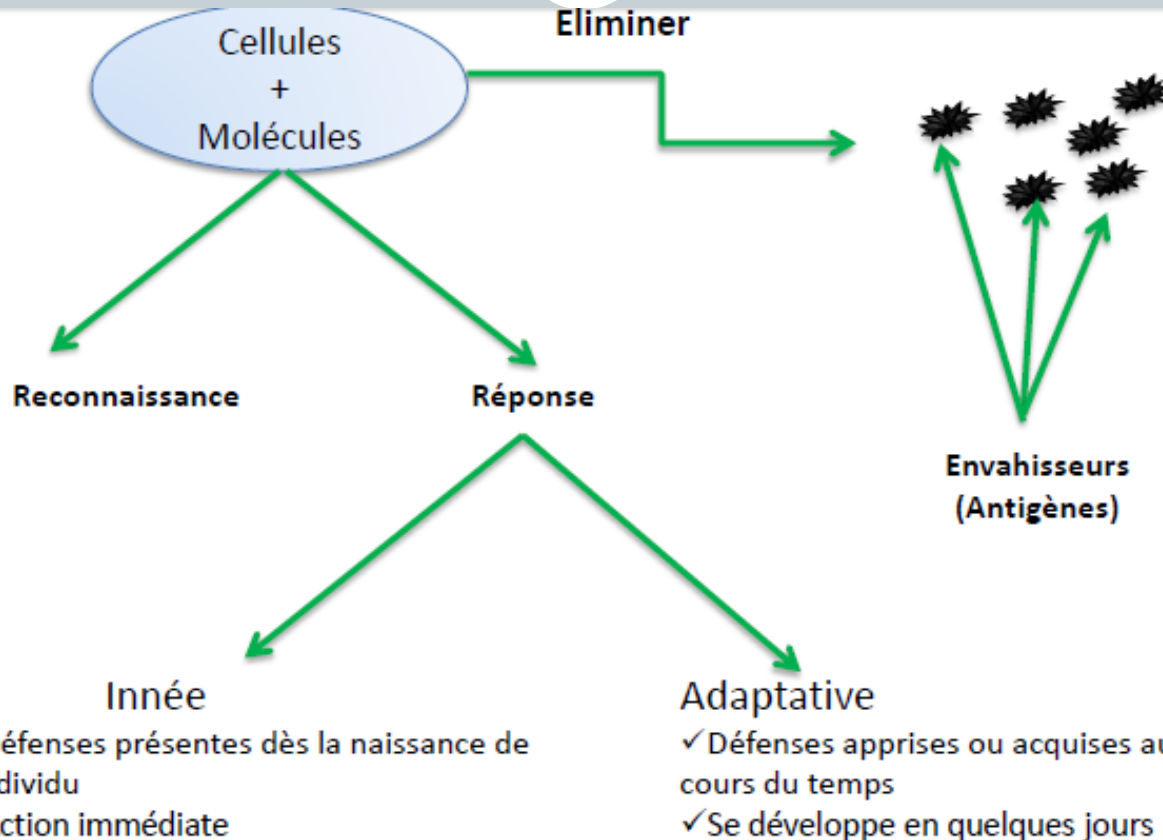


3°) Les cellules B produisent des anticorps qui se raccordent aux antigènes.

(La vigueur de cette liaison est appelée Affinité)

Mécanisme de Défense

11



Antigène : toute substance étrangère qui déclenche la formation d'anticorps et ne réagit qu'avec l'anticorps spécifique correspondant

Anticorps : Toute substance présente naturellement ou produite dans l'organisme sous l'action d'un antigène et qui possède la propriété de réagir spécifiquement cet antigène.

Pourquoi le système immunitaire?

12

- Robustesse,
- Autonomie,
- Multi couches,
- Identification,
- Diversité,
- Apprentissage renforcé,
- Mémorisation,
- Distribué,
- Adaptatif.

- Les Systèmes Immunitaires Artificiels

Les systèmes immunitaires artificiels

14

- Les systèmes immunitaires artificiels sont des systèmes de manipulation de données , de classification, de représentation et des méthodologies de raisonnement suivant un paradigme biologique plausible.

Définition 1: Les systèmes immunitaires artificiels

15

- Les (SIA) sont des systèmes informatiques inspirés par les principes et les processus du système immunitaire naturel des vertébrés.
- Généralement, pour résoudre un problème, chaque solution possible est représentée par un anticorps et le problème est un antigène.

