



<p>Fiche pédagogique</p> <p>Collectif MAPS</p> 	<p>Modèle Iznogoud</p> 	<p>Mai 2014</p> <p>MAPS 4</p> <p>http://maps.hypotheses.org</p>
---	--	--

Domaine d'application : Géographie, Sciences Politiques

Spécificité pédagogique : Développement d'un modèle simple sous Netlogo, exploration de comportements d'un système complexe, pilotage d'un système complexe.

Niveau du public visé : Débutant (avec quelques notions d'algorithmique) pour partie développement du modèle, Débutant sans notions spécifiques d'algorithmique pour l'exploration du modèle (type public lycéen), Informaticien pour l'implémentation de nouvelles stratégies.

Nom du modèle correspondant : Iznogoud

Version NetLogo pour le modèle : 5.0

Auteurs : Frédérique Amblard (IRIT, Toulouse), Thomas Louail (IRIT, Toulouse), Romain Reulier (LETG, Caen), Paul Salze, Patrick Taillandier (UME IDEES, Rouen)

Modèle Iznogoud

IZNOGGUD
PRESIDENT





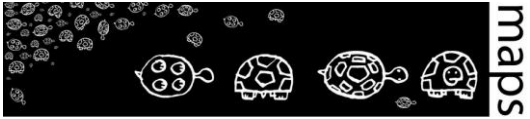

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

TABLE DES MATIERES

A. DÉFINITION DU MODÈLE.....	2
B. CONTEXTUALISATION DU MODÈLE	3
C. CONSTRUCTION DU MODÈLE SQUELETTE.....	3
Fonctionnement	3
Implémentation.....	7
Paramètres et indicateurs	8
D. EXPLORATION	10
Manipulation du modèle	10
Exploration de l'espace des paramètres	15
E. CONCLUSION.....	16
F. PERSPECTIVES	16
G. BIBLIOGRAPHIE.....	17

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Dans le cadre de cette fiche pédagogique, nous proposons à l'apprenant d'implémenter un modèle lié à la dynamique de vote, d'en comprendre le fonctionnement puis d'agir sur celui-ci (aspect pilotage de système complexe). L'objectif est ici de présenter un exemple d'utilisation de la simulation multi-agents dans le cadre de problématiques socio-politiques et d'aborder des aspects différents (implémentation, étude, pilotage) avec différents types de publics potentiels.

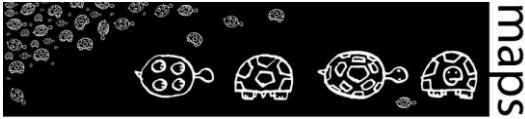

A. Définition du modèle

Ce modèle permet de simuler des dynamiques d'opinions et de vote dans un micro-monde simplifié. Le monde est un espace d'opinions en deux dimensions (par exemple l'écologie et la crise économique). Sur ces deux axes d'opinions, continus et linéaires, sont positionnés des agents mobiles (leurs opinions évoluent dynamiquement). Deux types d'agents sont représentés :

- des *électeurs* ou *votants*
- des *candidats*

A chaque pas de temps, un électeur choisit aléatoirement dans son voisinage d'opinions un autre agent (soit un autre électeur, soit un candidat) qui va influencer sur ses opinions et donc conduire à son déplacement dans l'espace des opinions.

Ce cadre extrêmement simplifié est un point de départ qui permet de tester différentes stratégies concurrentes qu'appliqueront les candidats pour tenter de capter un maximum d'électeurs en vue de gagner l'élection (cf. Perspectives.). Il permet également de raisonner sur des cas simples et en testant différentes valeurs de paramètres, d'en comprendre l'incidence sur les dynamiques collectives de votes générées par le modèle.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014
		MAPS 4
		http://maps.hypotheses.org

B. Contextualisation du modèle

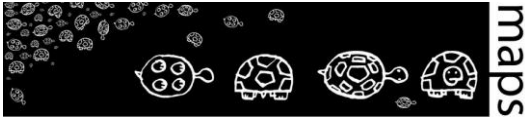

Ce modèle est inspiré des modèles simples de vote et de dynamiques d'opinions de la littérature (Weisbuch et al., 2001 ; Deffuant et al., 2003 ; Jager et Amblard, 2005). Il ne représente aucun type particulier d'élection. Les stratégies de déplacement des agents sont suffisamment génériques pour pouvoir modéliser une large gamme d'élections et de stratégies électorales. Plus généralement, ce type de modèle est issu de la *Spatial Voting Theory* (Enelow, 1984 ; Zakharov, 2008) qui modélise le débat politique en situant les positions des individus dans un espace d'enjeux. Contrairement à ce dernier courant, les modèles d'opinions présentés ici sont dynamiques et ont vocation à décrire le fonctionnement et l'évolution d'un système social complexe dans l'objectif de travailler à sa compréhension.

Les deux axes d'opinions (les deux dimensions) représentent ici de manière synthétique des sujets d'intérêts sociétaux par rapport auxquels les candidats vont se positionner. Pour des raisons de parcimonie et de simplification de la visualisation, dans cette version seulement deux axes sont considérés. Dans les faits, un modèle de dynamiques de vote pourrait en considérer beaucoup plus.

