

# Une introduction aux modèles agents avec ColoDyn, modèle pédagogique issu de la famille des modèles HU.M.E.

Arnaud Banos\*, Florent Le Néchet\*\*, Hélène Mathian\*\*\*, Lena Sanders\*

\* Géographie-cités, Paris, \*\*LVMIT, Paris, \*\*\*EVS, Lyon

Source:



Summer School 2014

heSam  
université

Paris  
Nouvelles  
Mondes  
heSam

**SPATIAL STRUCTURES AND DYNAMICS**

METHODS AND TOOLS FOR EXPLORING SPATIAL SYSTEMS

Le modèle ColoDyn, de par sa thématique et sa construction, fait partie de la famille des modèles HU.M.E. décrits par ailleurs sur le site TransMonDyn. Il a une vocation pédagogique et a été développé pour l'école d'été du Labex DynamiTe.

# La famille des modèles HUME

Vagues de colonisation

Groupe : agent



Cellule : composantes élémentaires de l'espace

Interaction entre groupes et cellules



Interaction directe entre groupes au sein d'une cellule

Terre, biomasse élevée  
terre  
Terre, biomasse faible

Interaction indirecte entre groupes entre cellules proches

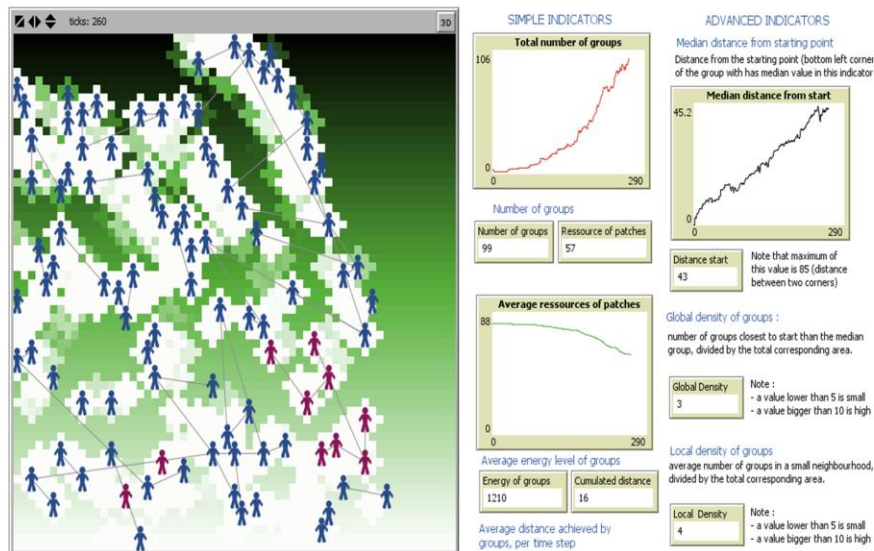
Espace hétérogène

mer

Interactions:  
entre groupes  
&  
Entre groupes et  
environnement

Les modèles H.U.M.E. ont été développés pour explorer les formes spatiales que peut prendre le peuplement d'un nouvel espace avec l'arrivée de flux migratoires. Ces flux arrivant de l'extérieur sont matérialisés sur le schéma par une flèche. Ces modèles comportent des agents, représentant des groupes d'individus, et des cellules représentant l'espace. La formalisation des interactions entre agents d'une part et entre agents et cellules d'autre part est au cœur du modèle.

# Le modèle Colodyn



Le modèle **ColoDyn** permet de simuler trois formes de colonisation d'un continent vide : une avancée sous forme de vague dense; un front pionnier derrière lequel il y a abandon ; une colonisation diffuse de l'espace

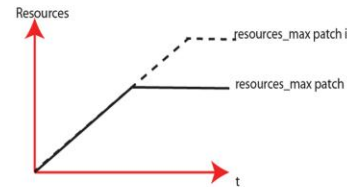
## Expérimentations : paramètres de simulation