Définition 2: Les systèmes immunitaires artificiels

16

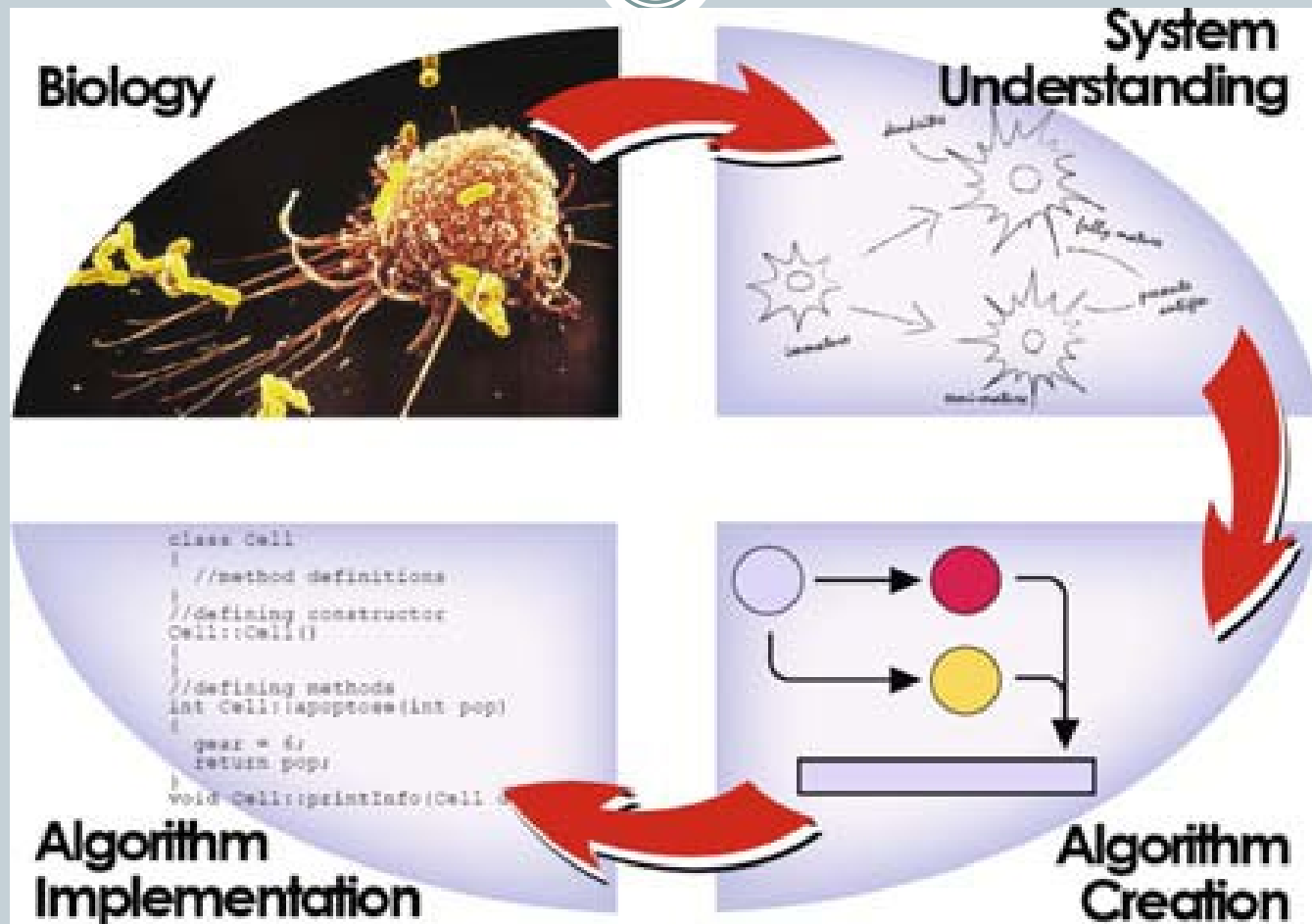
- «La composition de méthodologies intelligentes, inspirées par le système immunitaire naturel pour la résolution des problèmes du monde réel».

Dasgupta

- Massivement distribués et parallèles,
- Hautement adaptatifs et réactifs.
- Evolutif où l'apprentissage est natif.

Etapes de résolution d'un problème par les AIS

17



AIS : « from In vivo to in silico »