C. Construction du modèle squelette

Fonctionnement

Dans un premier temps, on considère que seuls les électeurs se déplacent. La question de la mobilité des candidats est introduite ultérieurement, en tant qu'activité exploratoire optionnelle. C'est en fonction des règles d'interactions et d'influences entre agents qu'est obtenu le résultat de l'élection. (NB : dans la suite lorsque nous parlons d'espace, il s'agira de l'espace des opinions (en 2D) et non pas d'un espace géographique. De la même façon lorsque nous parlons de distance, il s'agit d'une distance euclidienne dans cet espace des opinions et non pas d'une distance géographique). La dynamique générale du modèle est décrite Figure 1.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

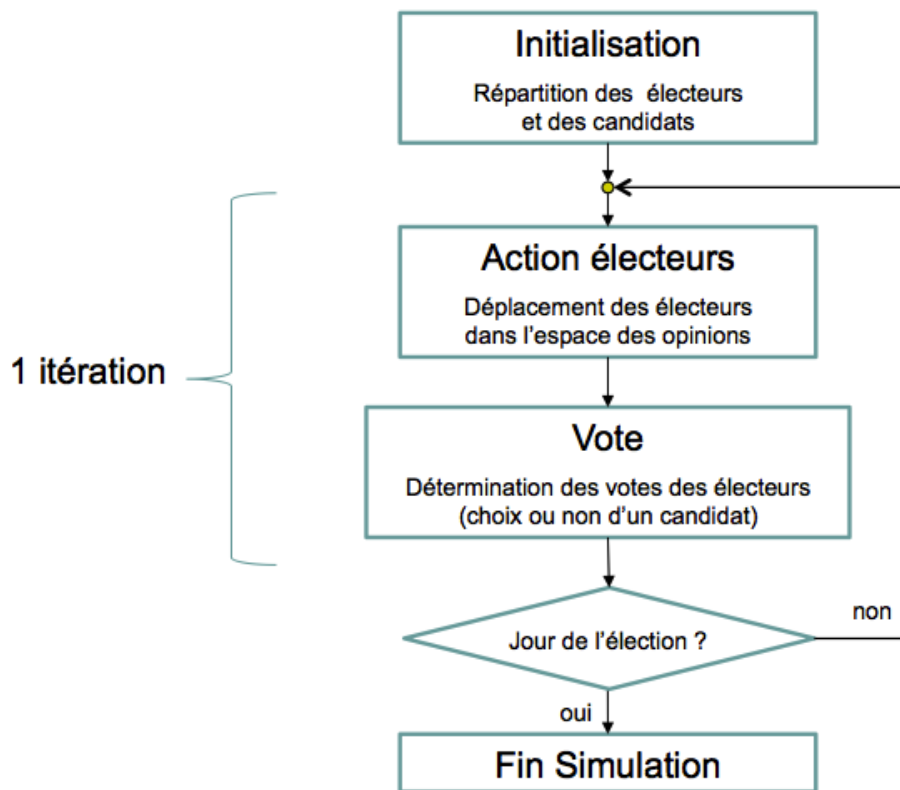
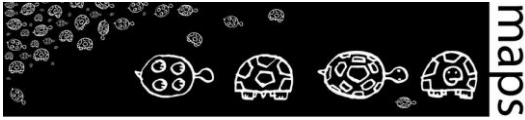



Figure 1. Description de la dynamique générale du modèle

Le modèle comporte 5 paramètres qui permettent de moduler le déplacement des *électeurs* :

- *PoidsCandidats* (%) permet de fixer l'influence relative des candidats par rapport aux électeurs lorsqu'un électeur détermine s'il va être influencé par un candidat (avec la probabilité *PoidsCandidats*) ou un électeur (avec la probabilité $1 - \text{PoidsCandidats}$).
- *Seuil_Attraction_Candidats* (en unité de distance, i.e. nombre de cases) correspond à la distance maximale à laquelle un candidat peut influencer un électeur et « l'attirer » vers lui.
- *Seuil_Repulsion_Candidats* (en unité de distance, i.e. nombre de cases) correspond à la distance à partir de laquelle un candidat devient répulsif pour un électeur. L'électeur se déplace alors dans la direction opposée à celle de ce candidat.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

- *Seuil_Attraction_Electeurs* (en unité de distance, i.e. nombre de cases) correspond à la distance maximale à laquelle un autre électeur peut influencer un autre électeur et l'attirer vers lui.
- *Distance_Parcourue* (en unité de distance, i.e. nombre de cases) qui correspond au nombre de pas qui seront parcourus par un électeur en direction (ou dans la direction inverse en cas de répulsion) d'un candidat/électeur dont il est sous l'influence.

A chaque pas de temps, un agent électeur choisit une action à réaliser parmi deux : déplacement en direction d'un électeur ou déplacement par rapport à un candidat (Figure 2). Le choix de l'une des deux actions résulte d'un tirage aléatoire dépendant du paramètre *Poids_candidat* : plus ce dernier a une valeur élevée, plus un agent électeur a de chances d'être influencé par un candidat (et donc d'exécuter l'action *Déplacement par rapport à un candidat*) ; plus ce paramètre a une valeur faible, plus l'agent électeur a de chances d'être influencé par un autre électeur (et donc d'exécuter l'action *Déplacement en direction d'un électeur*).