- **Resources\_regeneration (R)**

$$r_c(t+1) = r_c(t) + R * 1_{[r_{max_c} - R > 0]}(r_c(t))$$

Where  $r_c(t)$ : resources at t for the cell c

$r_{max_c}$ : maximal resources of the cell c



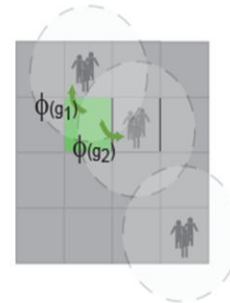
- **Human\_pressure (H)**

$$E_g(t+1) = E_g(t) + H * \theta(g)$$

$$r_c(t+1) = r_c(t) - \sum_{\{g/c \in B(g,D)\}} H * \varphi(g)$$

Where  $E_g(t)$ : energy at t for the group g

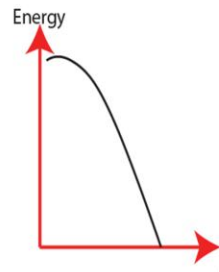
$\theta$ ,  $\varphi$  functions of catchment,  $B(g,D)$  the area of exploitation



- **Migration\_cost (M)**

$$E_g(t+1) = E_g(t) - M * d^2$$

Where d is the distance of move



4 mécanismes sont implémentés dans le modèle et accessible directement aux étudiants :

- Les ressources environnementales, localisées dans les cellules, se régénèrent de façon linéaire dans le temps (pente R).
- La consommation des ressources par les groupes se fait dans un certain rayon autour du groupe, à un rythme constant. Elle conduit à une augmentation du niveau d'énergie du groupe, à travers un facteur de conversion (H).
- Cette consommation induit une baisse des ressources locales en fonction des aires d'exploitation des différents groupes et du même facteur de conversion H.
- Le déplacement d'un groupe induit une perte d'énergie, fonction du carré de la distance à parcourir et d'un facteur de conversion M.



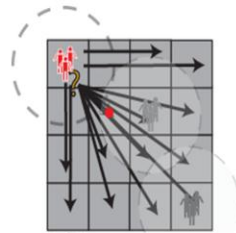
# ColoDyn- Déplacement



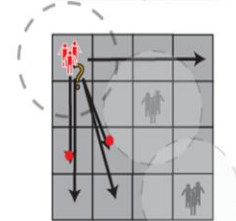
**move()....**

## Differents choix

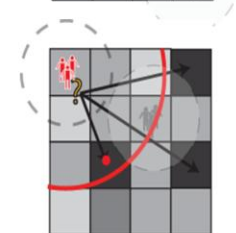
1- Minimisation de la distance



2- Minimisation de la distance et  
compétition



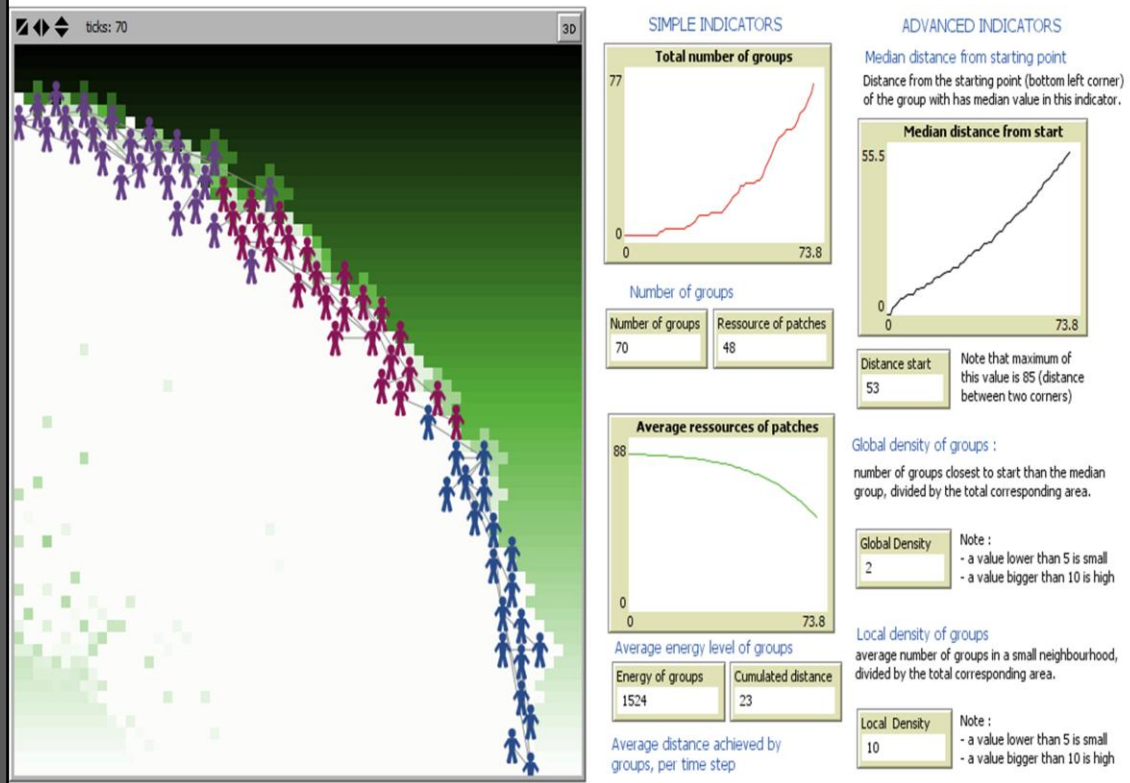
3 Maximisation des ressources  
(préférence pour une cellule  
non exploitée)