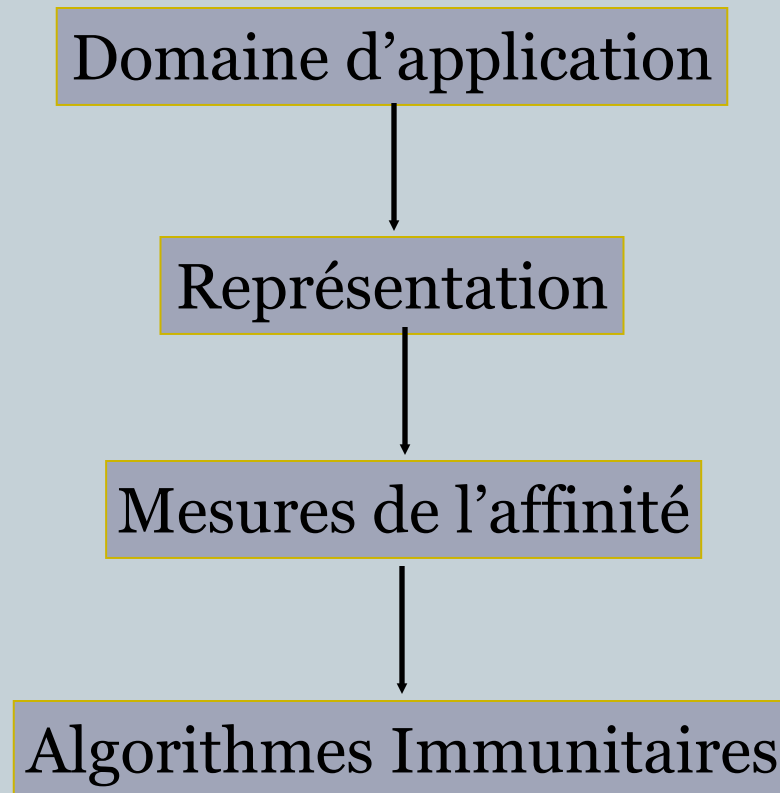
Résolution d'un problème par SIA

18

- Une approche basée système immunitaire artificiel doit décrire deux aspects:
 1. Une projection et une modélisation de la représentation des éléments immunitaires selon le problème à résoudre.
 2. L'utilisation de l'approche ou de l'algorithme adéquat pour résoudre le problème.

Schéma Général d'un SIA

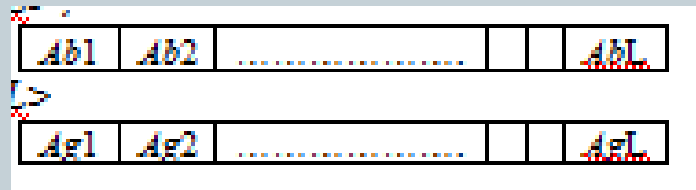
19



La représentation

20

- Les représentations antigène- anticorps (Ag-Ab) déterminent une mesure de distance utilisée pour évaluer ou bien calculer le degré d'interaction ou de complémentarité entre ces molécules.
- De façon générale, les molécules ont des représentations vectorielles de la forme :
- $\mathbf{Ab} = \langle Ab1, Ab2, \dots, AbL \rangle ;$
- $\mathbf{Ag} = \langle Ag1, Ag2, \dots, AgL \rangle$

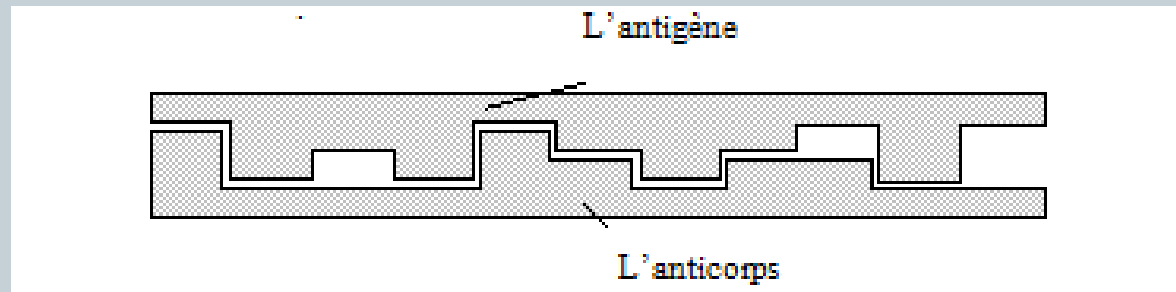


La représentation

21

Le modèle Shape Space

- Le modèle forme-espace (shape space) décrit de façon quantitative les interactions antigène-anticorps,



- Les valeurs du modèle forme-espace peuvent être réelles, entières, binaires ou symboliques.

Les mesures d'affinité

22

- L'affinité entre un antigène et un anticorps est liée à leur distance,
- Peut être estimée par n'importe quelle mesure de distance entre deux chaînes (ou vecteurs), par exemple
 - la distance euclidienne,
 - la distance de Manhattan
 - encore la distance de Hamming.

Les algorithmes Immunitaires

23

L'algorithme	la sélection clonale	La sélection négative	Les modèles du réseau immunitaire
Inspiration	Inspiré de la sélection clonale (immunité adaptative)	Inspiré du paradigme de discrimination soi non soi	Inspiré par les communications du réseau idiotypique
Domaine d'application	<ul style="list-style-type: none">*L'optimisation* Le clustering* La reconnaissance des formes.	<ul style="list-style-type: none">*La détection des anomalies.*Sécurité informatique.* La détection et l'élimination des virus informatique.	<ul style="list-style-type: none">*Robotique* Datamining.*Ordonnancement*l'émergence des comportements collectifs.