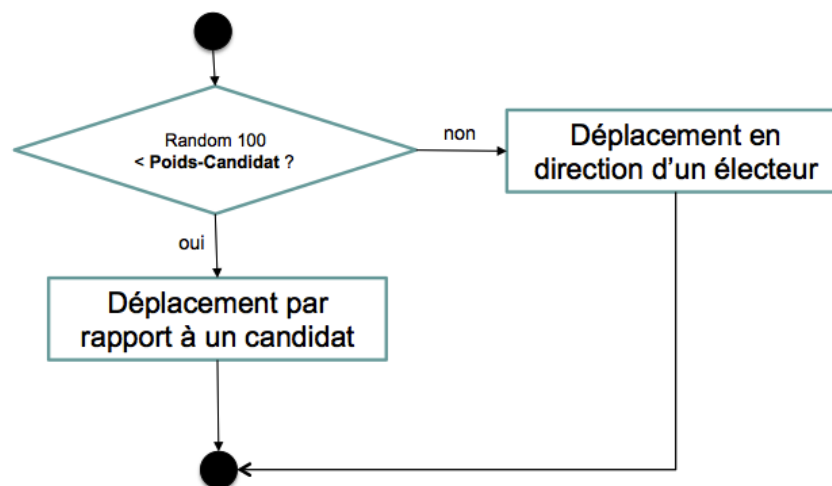




Figure 2. Description de la dynamique des électeurs

Les agents électeurs disposent de deux actions :

- **Déplacement en direction d'un électeur** (Figure 3) : l'agent électeur subit l'influence d'un autre agent électeur (agent attracteur) qui a des opinions proches (distance entre les deux électeurs inférieure au paramètre *Seuil_Attraction_Electeurs*). L'agent électeur se

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

déplace en conséquence (d'une distance égale au paramètre *Distance_Parcourue*) en direction de l'agent électeur attracteur.

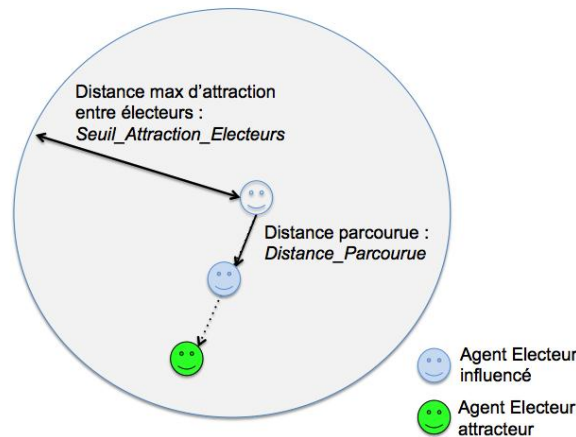




Figure 3. Action de déplacement en direction d'un agent électeur des agents électeurs

- **Déplacement par rapport à un candidat** () : l'agent électeur réagit par rapport à un agent candidat (choisi aléatoirement). Si cet agent candidat a des opinions proches de l'agent électeur (distance entre les deux agents inférieure au paramètre *Seuil_Attraction_Candidats*). L'agent électeur se déplace en direction de l'agent candidat (d'une distance égale au paramètre *Distance_Parcourue*). Si au contraire, l'agent candidat a des opinions très éloignées de l'agent électeur (distance entre les deux agents supérieur au paramètre *Seuil_Repulsion_Candidats*), l'agent électeur se déplace dans la direction opposée de l'agent candidat (d'une distance égale au paramètre *Distance_Parcourue*).

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

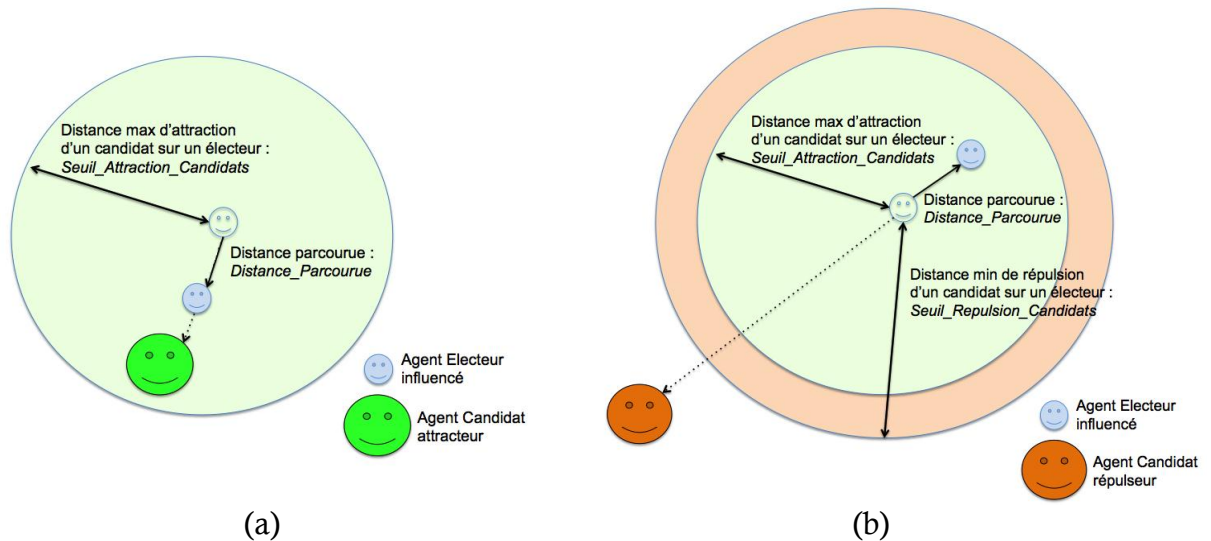
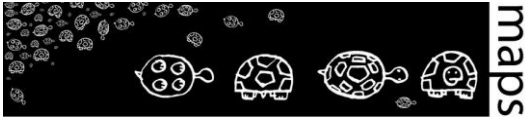