Le critère de choix de migration peut être modifié par les étudiants : trois critères différents ont été proposés, qui modifient les formes de la colonisation de l'espace.

- Minimisation de la distance : la cellule de destination est la plus proche qui ne soit pas dans son cercle d'exploitation
- Minimisation de la distance et compétition : la cellule de destination est la plus proche qui ne soit pas déjà exploitée par un groupe
- Maximisation des ressources : parmi les cellules comprises entre 1 et 2 rayon d'exploitation du centre, choix de la ou d'une des cellules qui ont le niveau maximum de ressource

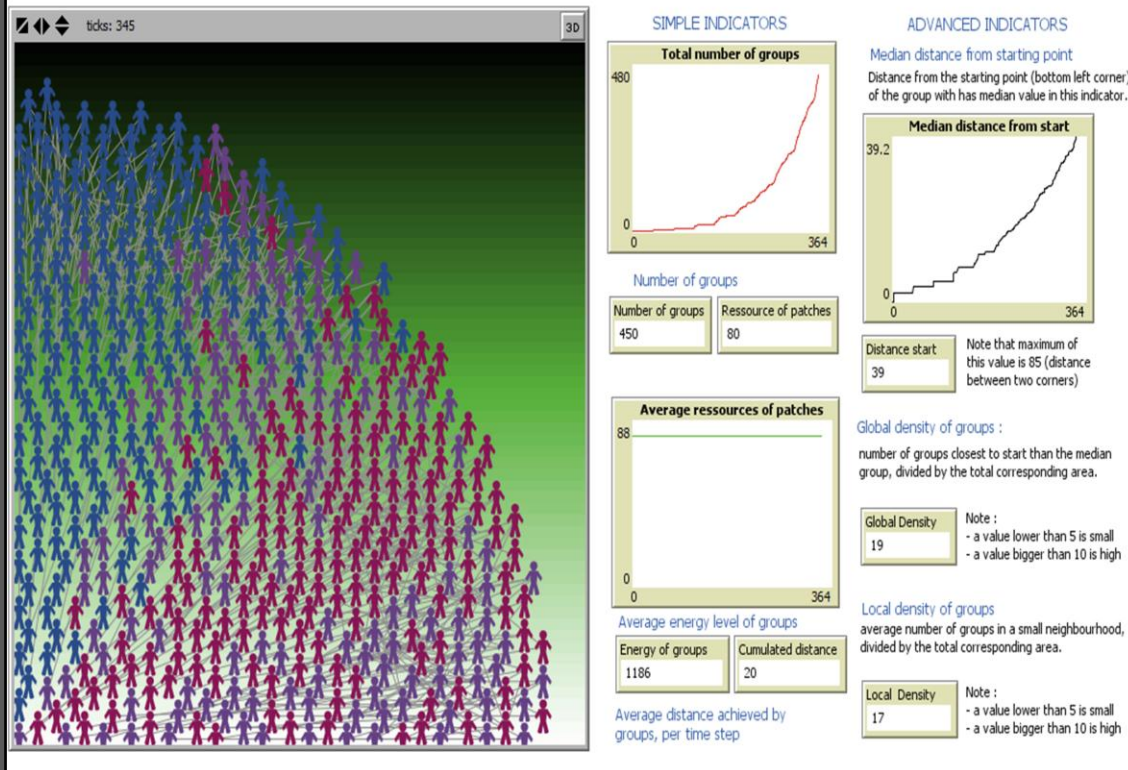
# Front avec abandon



En fonction des valeurs des paramètres, il est possible de reproduire trois formes de colonisation de l'espace continental. Dans cette image, on peut observer un front de colonisation avec abandon, correspondant à un faible potentiel de régénération des ressources locales et une mobilité rapide.