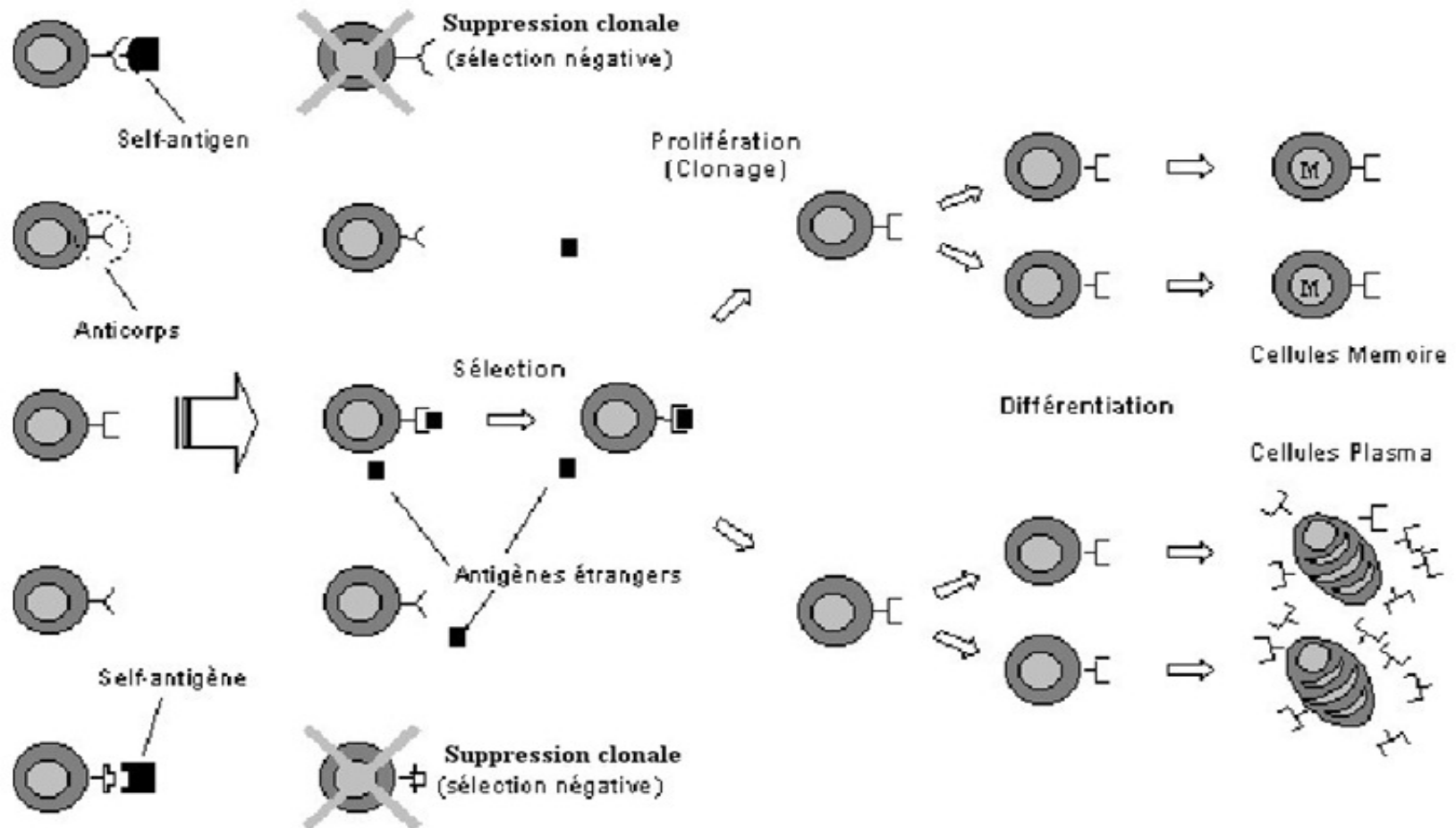
Les Algorithmes Immunitaires

L'Algorithme De Sélection Clonale

CLONal selection ALGorithm (CLONALG)

La sélection clonale et la sélection négative.