Figure 4. Action de déplacement par rapport à un agent candidat des agents électeurs : (a) l'agent candidat se trouve près de l'agent électeur influencé ; (b) l'agent candidat se trouve loin de l'agent électeur influencé

Implémentation

Exercice optionnel : il s'agit de coder progressivement différents aspects du modèle selon les étapes suivantes :

1. Générer une population d'agents votants positionnés aléatoirement (suivant une loi uniforme) dans l'espace des opinions.
2. Implémenter la fonction d'influence entre agents électeurs en fonction du seuil d'influence.
3. Générer une population d'agents candidats positionnés aléatoirement (suivant une loi uniforme) dans l'espace des opinions.
4. Implémenter la fonction d'influence entre agents électeur et agents candidats (attraction et répulsion).
5. Implémenter la procédure qui permet de déterminer à chaque itération pour chaque agent électeur s'il est influencé par un autre électeur ou par un candidat.

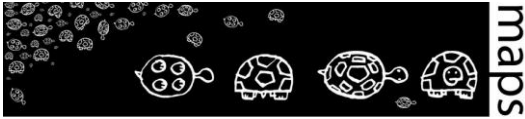

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014
		MAPS 4
		http://maps.hypotheses.org

Paramètres et indicateurs

La figure 5 présente l'interface du modèle implémenté. Elle permet à l'utilisateur de contrôler certains paramètres :

- *Nombre d'électeurs* : nombre d'électeurs générés à l'initialisation
- *Nombre de candidats* : nombre de candidats générés à l'initialisation
- *Distribution des électeurs* : distribution spatiale des électeurs générés à l'initialisation. Deux options peuvent être choisies : *Uniforme* (répartition aléatoire uniforme dans l'espace) ou *Normale* (répartition suivant une loi normale : plus d'électeurs au centre que sur les extrémités de l'espace).
- *Distribution des candidats* : distribution spatiale des candidats à l'initialisation. Quatre options peuvent être choisies : *Aléatoire*, *Polygone* (avec pour centroïde le point $\{0,0\}$ situé au centre de l'espace), *Ligne* (suivant l'axe x) et *Diagonale* (suivant la diagonale bas-gauche -> haut-droite).
- *Poids Candidats* : voir partie précédente
- *Seuil d'attraction Candidats* : voir partie précédente
- *Seuil d'attraction Electeurs* : voir partie précédente
- *Distance Parcourue* : voir partie précédente
- *Stratégie Candidats* : ce paramètre est positionné sur *Fixe* dans la première phase d'exploration du modèle. La seconde phase d'exploration permet éventuellement d'ajouter d'autres stratégies de déplacement des candidats. Six options peuvent être choisies : *Fixe* (les candidats ne se déplacent pas dans l'espace des opinions), *Faire les marchés* (déplacement en direction de l'un des électeurs se trouvant dans son rayon d'attraction), *Distinction* (déplacement dans la direction opposée de l'un des candidats), *Se rapprocher du meilleur* (déplacement en direction du candidat ayant le plus d'électeurs), *Groupe* (déplacement en direction du plus d'électeurs le plus important), et *Aléatoire* (choix aléatoire d'une stratégie parmi les stratégies précédentes)

L'interface propose également une carte permettant de suivre en temps réel l'évolution du système, en particulier le placement de chaque candidat (cercle) et de chaque électeur (triangle de petite taille). Ce dernier prend la couleur du candidat pour lequel il souhaite voter (si aucun candidat, couleur blanche). Plus un candidat compte d'intentions de vote, plus sa taille augmente.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Enfin l'interface propose différents graphiques permettant de suivre l'évolution du système :

- Diagramme de répartition des votants par candidat
- *Entropie* : indice de Shannon permettant de caractériser l'aspect plus ou moins égalitaire de la répartition des électeurs par candidats : varie entre 0 (répartition égalitaire) et 1 (répartition inégalitaire)
- *Plus proche voisin* (moyenne) : ratio R entre (a) la valeur moyenne de la distance au plus proche voisin chez les électeurs et (b) ce qu'elle serait dans une distribution aléatoire. $R=0$: distribution concentrée. $R=1$: distribution aléatoire. $R>1$: tend vers une couverture de plus en plus homogène de l'espace.
- *Volatilité des candidats* : distance entre la position au temps t d'un candidat et sa position de départ.
- *Richesse du débat public* : moyenne des distances entre les candidats pris deux à deux pondérées par le plus petit nombre de votants d'entre les deux candidats. Indice large : beaucoup de distance ; indice faible : proximité des candidats.