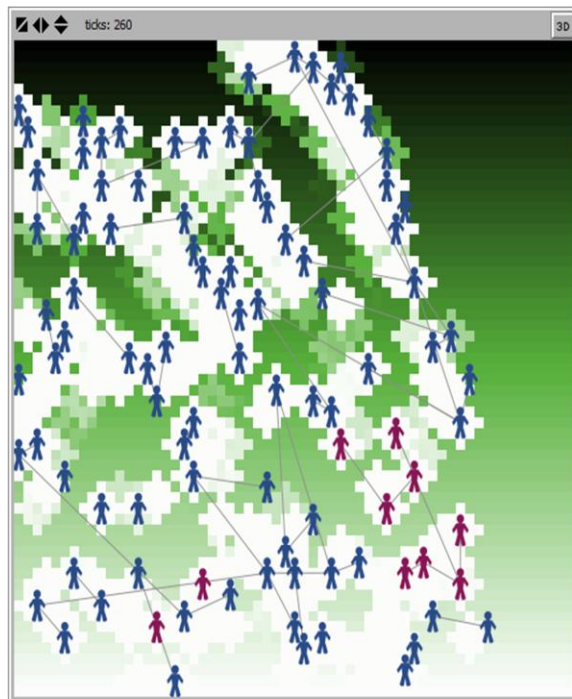


# Front en vague continue



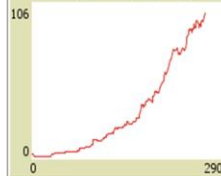
Dans ce deuxième exemple, on observe un front en vague continue, qui correspond à une démographie importante et à une mobilité lente.

# Mixte et diffus



## SIMPLE INDICATORS

### Total number of groups

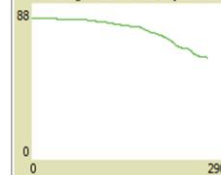


### Number of groups

Number of groups  
99

Ressource of patches  
57

### Average ressources of patches



### Average energy level of groups

Energy of groups  
1210

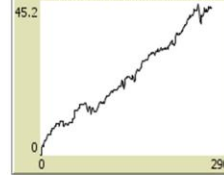
Cumulated distance  
16

Average distance achieved by  
groups, per time step

## ADVANCED INDICATORS

Median distance from starting point  
Distance from the starting point (bottom left corner)  
of the group with has median value in this indicator.

### Median distance from start



Distance start  
43

Note that maximum of  
this value is 85 (distance  
between two corners)

### Global density of groups :

number of groups closest to start than the median  
group, divided by the total corresponding area.

Global Density  
3

Note :  
- a value lower than 5 is small  
- a value bigger than 10 is high

### Local density of groups

average number of groups in a small neighbourhood,  
divided by the total corresponding area.

Local Density  
4

Note :  
- a value lower than 5 is small  
- a value bigger than 10 is high

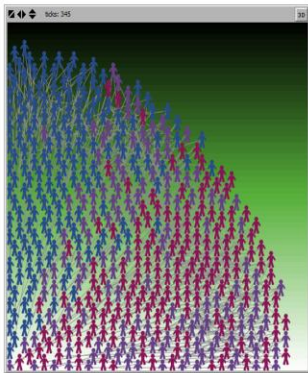
Enfin, on peut observer des formes plus diffuses de la colonisation de l'espace, dans le cas où la démographie est assez faible et le coût de déplacement élevé.