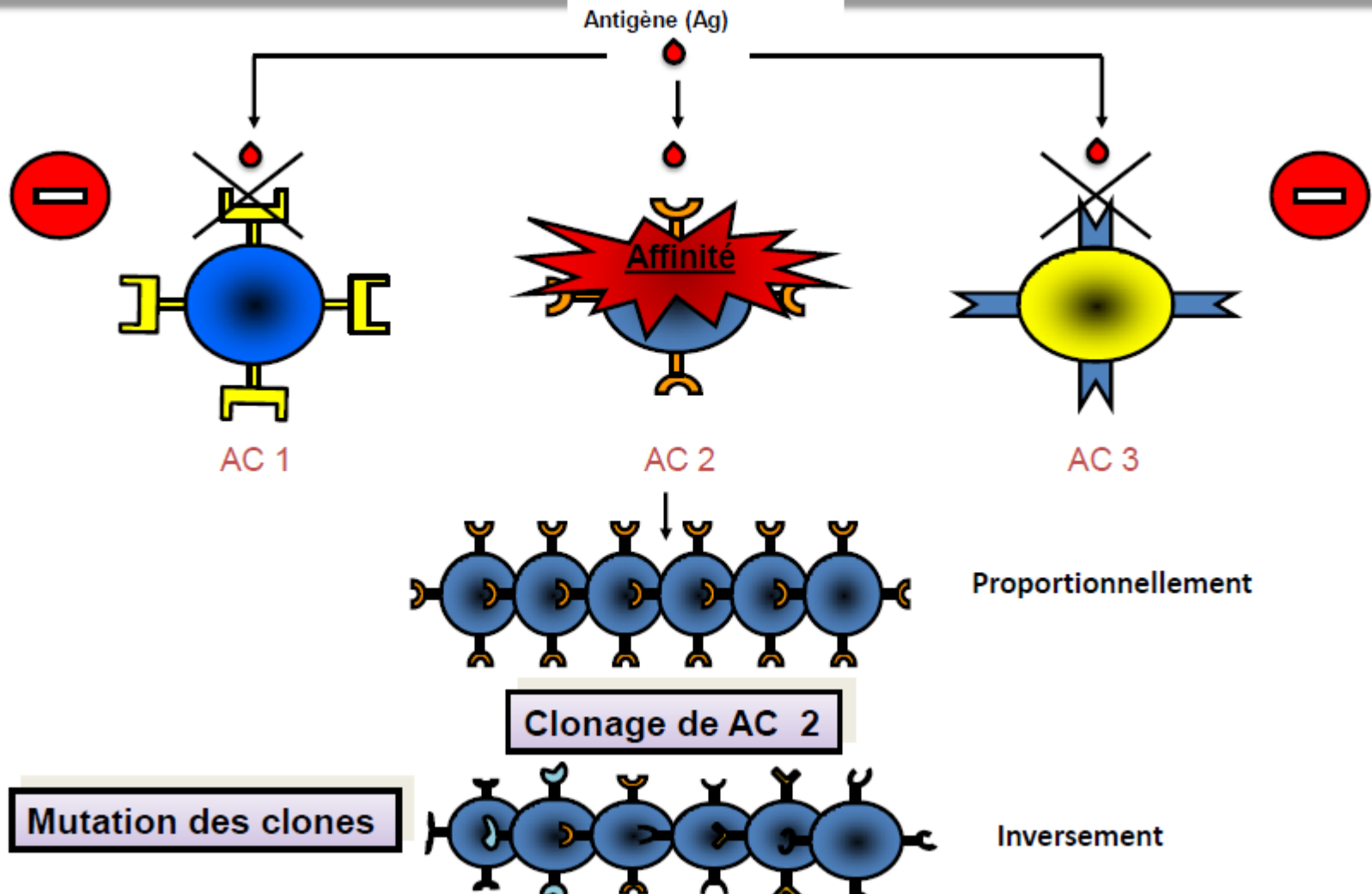
26



L'Algorithme De Sélection Clonale

CLONal selection ALgorithm (CLONALG)

27



L'Algorithme De Sélection Clonale

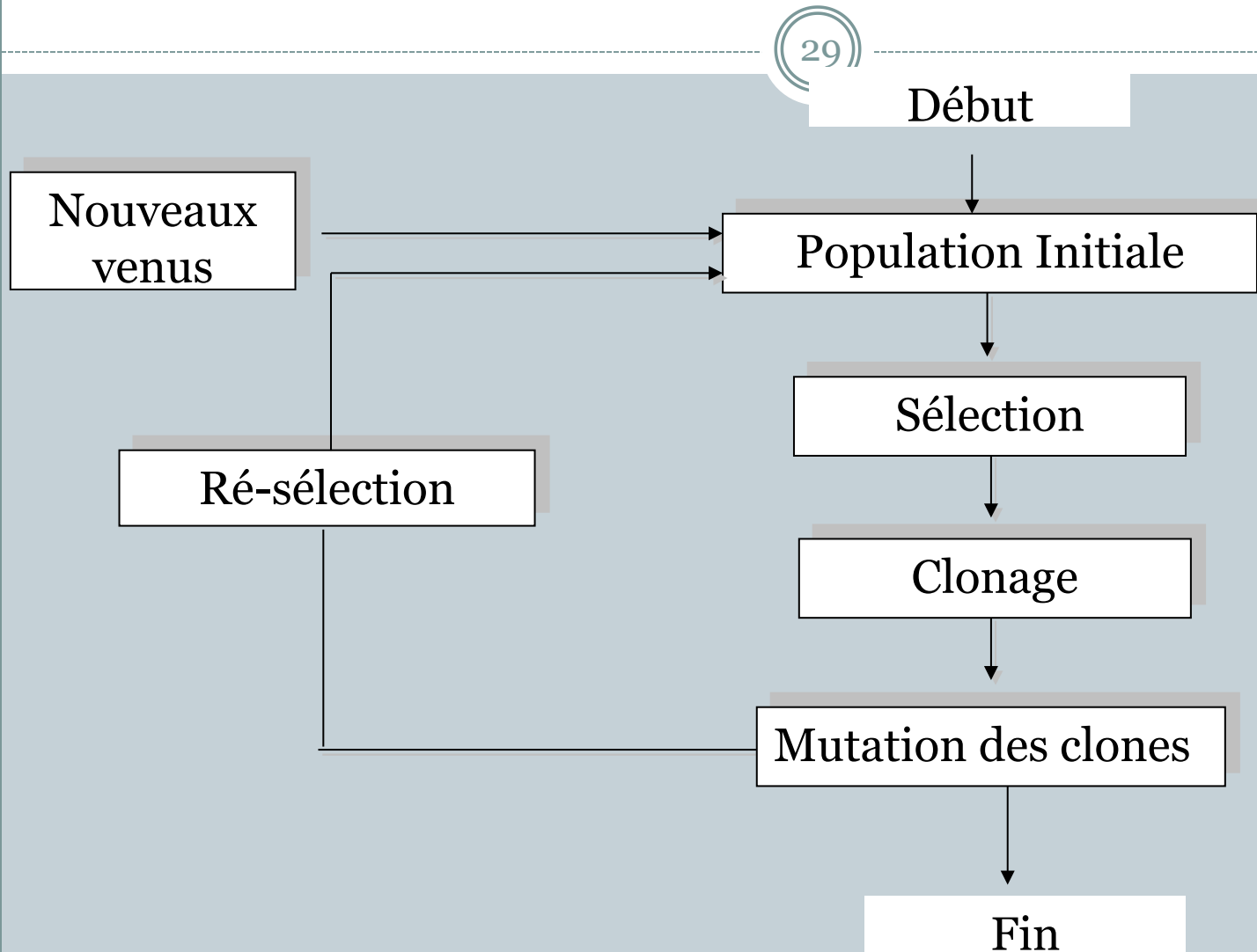
CLONal selection ALGORITHM (CLONALG)