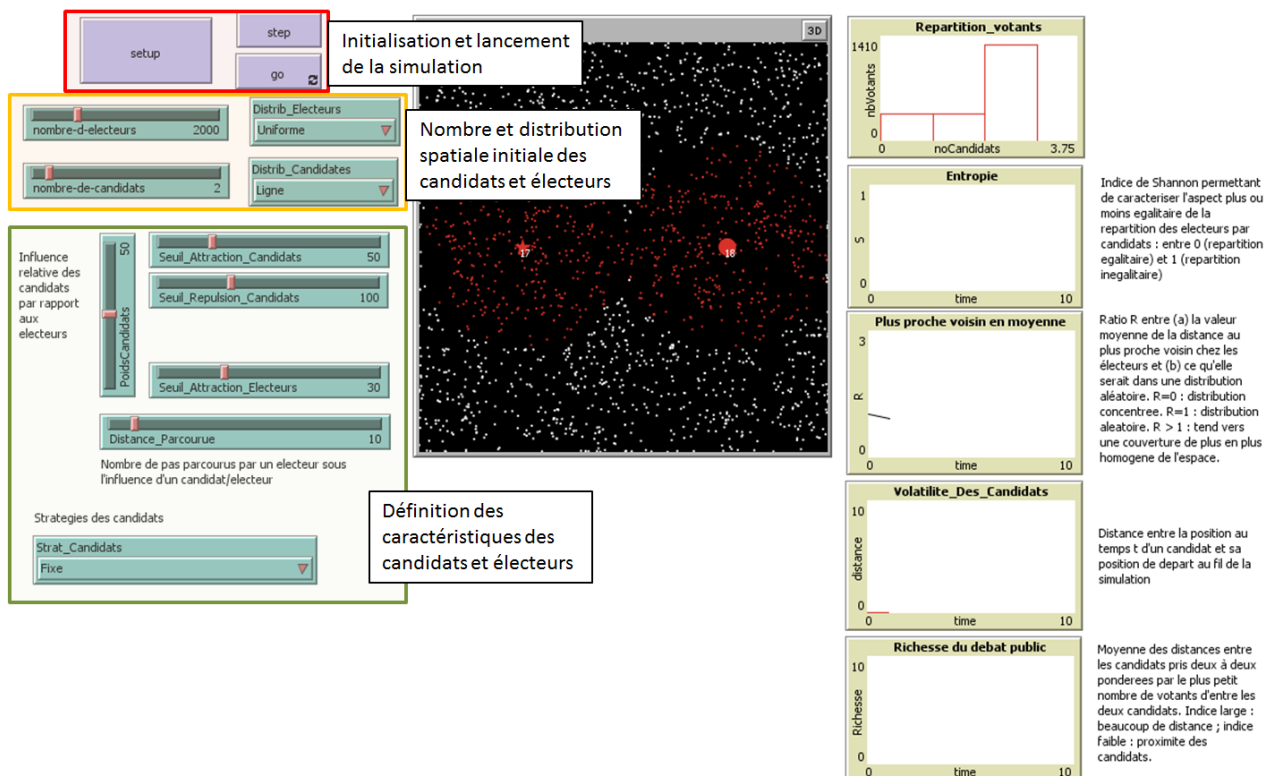
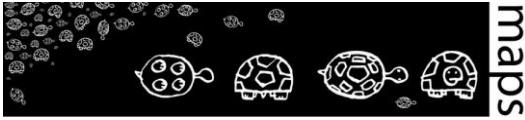



Figure 5. Interface du modèle

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

D. Exploration

Manipulation du modèle

Exercice 1

Paramètres testés

Nombre candidat : 1

Nombre électeurs : 4000

Distribution électeurs : Unifome

Distribution Candidats : Ligne

Seuil_Attraction_Candidats : 50

Seuil_Attraction_Electeurs : 30

Seuil_Répulsion_Candidats : 80

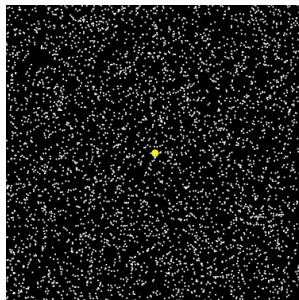
Poids Candidats : 50

Distance parcourue : 10

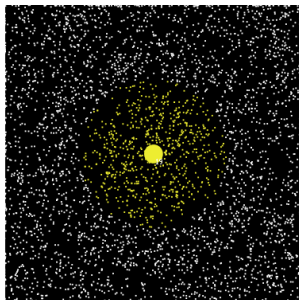
Stratégie candidats : Fixe

Nombres de ticks :