# Quelques résultats

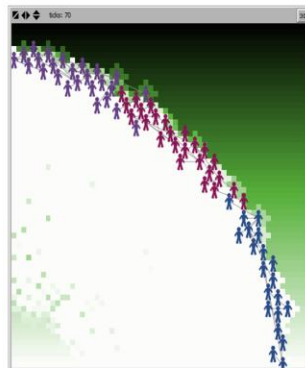
## Continuous wave front

Ressource  
regeneration = 25  
Human pressure = 30  
Migration cost = 10



## A front with land abandonment

$R = 1$   
 $H = 150$   
 $M = 10$



## Diffuse colonization of whole space

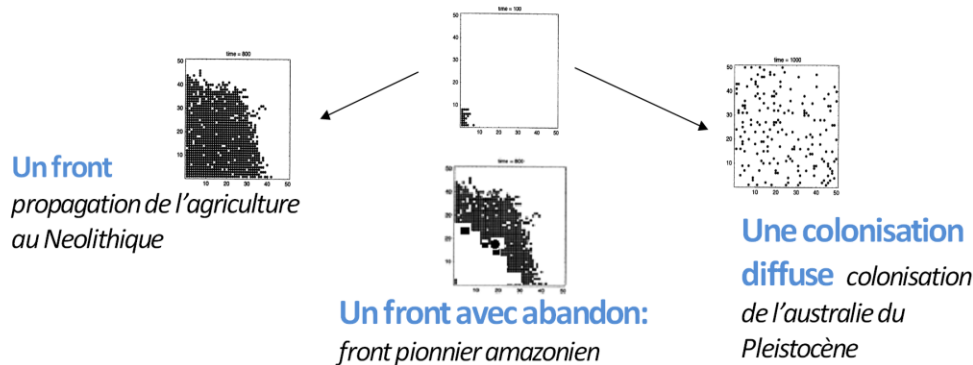
$R = 2$   
 $H = 90$   
 $M = 120$



Avec « minimisation de la distance et compétition »

Les valeurs suivantes des paramètres conduisent aux trois formes de colonisation évoquées précédemment. Elles peuvent être obtenues par « essais et erreurs » en format TD avec les étudiants.

## Evaluer la configuration spatiale: construction des indicateurs

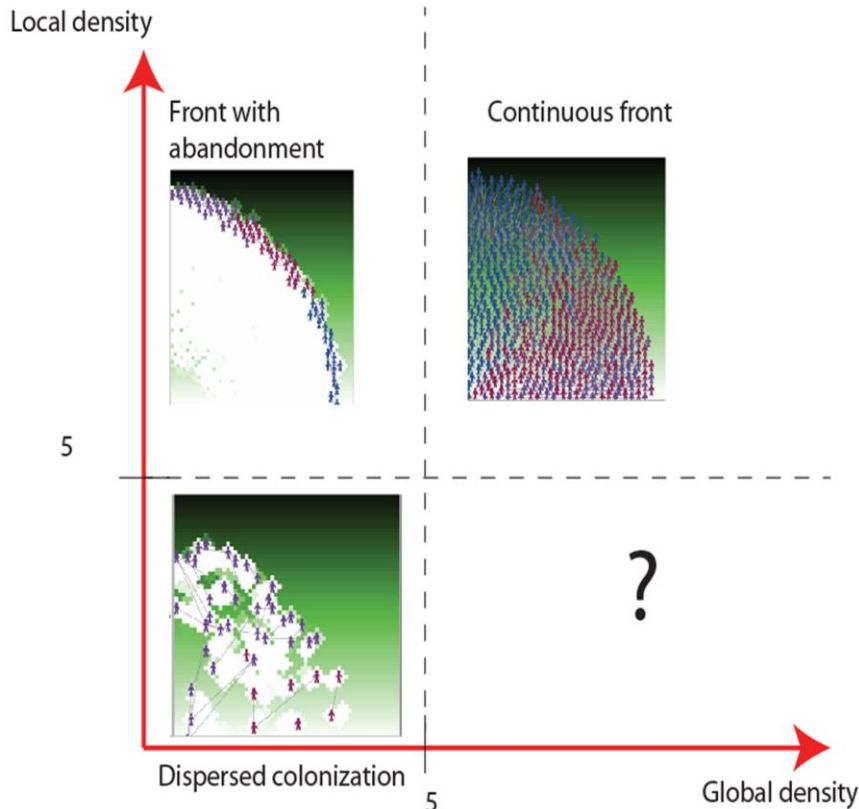


- **Portée**= Distance moyenne à la « source » (robinet)
- **Densité globale**=> densité de la surface définie par le cercle de rayon = mediane(distances)
- **Densité locale**=> densité moyenne dans le voisinage de rayon 5

Pour objectiver la recherche des différentes formes de colonisation, on mobilise trois indicateurs quantitatifs, dont les valeurs sont affichées en temps réel sur l'interface utilisateur :

- La distance moyenne à la source (« portée ») permet d'évaluer à quel moment la colonisation est terminée (c'est le cas lorsque cet indicateur devient stable dans le temps)
- La densité globale et la densité locale permettent de caractériser la forme de la colonisation (cf. slide suivante).