28

1. Sélection des cellules à forte affinité antigénique.
2. Prolifération des ces cellules proportionnellement à leurs affinité antigénique offrant un ensemble de clones.
3. Mutation des clones inversement proportionnelle à leurs affinité.
4. Remplacement des cellules à faibles affinité par de nouvelles cellules.

Structure générale de l'algorithme de sélection clonale.

29



L'Algorithme De Sélection Clonale

CLONal selection ALGORITHM (CLONALG)

30

Algorithme de la sélection clonale

Entrée: S = ensemble de motifs à identifier,

n le nombre de mauvais éléments à sélectionner pour être remplacés.

Sortie: M = ensemble de détecteurs mémoire capable de classer les modèles inaperçus

Début

Créer aléatoirement un ensemble initial d'anticorps A,

Pour tous les modèles en S faire

- Déterminer l'affinité de chaque anticorps dans A
- Générer des clones d'un sous-ensemble d'anticorps A selon la plus grande affinité: le nombre de clones d'un anticorps est proportionnel à son affinité.
- Muter les clones de l'ensemble A, et placer une copie de la plus haute affinité anticorps dans A dans un ensemble mémoire, M.
- Remplacer n anticorps ayant une basse affinité par de nouveaux anticorps générés aléatoirement.

fin

Fin

L'algorithme De La Sélection Négative

L'algorithme De La Sélection Négative

32

- La sécurité informatique (ordinateurs ou réseau) et la détection des anomalies.
- Mécanisme discriminatoire du system naturel.
- Son but est de classer une représentation de données du monde réel 'antigène' en tant que données ordinaires ou anomaes.

L'algorithme De La Sélection Négative

33

- Il opère en deux étapes:
 - Apprentissage ,
 - Test(vérification).

Principe: L'algorithme De La Sélection Négative

34

Générer un nombre de détecteurs dans l'espace complémentaire puis appliquer ces détecteurs pour classer de nouvelles données en tant que données du soi ou non soi (self, non self).