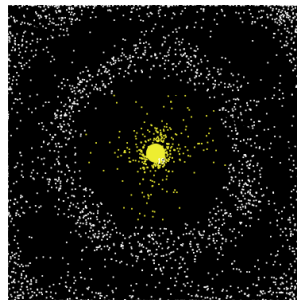
0



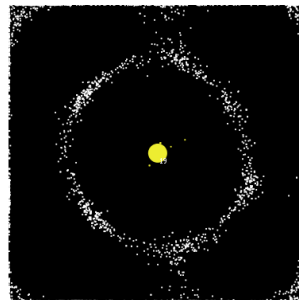
1



5

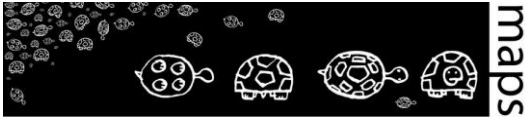



15



Explications

Exemple simplifié du principe d'attractivité, de répulsion et mise en évidence de l'espace de neutralité. À l'initiation, le candidat, en jaune, est au centre de l'espace des opinions tandis que 4000 électeurs sont répartis aléatoirement. Dès les premières itérations, les électeurs situés à moins de 50 cases du candidat convergent vers le candidat (**attractivité**) et dans le même temps ceux situés à plus de 80 cases tendent à s'éloigner du candidat (**répulsion**). Se forme alors un **espace de neutralité**, les électeurs qui s'y trouvent ne sont pas suffisamment indifférents aux propositions du candidat pour s'en éloigner mais dans le même temps pas assez convaincus pour le rejoindre. Ils restent ainsi dans un « no man's land d'opinion ».

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Exercice 2

Paramètres testés

Nombre candidat : 1

Nombre électeurs : 4000

Distribution électeurs : Unifome

Distribution Candidats : Ligne

Seuil_Attraction_Candidats : 80

Seuil_Attraction_Electeurs : 30

Seuil_Répulsion_Candidats : 200

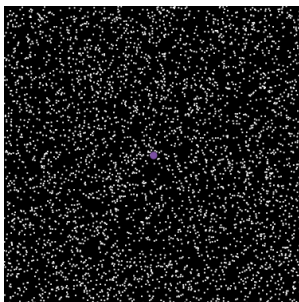
Poids Candidats : 50

Distance parcourue : 10

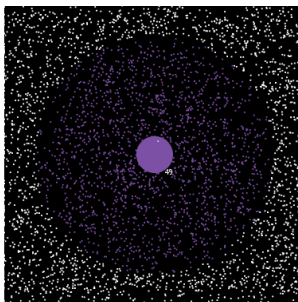
Stratégie candidats : Fixe

Nombres de ticks :

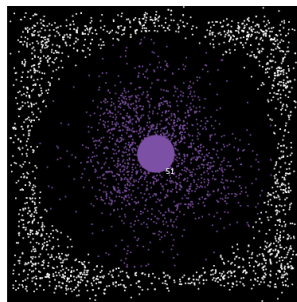
0



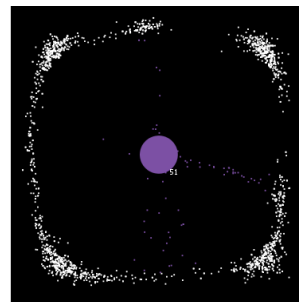
1



5

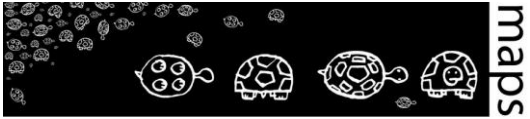



15



Explications

Exemple d'attractivité des opinions partagées par le candidat et son « cercle » d'électeurs. Absence de répulsion. La configuration initiale est la même que celle de l'exercice précédent à la différence du seuil de répulsion qui est nul et le seuil d'attraction des candidats qui est plus grand. Comme pour l'exercice précédent, les électeurs situés à moins de 80 cases convergent vers le candidat au centre de l'espace. En revanche, le seuil de répulsion étant supérieur à la taille de l'environnement, on n'observe pas de répulsion des électeurs.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Exercice 3

Paramètres testés

Nombre candidat : 5

Nombre électeurs : 4000

Distribution électeurs : Normale

Distribution Candidats : Ligne

Seuil_Attraction_Candidats : 50

Seuil_Attraction_Electeurs : 30

Seuil_Répulsion_Candidats : 120

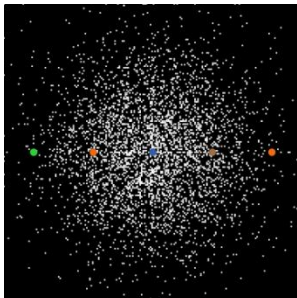
Poids Candidats : 50

Distance parcourue : 10

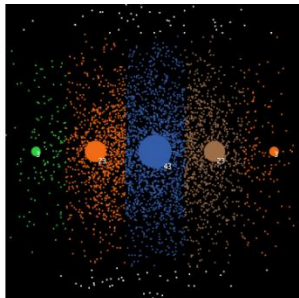
Stratégie candidats : Fixe

Nombres de ticks :