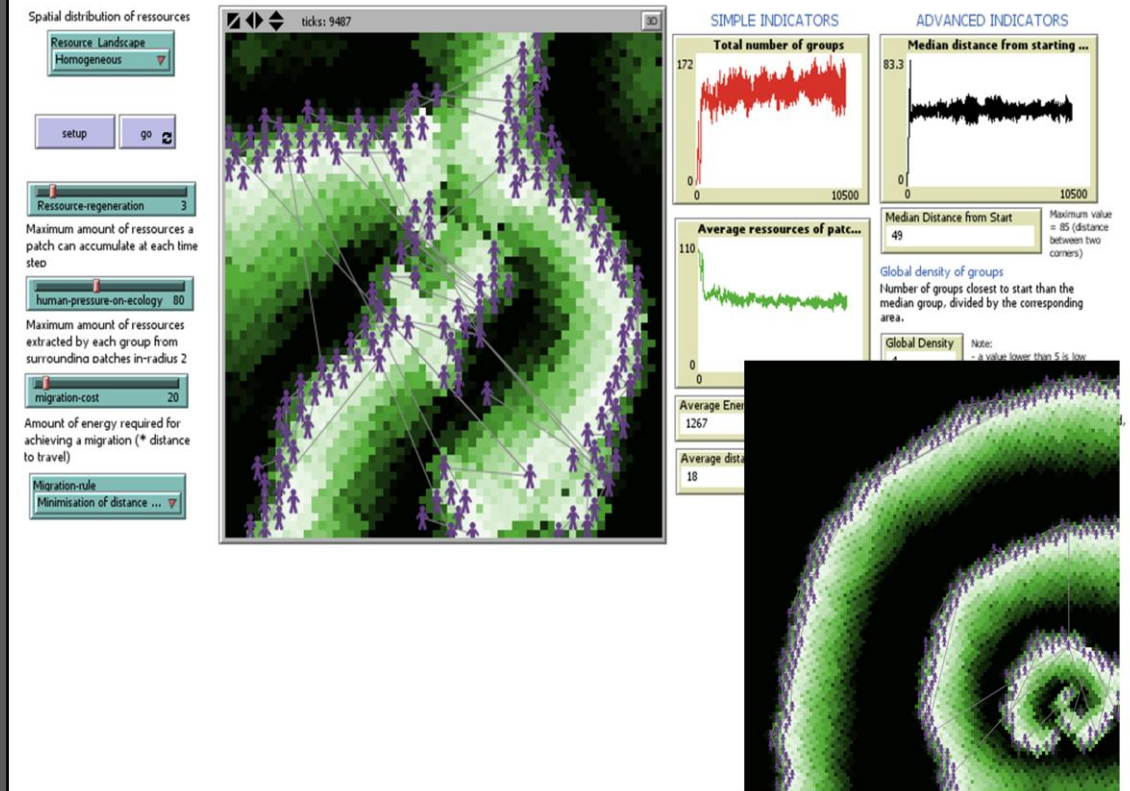
# Evaluation des indicateurs



En fonction des conditions initiales du modèle (taille du monde, population totale, etc.), on peut observer que :

- Une densité localement « faible » (i.e. indicateur de densité locale  $< 5$ ) et une densité globalement « faible » (i.e. indicateur de densité globale  $< 5$ ) correspondent à une colonisation diffuse
- Une densité localement forte et globalement faible correspond à un front avec abandon
- Une densité localement et globalement fortes correspond à un front continu
- Aucun cas avec densité localement faible et globalement forte n'a été rencontré, ce qui s'explique par les modes de calcul de ces deux indicateurs.

# Pédagogie et esthétique...



ColoDyn est ainsi un modèle d'apprentissage pour les modélisateurs débutants en systèmes multi-agents. Il permet d'initier à un travail interactif d'exploration d'un espace de paramètres et de réflexion sur les relations entre situation initiale, configuration de paramètres et indicateurs de sortie.

Le cadre se veut convivial et le modèle ColoDyn peut produire également des formes plus esthétiques (et moins facile à caractériser!).