Principe: L'algorithme De La Sélection Négative

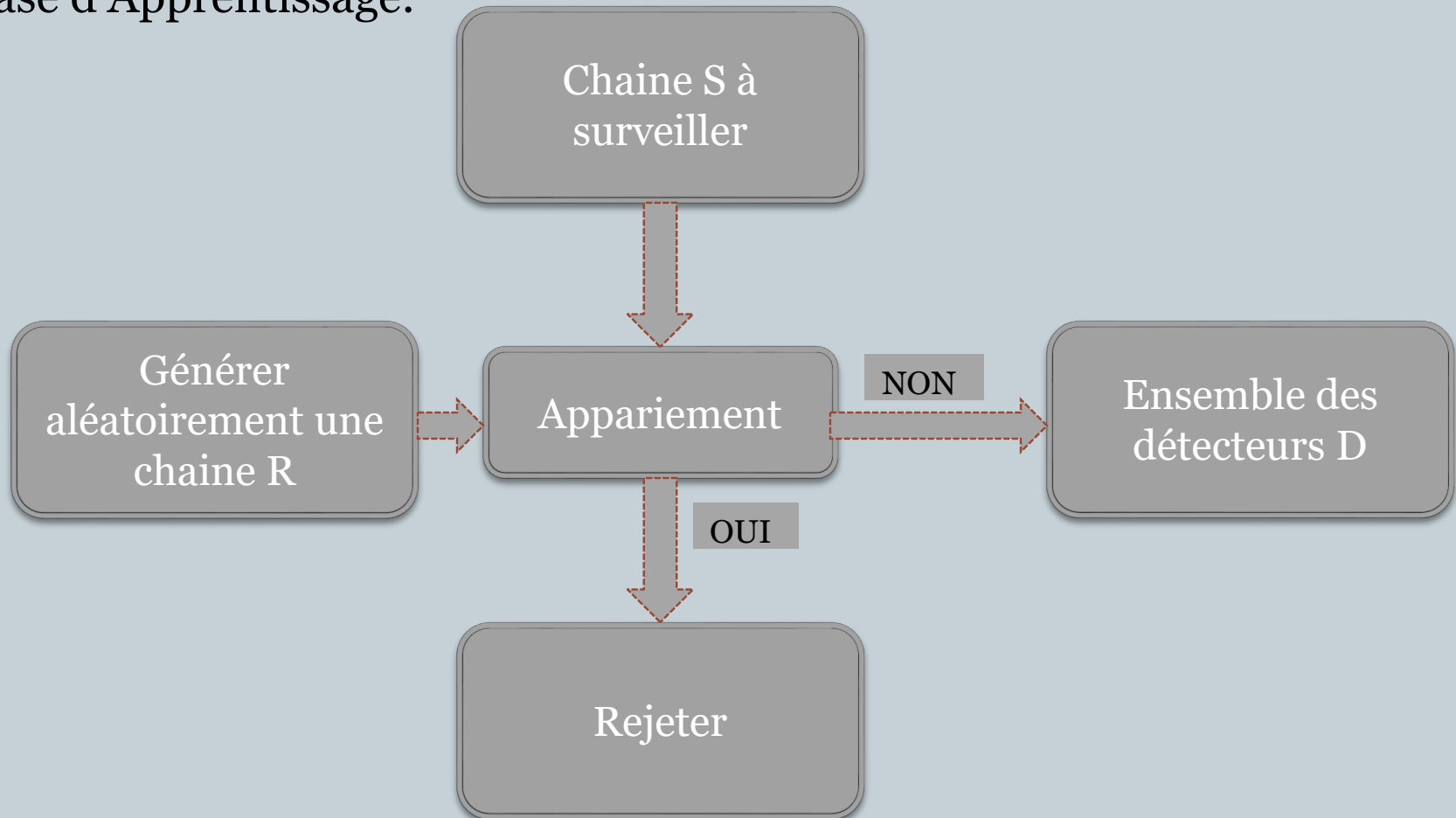
35

1. Définir le self comme une collection de chaînes S d'une longueur l à surveiller.
 - S peut être par exemple un programme, un fichier de données ou autre.
2. Générer aléatoirement un ensemble R de détecteurs :
 - rejeter ceux qui se mettent en correspondance avec S et garder le reste.
 - A la place d'une parfaite mise en correspondance, l'algorithme opère par une mise en correspondance partielle dans laquelle deux chaînes se lient si et seulement si elles sont identiques à au moins r positions contiguës, r étant un paramètre à définir.
3. Surveiller S contre les changements en appariant continuellement l'ensemble des détecteurs R et la collection S ,
 - Si un appariement est détecté alors on peut conclure qu'un changement s'est produit car les détecteurs sont conçus pour ne pas s'apparier à aucune chaîne originale de S .

L'algorithme De La Sélection Négative: phase Apprentissage

36

- Phase d'Apprentissage:



L'algorithme De La Sélection Négative: phase Apprentissage

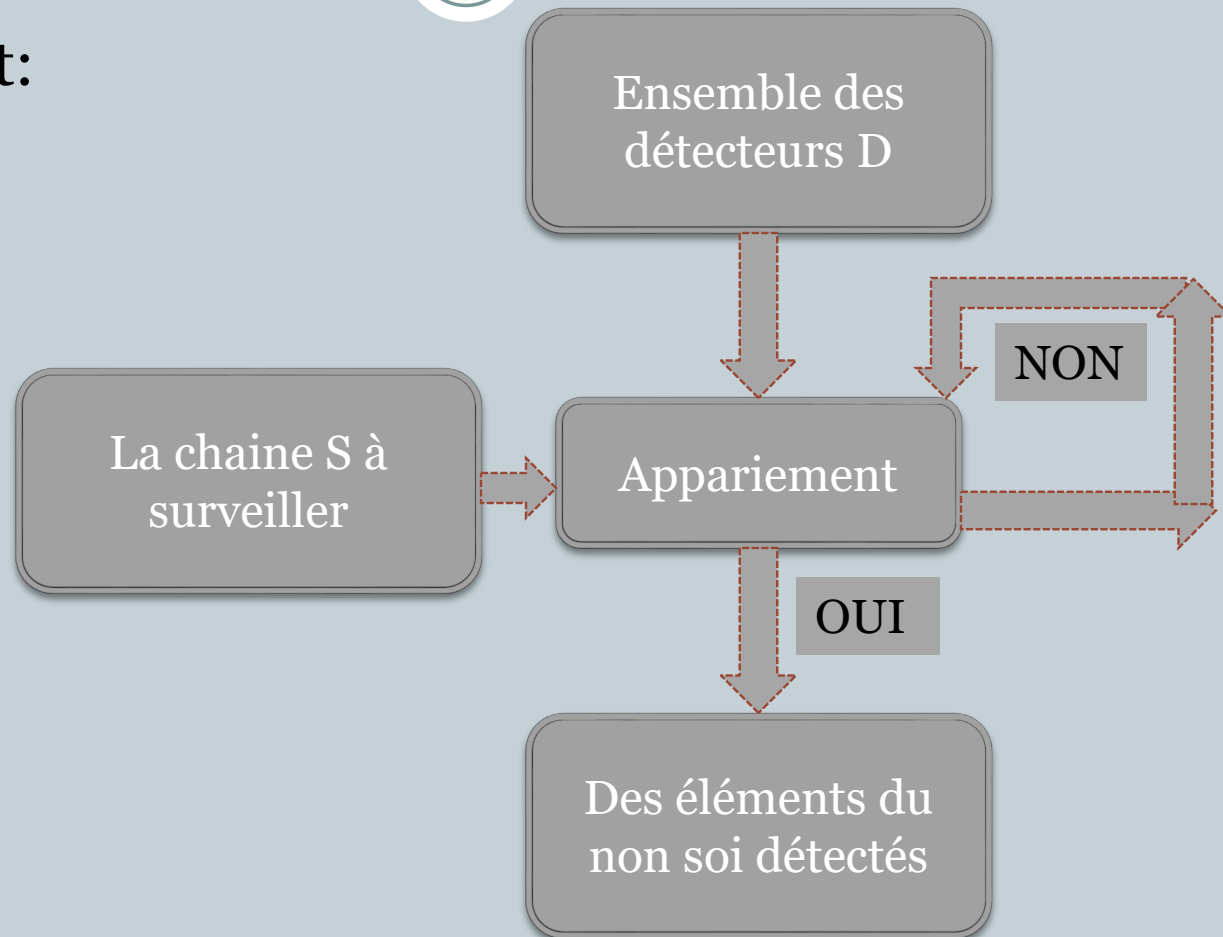
37

- Définir S comme un ensemble d'éléments S de longueur l sur un alphabet fini, une collection qui doit être protégé ou surveillé.
- Ensuite, générer un ensemble de détecteurs D , de sorte que chaque détecteur ne correspond à aucun élément de S . Au lieu de correspondance exacte ou parfait, la méthode utilise une règle de correspondance partielle, dans lequel deux chaînes correspondent si et seulement si elles sont identiques au moins au r positions contiguës, où R est paramètre convenablement choisi.

L'algorithme De La Sélection Négative: phase Test

38

- Phase de test:



Algorithme De génération des détecteurs de la Sélection Négative

Entrée: S_{seen} = ensemble d'éléments du self déjà identifiés

Sortie: D = ensemble de détecteurs générés

Début

Répétez

- Générer aléatoirement des détecteurs potentiels et les placer dans un ensemble P
- Déterminer l'affinité de chaque élément de P avec chaque élément de l'ensemble du self S_{seen}

Si au moins un élément de S identifie un détecteur de P selon un seuil d'identification **alors**
le détecteur est rejeté,

sinon il est ajouté à l'ensemble de détecteurs disponibles D

jusqu'au critères d'arrêt atteint

Fin

L'algorithme De La Sélection Négative:

Caractéristiques:

40

Caractéristiques:

1. Chaque détecteur est unique;
2. La détection est probabiliste;
3. un système robuste devrait détecter, toute forme étrangère plutôt que de chercher des modèles spécifiques connues.
4. Aucune connaissance préalable n'est requise.

Conclusion

41

- Le système immunitaire est un système biologique, particulièrement sophistiqué, fortement complexe et fascinant ce qui le rend particulièrement intéressant pour résoudre différents problèmes.
- Il est composé d'une armure de cellules en interaction, d'organes et de mécanismes, dont le but extrême est de faire émerger un comportement complexe qui est la protection des constituants du corps dits: self contre tout danger extérieur ou même intérieur.

Conclusion

42

- Ses diverses techniques, chacune dédiées à un type spécifique de problèmes, ouvrent de vastes horizons pour différents domaines d'applications.
- Les stratégies de sélection négative sont appliquées aux problèmes d'intrusion voire la détection des anomalies, les algorithmes de sélection clonale sont plus adéquats pour résoudre les problèmes d'optimisation et les modèles du réseau immunitaire pour traiter les environnements dynamiques.
- De nouvelles voies, tel que la théorie du danger et des algorithmes inspirés par l'immunitaire inné ont également été explorées.

Conclusion

43

- Beaucoup de schémas, de représentation et de fonctions d'appariement existent, le choix de ces éléments se fait en fonction du problème à résoudre.
- Il n'existe pas de consensus du comité scientifique d'un système immunitaire artificiel unique et formel, mais l'ensemble des modèles et des approches basées immunité forment un ensemble connu sous le nom de système immunitaire artificiel.