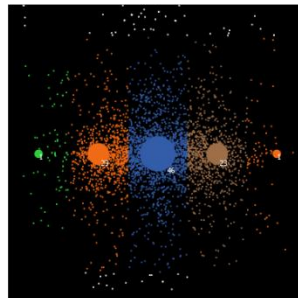
0



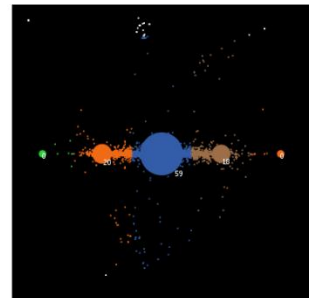
1



5





15



Explications

Convergence des électeurs vers les candidats situés proches du centre de l'espace d'opinion (forte attractivité) par opposition aux candidats extrêmes dont la répulsion (rejet politique) repoussent les votants vers le centre.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Exercice 4

Paramètres testés

Nombre candidat : 5

Nombre électeurs : 4000

Distribution électeurs : Normale

Distribution Candidats : Polygone

Seuil_Attraction_Candidats : 20

Seuil_Attraction_Electeurs : 30

Seuil_Répulsion_Candidats : 150

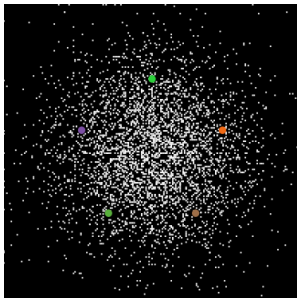
Poids Candidats : 50

Distance parcourue : 10

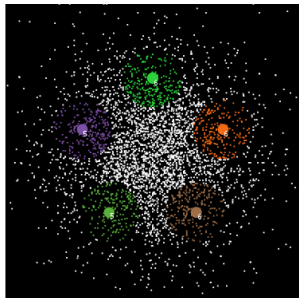
Stratégie candidats : Fixe

Nombres de ticks :

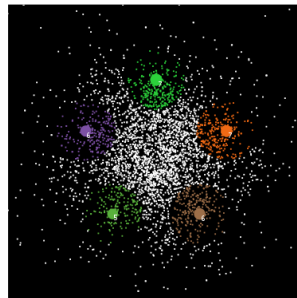
0



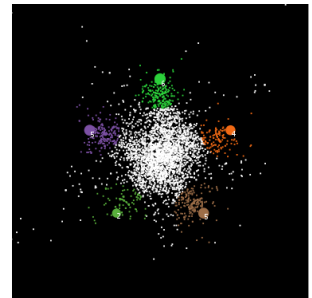
1



5

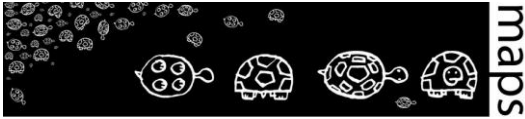



15



Explications

Exemple de candidats dont les capacités d'attraction et de répulsion sont très faibles. Les électeurs sont plus attirés par les autres électeurs que par les candidats, ce qui entraîne, l'émergence d'un grand groupe d'électeurs au centre qui restent neutres. L'élection passionne peu.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	
	Mai 2014	
	MAPS 4 http://maps.hypotheses.org	

Exercice 5 (suivi d'un votant)

Paramètres testés

Nombre candidat : 5

Nombre électeurs : 1000

Distribution électeurs : Uniforme

Distribution Candidats : Ligne

Seuil_Attraction_Candidats : 100

Seuil_Attraction_Electeurs : 0

Seuil_Répulsion_Candidats : 200

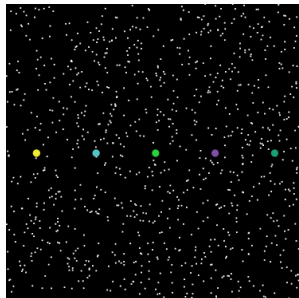
Poids Candidats : 100

Distance parcourue : 100

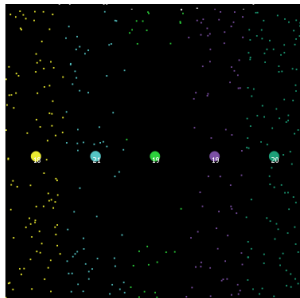
Stratégie candidats : Fixe

Nombres de ticks :

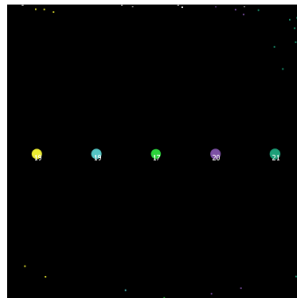
0



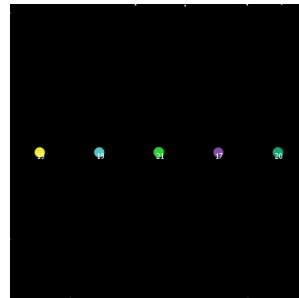
1



5

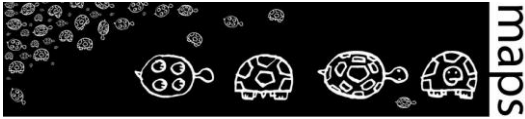



15



Explications

Exemple d'un espace d'opinion, largement débattu entre votants et sur lequel les votants ont une très grande mobilité. Les débats au cours de cette élection passionnent les votants qui n'hésitent pas à changer plusieurs fois de candidats.

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014
		MAPS 4
		http://maps.hypotheses.org

Exploration de l'espace des paramètres

Exercice 1

Prendre les valeurs des paramètres suivantes :

Nombre candidat : 10

Nombre électeurs : 1000

Distribution électeurs : Uniforme

Distribution Candidats : Ligne

Seuil_Attraction_Candidats : 0

Seuil_Attraction_Electeurs : 0

Seuil_Répulsion_Candidats : 200

Poids Candidats : 100

Distance parcourue : 100

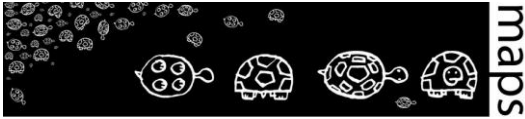

Stratégie candidats : Fixe

Faire alors varier la valeur de *Seuil_Repulsion_Candidats* de sa valeur max à 0. Regarder alors l'évolution de la distribution finale des électeurs. Qu'observe-t-on ? Comment expliquer ce phénomène ? Cela semble-t-il un comportement acceptable (justifiable) du modèle ?

Exercice 2

Implémenter les différentes stratégies de déplacement des candidats (optionnel):

- Fixe (les candidats ne se déplacent pas dans l'espace des opinions),
- Faire les marchés (déplacement en direction de l'un des électeurs se trouvant dans son rayon d'attraction),
- Distinction (déplacement dans la direction opposée de l'un des candidats),
- Se rapprocher du meilleur (déplacement en direction du candidat ayant le plus d'électeurs)
- Groupe (déplacement en direction du plus d'électeurs le plus important),
- Aléatoire (choix aléatoire d'une stratégie parmi les stratégies précédentes)

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014 MAPS 4 http://maps.hypotheses.org
--	---	---

Reprendre les paramètres de l'un des exercices précédents et tester les différentes stratégies des candidats. Comparer les résultats d'élections obtenus : observe-t-on des différences ? Que peut-on en conclure quant au rôle des autres paramètres ? Certaines stratégies semblent-elles globalement plus avantageuses que d'autres en fonction de la position initiale des candidats ?

E. Conclusion

Ce qu'il faut retenir du modèle

L'idée clé de ce modèle est celle d'un positionnement multidimensionnel d'électeurs et de candidats qui partagent un espace d'opinions. On retiendra que les dynamiques collectives de vote observées résultent ici de la mobilité de ces deux populations et des interactions qu'elles entretiennent.

Les apports didactiques



Introduction à la physique sociale : les agents s'influencent d'une manière ou d'une autre en fonction des distances qui les séparent (attraction-répulsion).

Codage d'un modèle simple et introduction à l'analyse de sensibilité (incidence des paramètres sur les résultats du modèle).

F. Perspectives

Cette version de base pose plusieurs questions et permet d'ouvrir sur différentes activités d'extension du modèle :

- Les comportements (d'électeurs et de candidats) implémentés vous-semblent-ils réalistes / justifiables ? Si oui, à quel type d'élections vous paraissent-ils le mieux s'appliquer ? Si non, quelles stratégies de déplacement faudrait-il leur substituer ? Comment pourrait-on raffiner celles déjà implémentées pour les rendre plus réalistes ?

Collectif MAPS 	Modèle Iznogoud 	Mai 2014
		MAPS 4
		http://maps.hypotheses.org

- Peut-on imaginer d'autres indicateurs dynamiques permettant de caractériser les configurations générées par le modèle ?
- Si l'on convient que chaque pas de temps (tick) représente une semaine, instaurer une élection annuelle. Peut-on imaginer de multiples procédures de vote ? On pourra commencer par une élection à un tour et vote exclusif : chaque électeur vote pour le candidat le plus proche.
- Ajouter des perturbations au régime "normal" : injection de faits divers, rumeurs, influence additionnelle de certains électeurs (*mass medias*, instituts de sondages,...) et évaluer leur incidence sur la dynamique.

G. Bibliographie

Clark, P. J., Evans F. C., "Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations ". *Ecology*, 35, no. 4 (1954): 445-453.

Deffuant G., Amblard F., Weisbuch G., Faure T., "How can extremism can prevail? A study based on the relative agreement interaction model", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.5, n°4, 2002.

Enelow J.M., Hinich M.J., *The spatial theory of voting, an introduction*, Cambridge University Press, 198

Jager W., Amblard F., "Uniformity, bipolarization and pluriformity captured as generic stylized behaviour with an agent-based simulation model of attitude change", *Computational and Mathematical Organization Theory*, vol.10, n°4, pp.295-303, 2005.

Weisbuch G., Deffuant G., Amblard F., Nadal J.-P., "Meet, discuss and segregate !", *Complexity*, vol.7, n°3, pp.55-63, 2002.

Zakharov.A.V, 2008. *Spatial voting theory: A review of literature*. 91p.